



Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

2(54) ' 2019

Заснований
у 2007 році

Наукове періодичне видання,
в якому відображені результати
наукових досліджень з розробки та
удосконалення систем управління,
навігації та зв'язку у різних
проблемних галузях.

Засновник:

Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

Адреса редакційної колегії:

Україна, 36011, м. Полтава,
Першотравневий проспект, 24

Телефон: +38 (066) 706-18-30
(консультації, прийом статей).

E-mail:

kozelnkova@ukr.net

Інформаційний сайт:

<http://www.pntu.edu.ua>

Реферативна інформація

зберігається: у загальнодержавній
реферативній базі даних
„Україніка наукова” та публікується
у відповідних тематичних серіях
УРЖ „Джерело”.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова:

КОЗЕЛКОВ Сергій Вікторович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Заступники голови:

ШЕФЕР Олександр Віталійович (д-р техн. наук, доц., Україна)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (д-р техн. наук, доц., Україна)

Члени:

БЛАУНШТЕЙН Натан Олександрович (д-р техн. наук, проф., Ізраїль)

ВЕСОЛОВСЬКИЙ Кшиштоф (д-р техн. наук, проф., Польща)

ІЛЬІН Олег Юрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КОРОБКО Богдан Олегович (д-р техн. наук, доц., Україна)

КОШОВИЙ Микола Дмитрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛАДАНЮК Анатолій Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЛУНТОВСЬКИЙ Андрій Олегович (д-р техн. наук, проф., Німеччина)

МАШКОВ Віктор Альбертович (д-р техн. наук, проф. Чехія)

МАШКОВ Олег Альбертович (д-р техн. наук, проф., Україна)

МОРГУН Олександр Андрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ПОПОВ Валентин Іванович (д-р фіз.мат. наук, проф., Латвія)

СТАНКУНАС Йонас (д-р техн. наук, проф., Литва)

СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ФРОЛОВ Євгеній Андрійович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ХОРОШКО Володимир Олександрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ЧОРНИЙ Олександр Петрович (д-р техн. наук, проф., Україна)

ШЛОМЧАК Георгій Григорович (д-р техн. наук, проф., Україна)

Відповідальний секретар:

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, проф., Україна)

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

Журнал індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: Index Copernicus (Польща), General Impact Factor (ЄС), Google Scholar (США), Academic Resource Index (ЄС), Scientific Indexed Service (США).

Затверджений до друку вченою радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (протокол від 11 квітня 2019 року № 15)

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук” (технічні науки) (від дати включення наказом Міністерства освіти і науки України) від 24.10.2017 № 1413 (додаток 7, п. 31)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ГПР від 16.11.2012 р.

З М І С Т

НАВІГАЦІЯ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Ганношина І. М., Пархоменко Д. О.</i> Метод розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту	3
<i>Дакі О. А.</i> Метод розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту	7
<i>Подліпас В. О.</i> Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу	12

КОНТРОЛЬ КОСМІЧНОГО ТА ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

<i>Гришманов Є. О., Захарченко І. В., Берднік П. Г., Кас'яненко М. В.</i> Вибір математичного апарату для побудови векторної моделі текстових повідомлень для навчання глибокої нейронної мережі прогнозуванню несприятливих авіаційних подій в польоті	18
<i>Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М.</i> Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом	22

УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ

<i>Бороздін М. К., Калашиник Є. Д.</i> Регулювання швидкостей електроприводів універсальної реверсивної кліті прокатного стану	28
<i>Борщ В. В., Борщ О. Б., Ханюков В. О., Олійник Я. В.</i> Енергоощадний інкубатор для фермерських та присадибних господарств	32
<i>Кононов В. Б., Котов О. Б., Полянська А. Д.</i> Обґрунтування доцільності проміжних контрольних перевірок для підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки	37
<i>Куравська Н. М., Попов М. О., Шелякін Д. С., Плошко Р. О.</i> Аналіз перетворювачів синхронної частоти із складу озброєння та військової техніки для їх модернізації з урахуванням досвіду операції об'єднаних сил	42
<i>Мезенцев М. В., Заповольський М. Й., Ліпчанський М. В.</i> Розроблення та дослідження системи керування електропередачі дизель-поїзда на основі методів цифрового управління	46
<i>Shefer O., Topikha B., Shefer V., Zhurkin O.</i> Optimization of electric energy use in telecommunication objects under the conditions of non-linear loading	51

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Anoushirvan Rashidinia, Gavrilenko S., Pochebut M., Sytnikova O.</i> Software Security Overview	55
<i>Hafiiak A., Yastreba S., Nosach O., Borodina E.</i> Information technology as a component of improving the training quality future specialists in higher education institutions	60
<i>Golovko G., Chaika Ye., Luchko M.</i> Update the computer network at the enterprise «Magnetik Corporation»	65
<i>Гороховатський В. О., Руденко Д. О., Сірик Т. О.</i> Дослідження системи ієрархічних ознак при блочному поданні опису у складі множини ключових точок зображення	69
<i>Goroshko A., Derkach T., Dmytrenko T.</i> Program development for mobile control of functional human condition on android platform	74
<i>Дегтярьова Л. М., Мірошникова М. В., Волошко С. В.</i> Аналіз структури системи захисту інформації	78
<i>Дем'яненко В. О., Ічанська Н. В.</i> Використання сучасних веб-технологій для системи контролю та моніторингу знань студентів	83
<i>Дергачёв К. Ю., Краснов Л. А., Челядин А. А., Плахотний А. В.</i> Разработка методов и средств цветовой коррекции web-камер в системах бинокулярного зрения	87
<i>Ічанська Н. В., Сіровий С. С.</i> Модернізація верстки сайту шляхом використання методу адаптивних сіток	99
<i>Клименко Д. О., Руденко О. А.</i> Веб-додаток для сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів	103
<i>Коваленко А. А., Ляшенко О. С., Даниленко О. Ф.</i> Поведінка черг під час використання ієрархічної моделі	110
<i>Краснобаєв В. А., Кошман С. А., Курчанов В. М., Зіневич Д. А.</i> Основні властивості непозиційної системи числення у класі лишків і їх вплив на структуру та принципи реалізації арифметичних операцій комп'ютерної системи	114
<i>Кучук Н. Г., Панченко В. І., Філоненко А. М., Петровська І. Ю.</i> Рівномірний розподіл ресурсів комп'ютерних систем, що мають гіперконвергентну інфраструктуру	119
<i>Мартінкус І. О., Нагорний К. А., Ткачук М. В.</i> Метрики та засоби для дослідження проявів наскрізної функціональності в успадкованих програмних системах	123
<i>Мелешко Є. В.</i> Методи кластеризації графів соціальних мереж для побудови рекомендаційних систем	129
<i>Морозова О. І.</i> Модель формування процесів, що протікають в освітніх та виробничих системах, заснована на використанні онтологічного інжинірингу	135
<i>Петровський О. М., Кузнецова Т. Ю., Лейко С. В., Азарова Л. І.</i> Фізико-математична модель електричних властивостей біологічних тканин насіння пшениці та їх зміна під впливом електромагнітного випромінювання високочастотного діапазону	139
<i>Поворознюк А. І., Поворознюк О. А., Мумладзе Г. Р.</i> Разработка функциональной модели этапов диагностико-лечебных мероприятий в системах поддержки принятия решений в медицине	144
<i>Смірнова Т. В., Дреєв О. М., Смірнов О. А.</i> Експертна система оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «ВАЛ» електродуговим напиленням	149
<i>Федоров А. В., Худов Г. В., Сова О. В.</i> Метод юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ з використанням технології автоматичного залежного спостереження	155
<i>Чалий С. Ф., Прибильнова І. Б.</i> Ситуаційна модель користувачького вибору в рекомендаційній системі	159
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	164

І. М. Ганношина¹, Д. О. Пархоменко²

¹Київський інститут водного транспорту імені гетьмана Конашевича-Сагайдачного, Київ, Україна

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ СУДНА ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ВИЗНАЧЕННІ МАРШРУТУ

Аналіз процесу визначення траєкторії руху судна показав необхідність забезпечення властивостей траєкторії: обмеження на максимальну кривизну траєкторії; безперервність траєкторії та її двох перших похідних, щоб планована траєкторія в просторі була гладкою; можливість локально корегувати траєкторію в реальному масштабі часу, тобто на певній ділянці, без перерахунку всієї траєкторії. **Мета статті** полягає в розробці методу розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту, в якому траєкторія руху судна знаходиться у вигляді кривої що проходить крізь елементи простору (або точки простору), які відібрані автоматизованим методом вибору маршруту судна при плануванні переходу та забезпечує можливість її корекції в реальному масштабі часу. **Результати.** Запропоновано метод розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту, в якому траєкторія руху судна знаходиться у вигляді кривої що проходить крізь елементи простору (або точки простору), які відібрані автоматизованим методом вибору маршруту судна при плануванні переходу. Пропонується будувати криву з послідовності поліномів. В якості сегментів обираються раціональні криві Безьє 7-го ступеня, на які накладаються додаткові умови кривини в початковій та кінцевій точках, для забезпечення безперервності кривини траєкторії.

Ключові слова: маршрут, автоматизація процесу визначення маршруту, траєкторія руху судна, раціональні криві Безьє, безперервність кривини траєкторії.

Вступ

Постановка проблеми. Умовою забезпечення безпеки морського судноплавства є обґрунтоване й своєчасне прийняття рішення про траєкторію руху судна при плануванні переходу і її корекція в реальному масштабі часу. Автоматизоване визначення маршруту судна, дозволяє розрахувати елементи простору (або точки простору), які складають маршрут, з врахуванням факторів навігаційно-гідрографічної обстановки та маневрених характеристик судна.

Дослідження [1-2] показують, що траєкторії, що застосовуються для завдання руху судна повинні відповідати таким вимогам:

- мати єдині принципи завдання і формування;
- координати точок траєкторії і їх зміна повинні лежати в межах геометричних і фізичних обмежень маневрування, що враховують можливість гальмування або розгону, або зміни напрямку руху, тобто траєкторія повинна бути фізично реалізованою;
- характерні точки траєкторії повинні знаходитися не рекурентним способом з відсутністю непотрібних рухів типу "блукання";
- допустима траєкторія повинна враховувати динаміку судна і виконавчих пристроїв (гвинт, кермо), тобто повинна двічі безперервно диференціюватися (неможливо миттєво переключити кермо на заданий кут або набрати задану частоту обертання гвинта, кутову швидкість обертання). Якщо на малих швидкостях інерційністю органів управління нехтують, то для високих швидкостей прийнятна точність неможлива без урахування даної фізичної особливості;

– необхідно враховувати обмеження на максимальну кривизну траєкторії (мінімальний радіус кривизни траєкторії), відповідно граничним переключкам керма; максимальної потужності рушії і пристрою, що підрулює; упору, створюваному буксирами. Динамічні властивості судовій керуючій системі задаються у вигляді обмежень на кутову швидкість повороту, що дозволяє визначити програмний режим руху судна на ділянках маршруту з постійною кривизною (з постійним прискоренням кутової швидкості);

– апроксимуюча траєкторія проходить через все вузлові точки;

– апроксимуюча крива не вносить в маршрут додаткових точок перегину;

– величина апроксимуючої функції повинна приймати нульові значення, коли точка управління рухомого об'єкта знаходиться на траєкторії, і зменшується або збільшується, при наближенні (віддаленні) від траєкторії. Оскільки при відстеженні траєкторії, потрібно обчислювати відстань від точки управління рухомого об'єкта до траєкторії, і похідні від цього відстані;

– в умовах безпеки і якості траєкторії повинні враховуватися знання, досвід, навички команди містка, накопичені в процесі роботи, місцеві правила, звичай порту;

– забезпечувати безпеку плавання, виходячи з поточних навігаційних умов.

Таким чином, забезпечення виконання цих суперечливих вимог до траєкторії руху судна, в умовах автоматизованого визначення маршруту судна при плануванні переходу є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень [3-7] показує, що для апроксимації траєкторії використовуються різні поліноміальні функції: Лагранжа, Бернштейна, ряд Тейлора, спіраль Ферма. У дослідженнях [4, 5] розглядається підхід до апроксимації траєкторії судна кривими Безье (поліном Бернштейна). Однак, при виборі високого ступеня многочлена виникають труднощі, пов'язані з великою кількістю обчислень многочлена в кожній вузловій точці. Альтернативний підхід полягає в розбитті траєкторії на ділянки і інтерполювання поліномами низького ступеня, які склеюються в вузлових точках. Але виникає задача забезпечення необхідного рівня безперервності в точках склеювання.

За дослідженнями [8-10] для опису кривих циркуляції, інших маневрених елементів судна приймаються сплайн функції: кубічний сплайн, B-сплайн, Ермітів-сплайн. Однак сплайнові методи, використовувані для апроксимації траєкторії, не враховують важливих механічних параметрів руху, таких як повна векторна швидкість руху, максимальне поступальне прискорення. Для судна траєкторія задається без урахування роздільного режиму зміни кінематичних параметрів руху.

При формуванні нелінійних, важко описуваних математично моделей, для прогнозування їх поведінки в часі широко використовуються штучні нейронні мережі [11-12].

Проте, одне з ключових завдань навігації: побудова фізично реалізованої траєкторії руху судна і її корекція в реальному масштабі часу вимагають нових підходів до вирішення.

Мета статті полягає в розробці методу розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту, в якому траєкторія руху судна знаходиться у вигляді кривої що проходить крізь елементи простору (або точки простору), які відібрані автоматизованим методом вибору маршруту судна при плануванні переходу та забезпечує можливість її корекції в реальному масштабі часу.

Виклад основного матеріалу

Застосування для автоматизації процесу визначення маршруту судна при плануванні переходу наступної дискретної моделі ходу судна дозволяє врахувати маневрені характеристики судна. Представимо хід судна як послідовне відвідування певних областей простору. На рис. 1 запропоновано розбиття простору, що враховує маневрені можливості судна. Пропонується обрати вісім різних курсів судна. З кожного елемента простору можливо буде досягнути три сусідніх фронтальних за курсом елементи з можливим поворотом на 45 градусів. Таким чином, ширина (довжина) елемента, як видно з рішення трикутника ABC, дорівнює:

$$LW = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) R_V, \quad (1)$$

де R_V – мінімальний радіус розвороту судна на швидкості V .

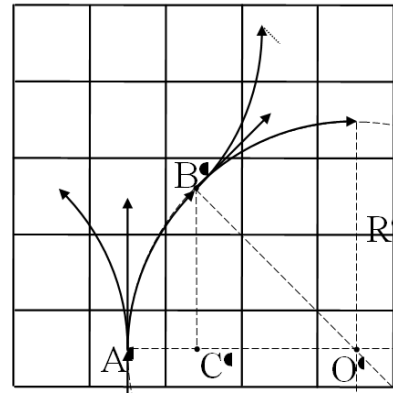


Рис. 1. Досягнення сусідніх фронтальних за курсом елементів і наступних за сусідніми елементів з можливою зміною курсу

Простір пошуку шляху охарактеризуємо одним масивом G , $G(i)$ – властивість простору (мультиплікативний штраф за прокладку маршруту судна через елемент простору). Опишемо хід судна зваженим орієнтованим графом $GR(V,E)$, де V – множина вершин графа, E – множина ребер графа. Кожному елементу простору буде відповідати кількість вершин графа, що дорівнює кількості дискретних напрямків ходу. З кожної вершини виходять орієнтовані ребра, що з'єднують її із суміжними вершинами, які відповідають трьом наступним фронтальним за курсом елементам (рис. 1).

Вага ребра $A(j,k)$ дорівнює кількості палива m_n , необхідного для досягнення наступного елемента з обраним курсом, помноженому на штраф з масиву G , відповідний елементу простору, у який ребро входить:

$$A(j,k) = m_n G(i). \quad (2)$$

Вирішення завдання автоматизації процесу визначення маршруту судна при плануванні переходу досягається зведенням його до завдання пошуку самого короткого шляху між двома вершинами на графі, у якому мінімізується сума ваг ребер, що становлять шлях, що вирішується алгоритмами комбінаторної оптимізації на графах. Таким чином отримуємо набір елементів простору крізь які проходить шукана траєкторія руху судна. Оскільки дискретна модель ходу судна враховує маневрені характеристики судна траєкторія, що лежить в межах елементів простору, що відібрані, буде задовольняти більшості перелічених вимог до траєкторій, що застосовуються для завдання руху судна. Завдання пошуку траєкторії руху судна зводиться до завдання пошуку G^2 гладкої кривої яка проходить крізь елементи простору, що відібрані. Метод формування якої дозволяє локально корегувати її в реальному масштабі часу.

За таких умов для розрахунку траєкторії руху судна застосуємо послідовність поліномів. У якості сегментів кривої використаємо раціональні криві Безье. Висока ступінь кривої дає можливість отримати більш гладку траєкторію, але надмірне згладжування погіршує точність розрахунку маршруту та має високу арифметичну складність. Виходячи з цього скористаємось раціональними кривими Безье 7-го ступеня, що задаються формулою [13]:

$$r(t) = \sum_{i=0}^7 B_i^7 w_i t^i (1-t)^{(7-i)} P_i / \sum_{i=0}^7 B_i^7 w_i t^i (1-t)^{(7-i)}, \quad (3)$$

де $B_i^7 = 7! / (i!(7-i)!)$ – біноміальний коефіцієнт Ньютона; w_i – вага вузлової точки; t – параметр $0 < t < 1.0$; P_i – вузлові точки.

Як показано автором у [13] можливо отримати формули для побудови сегментів із заданою кривиною в початку та в кінці сегменту на основі застосування раціональної кривої Безьє 7-го степеня, що актуально збереження питомого ступеню гладкості траєкторії руху судна. Але, враховуючи особливості задачі, що вирішується, достатньо в околі початку та кінця кожного сегменту додати по дві додаткових точки. Додаткові точки визначають таким чином що вони лежать на одній прямій з кінцем (початком) сегменту. Крім того, в якості кінця (початку) сегменту замість центру відповідного елементу простору, оберемо середньоарифметичне між ним та двома сусідніми центрами елементів простору, що відібрані. Що забезпечить безпечні напрямки руху на початковій і кінцевій ділянках траєкторії сегменту і більш високу точність управління рухом.

На рис. 2 представлена схема методу розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту. На рис. 3 порівняно результати застосування методу розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту. Квадратні маркери вказують на центри елементів простору, що відібрані. Більш гладка крива – Безьє 9-го ступеня, більш точна – сегменти з кривих Безьє 7-го ступеня. Круглі маркери – додаткові точки в місці з'єднання.

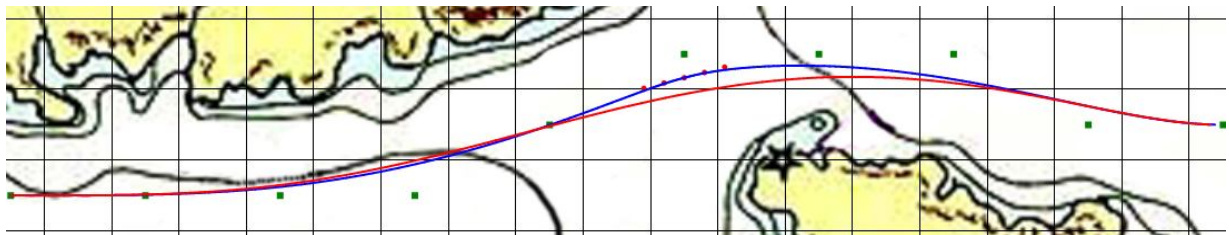


Рис. 3. Порівняння результатів застосування розрахунку траєкторії руху судна; більш гладка суцільна крива Безьє 9-го ступеня та достатньо гладка, більш точна з'єднана з двох сегментів крива Безьє 7-го ступеня

Висновки

Аналіз процесу визначення траєкторії руху судна показав необхідність забезпечення властивостей траєкторії: обмеження на максимальну кривизну траєкторії; безперервність траєкторії та її двох перших похідних, щоб планована траєкторія в просторі була гладкою; можливість локально корегувати траєкторію в реальному масштабі часу, тобто на певній ділянці, без перерахунку всієї траєкторії.

Існуючі підходи не дозволяють повною мірою врахувати вимоги до траєкторії руху судна та розраховувати її для всієї довжини маршруту елементи якого (опорні точки) визначені автоматизовано і коригувати її в реальному масштабі часу, що вима-

гає нових підходів до визначення траєкторії руху судна.

Для розрахунку траєкторії руху судна пропонується застосувати послідовність поліномів. У якості сегментів кривої використаємо раціональні криві Безьє 7-го ступеня.

Таким чином отримав подальший розвиток методу розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту, в якому траєкторія руху судна знаходиться у вигляді кривої що проходить крізь елементи простору (або точки простору), які відібрані автоматизованим методом вибору маршруту судна при плануванні переходу та забезпечує можливість її корекції в реальному масштабі часу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Совершенствование теории судовождения на внутренних водных путях: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.22.19. / Тихонов, В.И. – Н. Новгород, 2011. – 39 с.
2. Формализация знаний о маневрировании судна в портовых водах на основе нечетких функций / В.А. Васильков, А.А. Мироненко // Эксплуатация морского транспорта. – 2010. – № 2 (60). – С. 39-43.

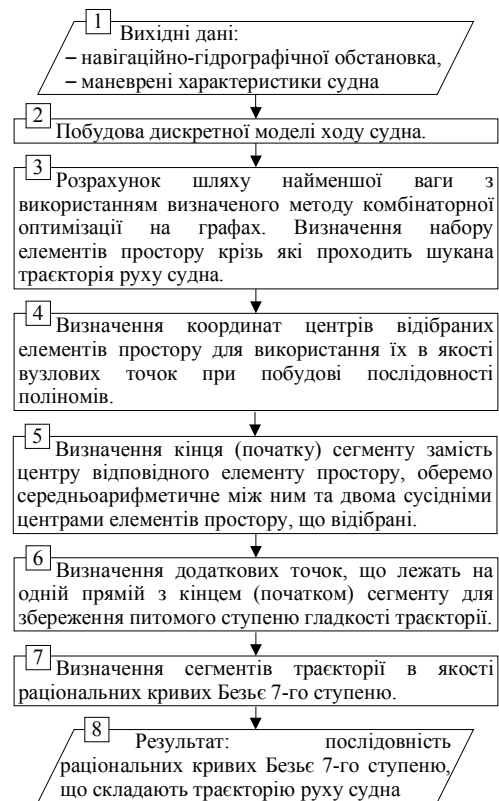


Рис. 2. Метод розрахунку траєкторії руху судна при автоматизованому визначенні маршруту

3. Подход к проблеме прогноза динамики маневра судна / В.В. Владимиров, П.А. Захарченко, Н.С. Звягинцев // Эксплуатация морского транспорта. – 2012. – Вып. 1(67). – С. 11-14.
4. Упрощенное построение закона управления, обеспечивающего движение объекта по заданной криволинейной траектории / Г.М. Довгоброд, Л.М. Клячко // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 3. – С. 24-33.
5. Использование параметрической аппроксимации при планировании траекторий движения аппаратов / Г.М. Довгоброд, Л.М.Клячко, А.В.Рогожников // Изв. ВУЗов. Приборостроение. – 2009. – Т.52. – №9. – С. 11-17.
6. Синтез структурно-переключаемых систем для управления многомерными подвижными объектами [Текст] / В.Л. Тимченко, Ю.П. Кондратенко // Радіоелектроніка, інформатика, управління.- 2011.- №1.-С.158-163.
7. Continuous Curvature Path Planning using Voronoi diagrams and Fermat's spirals / M. Candeloro, A.M. Lekkas, A.J. Sorensen, T.I. Fossen // Proc. of 9th IF AC Conf. on Control Applications in Marine Systems (CAMS 2013). – Osaka, Japan, 2013. – P. 132-137.
8. Аппроксимация траекторий движения судов обобщенным локальным сплайном / Д.Н. Фомин // Эксплуатация морского транспорта. – 2010. – №1(59). – С.31-35.
9. Smooth Path Generation for Wheeled Mobile Robots Using η 3-Splines / Federico Casolo (Ed.) // Motion Control, 2010 ISBN: 978-953-7619-55-8, InTech.
10. Формирование гладкой исполнительной траектории в реальном масштабе времени / Г.М. Довгоброд // Гироскопия и навигация. 2015. Т.88, №1. – С. 109-120.
11. Implementation of Automatic Ship Berthing using Artificial Neural Network for Free Running Experiment / Y.A. Ahmed, K. Hasegawa // Proceedings of the 9th IFAC International Conference CAMS 2013. – Osaka, Japan. P.25-30.
12. Terrain Mapping and Classification in Outdoor Environments Using Neural Networks / A. Hata, D. Wolf, G. Pessin, F. Osorio // Int. J. of u- and e-Service, Sc. and Tech. – 2014. – V.2. – No.4. – P.51-61.
13. Рациональна крива Безье 7-го степеня за заданими двома точками і кривинами та скрутом в них / Ю.І. Бадаєв, І.М. Ганношина // Сучасні проблеми моделювання. – 2018. – Вип. 12. – С. 9-15. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/cpm_2018_12_4

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. В. Козелков,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 11.01.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2018

Метод расчета траектории движения судна при автоматизированном определении маршрута

И. Н. Ганношина, Д. А. Пархоменко

Анализ процесса определения траектории движения судна показал необходимость обеспечения свойств траектории: ограничение на максимальную кривизну траектории; непрерывность траектории и ее двух первых производных, чтобы планируемая траектория в пространстве была гладкой; возможность локально корректировать траекторию в реальном масштабе времени, то есть на определенном участке, без пересчета всей траектории. **Цель статьи** заключается в разработке метода расчета траектории движения судна при автоматизированном определении маршрута, в котором траектория движения судна находится в виде кривой проходящей через элементы пространства (или точки пространства), отобранных автоматизированным методом выбора маршрута судна при планировании перехода и обеспечивает возможность ее коррекции в реальном масштабе времени. **Результаты.** Предложен метод расчета траектории движения судна при автоматизированном определении маршрута, в котором траектория движения судна находится в виде кривой проходящей через элементы пространства (или точки пространства), отобранные автоматизированным методом выбора маршрута судна при планировании перехода. Предлагается строить кривую из последовательности полиномов. В качестве сегментов выбираются рациональные кривые Безье 7-й степени, на которые накладываются дополнительные условия кривизны в начальной и конечной точках, для обеспечения непрерывности кривизны траектории.

Ключевые слова: маршрут, автоматизация процесса определения маршрута, траектория движения судна, рациональные кривые Безье, непрерывность кривизны траектории.

Method for calculating the trajectory of the vessel with automated route determination

I. Gannoshina, D. Parkhomenko

A method is proposed for calculating the trajectory of a vessel with an automated determination of the route, in which the trajectory of the vessel is in the form of a curve passing through space elements (or points of space) selected by an automated method for choosing a vessel route when planning a transition. Analysis of the process of determining the trajectory of the vessel showed the need to ensure the properties of the trajectory: the limit on the maximum curvature of the trajectory; the continuity of the trajectory and its two first derivatives, so that the planned trajectory in space is smooth; the ability to locally adjust the trajectory in real time, that is, in a certain area, without recalculating the entire trajectory. Existing approaches do not allow to fully take into account the requirements for the trajectory of the vessel and to calculate it for the entire length of the route whose elements (reference points) are defined automatically and correct it in real time, requires new approaches to determining the trajectory of the vessel. Application to automate the process of determining the route of the vessel when planning the transition of a discrete model of the vessel allows you to take into account the maneuverability characteristics of the vessel. Thus, the trajectory lying within the selected elements of space will satisfy most of the requirements for the trajectories used to specify the movement of the vessel. It is proposed to construct a curve from a sequence of polynomials. The segments are selected rational Bezier curves of the 7th degree, on which additional conditions of curvature at the initial and final points are imposed, to ensure continuity of the curvature of the trajectory. To this end, two additional points are added in the vicinity of the beginning and end of each segment. Additional points are determined in such a way that they lie on one straight line with the end (beginning) of a segment. That will provide safe directions of movement on the initial and final segments of the trajectory of the segment and higher accuracy of traffic control.

Keywords: route, automate the process of determining the route, the trajectory of the vessel, rational Bezier curves, the continuity of the curvature of the trajectory.

О. А. Даки

Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

МЕТОД РОЗРАХУНКУ КРИТЕРІЮ ІНФОРМАТИВНОСТІ ПРО ТЕХНІЧНИЙ СТАН РАДІОНАВІГАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Показано, що збої у роботі радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту під час руху за маршрутом можуть привести до значних додаткових витрат, що обумовлене відхиленням від визначеного маршруту. Обґрунтовано, що контроль технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту на сьогодні є одним із способів підтримання їх у справному стані та істотно впливає на ефективність виконання ними поставлених завдань. Це пов'язано й з тим, що переважна більшість зазначених зразків радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту працюють у агресивному середовищі. Обґрунтовано, що оптимальні характеристики системи контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту необхідно розраховувати за умови забезпечення максимального (мінімального) значення відповідного критерію. Отже, постановка та розв'язання завдання розрахунку оптимальних характеристик зазначеної вище системи контролю передбачає визначення конкретних критеріїв синтезу. Метою даної роботи є розробка методу розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту. Сформульоване завдання визначення оптимального методу контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту. Оптимальний є такий метод, який при заданій апріорній області «відхилення» параметрів контролю, заданому рівні завади, необхідному часі контролю дозволяє максимально звузити апостеріорну область «відхилення» параметрів системи (або функцій цих параметрів). Розроблений метод розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту. Такий метод пропонується використовувати при обґрунтуванні оптимальних характеристик системи контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту при експлуатації. Подальші дослідження пропонується направити на обґрунтування та розрахунок інших критеріїв оптимальності та проведення їх порівняння.

Ключові слова: радіонавігаційний комплекс, засоби водного транспорту, параметри контролю, критерій інформативності.

Вступ

Витрати на перевезення пасажирів і вантажу засобами водного транспорту значно залежать від вибраного маршруту та порядку слідування за ним. Збої у роботі приладів визначення положення (координат) засобів водного транспорту під час руху за маршрутом можуть привести до значних додаткових витрат, що обумовлене відхиленням від визначеного маршруту [1–3].

Таким чином, контроль технічного стану складних технічних комплексів, у тому числі високотехнологічних зразків радіолокаційного обладнання, систем управління, навігації та зв'язку, які приймають участь у визначенні маршруту руху засобів водного транспорту, на сьогодні є єдиним способом підтримання їх у справному стані та істотно впливає на ефективність виконання ними поставлених завдань. Це пов'язано й з тим, що переважна більшість зазначених зразків відпрацювала встановлений (призначений) ресурс [4, 5].

Доведено, що в умовах подальшого удосконалення радіотехнічних систем змінюються принципи контролю їх технічного стану. Поступово відбувається перехід від планово-попереджувальної системи технічного обслуговування на обслуговування зразків за технічним станом. При цьому систему контролю технічного стану радіотехнічних систем засобів водного транспорту пропонується будувати за критерієм “оптимізація – ефективність – вартість” і принципу “розумної достатності”. Отже, потрібний комплексний, системний підхід до обґрунтування апаратури (засобів) контролю технічного стану ра-

діотехнічних систем засобів водного транспорту та методів проведення такого контролю [6, 7].

Формулювання проблеми

Оптимальні характеристики системи контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту необхідно розраховувати за умови забезпечення максимального (мінімального) значення відповідного критерію. Отже, постановка та розв'язання завдання розрахунку оптимальних характеристик зазначеної вище системи контролю передбачає визначення конкретних критеріїв синтезу [8–11].

Таким чином, наукове завдання розробки методу розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів є актуальною для сучасної теорії та практики контролю технічного стану засобів водного транспорту.

Метою даної роботи є розробка методу розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту.

Метод розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту

Позначимо параметри контролю систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден вектором

$$q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}, \quad j = \overline{1, n},$$

так, що оператор системи $\Phi(\{u\})$ буде функцією цих параметрів:

$$\Phi(\{u\}) = \Phi(q_1, q_2, \dots, q_n).$$

Значення параметрів q_j є випадковими величинами, які в процесі зберігання та експлуатації системи можуть змінюватися. Вважаємо в процесі контролю ці параметри незмінними, тому що час контрольних операцій, як правило, значно менший часу зміни параметрів [12–16].

Таким чином, стан систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден визначається вектором параметрів

$$q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}.$$

Якщо відома апіорна функція розподілу параметрів (щільність розподілу якої ρ_1).

Часто метою контролю є визначення не самих параметрів q_j , а якоїсь функції від цих параметрів

$$Z = f(q_1, q_2, \dots, q_n),$$

тобто визначення технічного стану системи за узагальненим параметром.

Хоча функція Z (при $m < n$) несе меншу інформацію про систему, чим повний набір величин q_j , однак у більшості випадків вдалий вибір відносно невеликої кількості параметрів z_i , $i = \overline{1, m}$, вважається достатнім для порівняно повної оцінки якості системи, а, з іншого боку, може істотно спростити контроль.

Іноді параметри z_i можуть співпадати з q_j .

У практиці контролю (вимірювання) параметрів інформаційні оцінки отримали широке розповсюдження.

З точки зору теорії інформації контроль приводить до зменшення міри невизначеності в значеннях параметрів системи порівняно з невизначеністю значень цих параметрів до контролю [17–22].

Невизначеність значень параметрів характеризується ентропією, так що ентропія величини X дорівнює [23]:

$$H(X) = -\int \rho(X) \ln \rho(X) dX. \quad (1)$$

Під інформацією про величину X , яку надає результат контролю (вимірювання), пропонується розуміти скорочення невизначеності зміни цієї величини. Тобто відбувається зменшення показника ентропії такої величини при проведенні контролю (дослідження) D . При цьому ентропія є різниця між значеннями ентропії до (апіорне) та після контролю (апостеріорне):

$$I(X, D) = H(X) - H(X/D).$$

Дослідження (контроль) D представляє собою процес вимірювання характеристик вихідного сигналу об'єкта контролю, тобто в спостереженні вибірки

$$\Delta y = \{\Delta y(t_1), \dots, \Delta y(t_s)\}.$$

Тому інформація про значення величин зміни параметрів радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту

$$\Delta z = \{\Delta z_1, \dots, \Delta z_m\},$$

яку надає контроль, дорівнює:

$$I(z, y) = H(\Delta z) - H(\Delta z / \Delta y). \quad (2)$$

З (2) на підставі (1) отримаємо

$$I(z, y) = -\int \rho(\Delta z) \ln \rho(\Delta z) d\Delta z + \int \rho(\Delta z / \Delta y) \ln \rho(\Delta z / \Delta y) d\Delta z.$$

Для щільності розкиду значень параметрів контролю $\rho(z)$ будемо мати:

$$\begin{aligned} H(\Delta z) &= \\ &= \int \rho(z) \left[\frac{m}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \Delta z_i^2 \right] dz = \\ &= \frac{m}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \langle \Delta z_i^2 \rangle. \end{aligned}$$

Оскільки величини Δz_i вибираються так, що $\langle \Delta z_i^2 \rangle = 1$, то:

$$H(\Delta z) = \frac{1}{2} \ln(2\pi e)^m. \quad (3)$$

Для умовної ентропії параметрів контролю z залежно від вихідного сигналу радіонавігаційних комплексів у запишемо:

$$\begin{aligned} H(z/y) &= \\ &= -\int \rho(z/y) \frac{1}{2} \left[m \ln 2\pi + \ln |\det H| + \sum_{i,j=1}^m H_{ij} v_i v_j \right] dv = \\ &= -\frac{1}{2} \ln(2\pi)^m |\det H| - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m H_{ij}^{-1} \int v_i v_j \rho(z/y) dv. \end{aligned}$$

Оскільки

$$\int v_i v_j \rho(z/y) dz = H_{ij},$$

то

$$H(z/y) = -\frac{1}{2} \ln(2\pi)^m |\det H|. \quad (4)$$

Якщо підставити вираз для $H(\Delta z)$ (3) і $H(z/y)$ (4) в (2), то величина інформації $I(z/y)$, отримана в результаті контролю, дорівнює

$$I(z/y) = -\frac{1}{2} \ln |\det H|. \quad (5)$$

Позначимо через λ_i^{-1} , $i = \overline{1, m}$, власні значення матриці \tilde{R}_y^{-1} у підпросторі векторів z .

Власні значення матриці H дорівнюють σ_ξ^2 / λ_i .

Перейдемо до системи координат, в якій матриця H діагональна.

У такому запису матриця має вигляд:

$$H = \begin{pmatrix} \sigma_\xi^2 / \lambda_1 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_\xi^2 / \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \sigma_\xi^2 / \lambda_m \end{pmatrix}.$$

При цьому для детермінанта матриці H отримаємо наступний вираз:

$$\det H = \sigma_\xi^{2m} (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^{-1}.$$

Отже, величина інформації $I(z/y)$ буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} I(z, y) &= \frac{1}{2} \ln(\lambda_1, \dots, \lambda_m) + m \ln \sigma_\xi = \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \ln \lambda_i + m \ln \sigma_\xi. \end{aligned} \quad (6)$$

Оскільки власні значення матриці є інваріантами, тобто не залежать від вибору системи ортонормованих параметрів q_j і z_i , то інваріантом буде й величина інформації $I(z/y)$.

Геометричний зміст величини $I(z/y)$: ця величина пропорційна логарифму об'єму еліпсоїду, який породжено матрицею H у підпросторі Z , тобто об'єму апостеріорної області невизначеності параметрів z_i .

Величина $I(z/y)$ залежить від величини дисперсії перешкоди σ_ξ^2 , часу спостереження T (або кількості точок відліків s) вихідного сигналу, величини і форми вхідного сигналу $u(t)$. Це виходить з того, що величина $I(z/y)$ визначається елементами матриці \tilde{R}_y^{-1} , а вони, у свою чергу, залежать від вказаних величин.

Оптимізація методики контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту з інформаційної точки зору полягає, таким чином, у знаходженні вхідного сигналу $u_{onn}(t)$, який при заданому рівні перешкоди σ_ξ^2 і заданому часі спостереження T (або числа відліків s) вихідного сигналу забезпечував би максимальне значення величини $I(z/y)$ – інформаційного критерію.

Ця функція оптимізації $u_{onn}(t)$ має задовольняти співвідношенню:

$$I(z, y; \{u_{onn}\}) = \max_{\{u\}} I(z, y; \{u\}).$$

Величина $I(z/y)$ є монотонно зростаючою функцією часу спостереження T (кількості відліків s). Тому розв'язання поставленої вище задачі для різних значень T одночасно розв'язує завдання розрахунку таких характеристик вхідного сигналу $u(t)$, які при потрібному значенні кількості інформації та дисперсії зміни перешкоди дозволяє забезпечити максимальний час спостереження T . При цьому кількість відліків вихідного сигналу s буде мінімальною [24–27].

Перспективи застосування

Сформулюємо завдання визначення оптимального методу контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту.

Оптимальним є такий метод, який при заданій апріорній області «відхилення» параметрів контролю, заданому рівні завади, необхідному часі контролю дозволяє максимально звужити апостеріорну область «відхилення» параметрів системи (або функції цих параметрів).

Еквівалентній попередній постановці задачі є задача визначення методики, яка забезпечує мінімальний час контролю при заданій апріорній області «відхилення» параметрів радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту, заданих розмірах апостеріорної області. Або аналогічне завдання визначення методу, який дозволяє при фіксованих умовах максимально знизити необхідну точність вимірювальних приладів.

Вибір еквівалентних постановок завдань визначається конкретними ситуаціями контролю та особливостями експлуатації об'єкта контролю [24, 25].

Визначення оптимальної методики контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту складається з декількох, не зв'язаних одна з другою, задач.

Необхідно встановити кількісну оцінку методики контролю. Така оцінка повинна бути зв'язана з розмірами апостеріорної області «відхилення» параметрів z_i .

Вся інформація про параметри z_i , отримана за результатами контролю, міститься у функції розподілу $\rho(z/y)$, яка надає імовірність для різних значень z_i , при умові, що на виході системи, що контролюється, спостерігалась реакція $y(t)$.

Апостеріорна область «відхилення» параметрів z_i є областю, імовірність потраплення всередину якої для z_i більше деякої встановленої імовірності.

Якщо є декілька параметрів, то для завдання цієї області необхідно відповідно декілька величин (наприклад, при нормальному законі розподілу можна задавати півосі еліпсоїду розсіювання).

Висновки

Розроблений метод розрахунку критерію інформативності про технічний стан радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту. Такий метод пропонується використовувати при обґрунтуванні оптимальних характеристик системи контролю технічного стану радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту при експлуатації.

Запропонований критерій інформативності радіонавігаційних комплексів засобів водного транспорту характеризує також точність вимірювання параметрів контролю. Така точність залежить від похибки засобів контролю та методика проведення контролю.

Подальші дослідження пропонується направити на дослідження інших критеріїв оптимальності та проведення їх порівняння.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каретников В.В. К вопросу построения автоматизированной системы мониторинга параметров высокоточного навигационного поля / Каретников В.В., Пашенко И.В., Соколов А.И., Кузнецов И.Г. // Морская радиоэлектроника. – 2015. – № 2 (52). – С. 24-27.
2. Соловьев И. Морская радиоэлектроника / И. Соловьев. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 185 с.
3. Rogers, R.M. (2003), "Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems", AIAA Educational Series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, Reston, VA.
4. Grewal, M.S., Weill L.R. and Andrews A.P. (2007), "Global Positioning Systems, Inertial navigation and integration", Wiley, New York.
5. Герасимов С.В. Синтез полігармонійного вимірювального сигналу з будь-якою кількістю точок перемикання / С.В. Герасимов, О.А. Дакі, М.Ю. Яковлев // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2018. – №79 (2). – С. 73-76., doi: [10.23939/istcm2018/02/073](https://doi.org/10.23939/istcm2018/02/073).
6. Admiralty list of radio signals "Global maritime distress and safety system (GMDSS)". Vol 5. NP 285. 2000. –338 p.
7. Герасимов С.В. Розробка та дослідження методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту / С.В. Герасимов, Ю.Є. Шапран, В.В. Кірвас // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 4 (52). – С. 5-10.
8. Басов В.Г. Измерительные сигналы и функциональные устройства их обработки / В.Г. Басов. – Минск: БГУИР, 119 с.
9. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44–48.
10. Кучук Г. А., Можасв О. О., Воробйов О. В. Метод агрегування фрактального трафіка. *Радіоелектронні та комп'ютерні системи*. 2006. № 6 (18). С. 181 - 188.
11. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
12. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>
13. Norman Friedman (2006), "The Naval Institute Guide to World Naval Weapon System", Naval Institute Press, 858 p.
14. Страхов А.Ф. Автоматизированные измерительные комплексы / А.Ф. Страхов. – М.: Энергоиздат, 1990. – 216 с.
15. Герасимов С.В. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities / С. Герасимов, Ю. Шапран, М. Стахова // Системи обробки інформації. – 2018. – Вип. 1 (152). – С. 148-154, doi: 10.30748/soi.2018.152.21.
16. Браславська А. Theoretical basic concepts for formation of the criteria for measurement signals synthesis optimality for control of complex radio engineering systems technical status / Браславська А., Герасимов С., Зубрицький Г., Тимочко О., Тимочко І. // Системи обробки інформації. – 2017. – № 5 (151). – С. 151-157.
17. Qriffsiths V. E. Optimal control of jump-linear gaussian systems / V. E. Qriffsiths, K. A. Loparo // Int. J. of control. – Vol. 42. N. 4. – 1985. – P. 791-819.
18. Герасимов С.В. Методика обґрунтування номенклатури параметрів контролю радіотехнічних систем і призначення їх допустимих відхилень / С.В. Герасимов, В.В. Грідіна // Системи обробки інформації. – 2018. – Вип. 2 (153). – С. 159-164, doi: 10.30748/soi.2018.153.20.
19. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335>
20. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59-68.
21. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
22. Saravana Balaji B., Karthikeyan N.K., Raj Kumar R.S. Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation. *Computers & Electrical Engineering*, 2018. Vol. 69, P. 435-446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>
23. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. DOI: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>

24. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed, A.S., Manikandan V. Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network. *ICTACT Journal on Soft Computing*. 2019. Vol. 09, Issue 02. pp. 1844-1850. [DOI: 10.21917/ijsc.2019.0256](https://doi.org/10.21917/ijsc.2019.0256)
25. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., Manikandan V. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.
26. Чинков В.М., Герасимов С.В. Методика синтезу вимірювальних сигналів для контролю технічного стану зразків озброєння при локальному обмеженні / В.М. Чинков, С.В. Герасимов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – Вип. 1 (14). – С. 194-197.
27. Characteristics of radiolocation scattering of the SU-25T attack aircraft model at different wavelength ranges / S. Herasimov, Y. Belevshchuk, I. Ryapolov, O. Tymochko, M. Pavlenko, O. Dmitriiev, M. Zhyvytskyi, N. Goncharenko // Information and controlling systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 6/9 (96). – 2018. – Pp. 22-29., DOI: 10.15587/1729-4061.2018.152740.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. В. Козелков,
Державний університет телекомунікацій, Київ
Received (Надійшла) 12.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2018

Метод расчета критерия информативности о техническом состоянии радионавигационных комплексов средств водного транспорта

Е. А. Даки

Показано, что сбои в работе радионавигационных комплексов средств водного транспорта во время движения по маршруту могут привести к значительным дополнительным затратам, что обусловлено отклонением от определенного маршрута. Обосновано, что контроль технического состояния радионавигационных комплексов средств водного транспорта на сегодня является одним из способов поддержания их в исправном состоянии и существенно влияет на эффективность выполнения ими поставленных задач. Это связано и с тем, что подавляющее большинство указанных образцов радионавигационных комплексов средств водного транспорта работают в агрессивной среде. Обосновано, что оптимальные характеристики системы контроля технического состояния радионавигационных комплексов средств водного транспорта необходимо рассчитывать при условии обеспечения максимального (минимального) значения соответствующего критерия. Итак, постановка и решение задачи расчета оптимальных характеристик указанной выше системы контроля предусматривает определение конкретных критериев синтеза. **Целью данной работы** является разработка метода расчета критерия информативности о техническом состоянии радионавигационных комплексов средств водного транспорта. Сформулированную задачу определения оптимального метода контроля технического состояния радионавигационных комплексов средств водного транспорта. Оптимальный такой метод, при заданной априорной области «отклонения» параметров контроля, заданном уровне помехи, необходимом времени контроля позволяет максимально сузить апостериорную область «отклонения» параметров системы (или функции этих параметров). Разработанный метод расчета критерия информативности о техническом состоянии радионавигационных комплексов средств водного транспорта. Такой метод предлагается использовать при обосновании оптимальных характеристик системы контроля технического состояния радионавигационных комплексов средств водного транспорта при эксплуатации. Дальнейшее направление решения научных задач предлагается сосредоточить на исследовании других критериев оптимальности и проведения их сравнения.

Ключевые слова: радионавигационная комплекс, средства водного транспорта, параметры контроля, критерий информативности.

Method of calculation of criteria of informativity about the technical state of the radionavigation complexes water transport vehicles

O. Daki

It has been shown that failures in the operation of the radio navigation complexes of water transport vehicles during the route along the route may lead to significant additional costs due to deviations from the identified route. It is substantiated that the control of the technical state of the radio navigation complexes of water transport means is one of the ways of maintaining them in good condition and significantly influences the efficiency of their tasks. This is due to the fact that the overwhelming majority of these samples of radio navigation complexes of water transport vehicles operate in an aggressive environment. It is substantiated that optimal characteristics of the system of control of the technical condition of radio navigation complexes of water transport facilities should be calculated provided that the maximum (minimum) value of the relevant criterion is ensured. Consequently, the formulation and solution of the problem of calculating the optimal characteristics of the above control system involves the definition of specific synthesis criteria. **The purpose of this work** is to develop a method for calculating the information criterion on the technical state of the radio navigation complexes of water transport vehicles. The task of determining the optimal method for controlling the technical state of the radio navigation complexes of water transport means is formulated. The optimal method is that, at a given a priori area, the "deviation" of the control parameters, the set level of interference, the required time of control allows to minimize the a posteriori region of "deviation" of the parameters of the system (or the functions of these parameters). The method of calculating the informative criterion on the technical state of the radio navigation complexes of water transport facilities is developed. This method is proposed for use in substantiating the optimal characteristics of the control system of the technical state of the radio navigation complexes of water transport vehicles during operation. Further research is proposed to direct other optimality criteria and compare them to research.

Keywords: radio navigation complex, means of water transport, control parameters, information criteria.

В. О. Подліпаєв

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна

БАЗОВИЙ НАБІР ТИПОВИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ТА ВЕДЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ

Предметом вивчення в статті є необхідно достатній функціонал роботи з геопросторовими даними. **Метою** є визначення переліку та загального функціоналу геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу. **Завдання:** визначити базовий набір геоінформаційних ресурсів який є мінімально необхідним для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу; визначити загальний функціонал типових геоінформаційних ресурсів базового набору, який необхідний для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу. Використовуваними **методами** є: методи статистичного аналізу, методи оптимізації, методи моделювання, методи побудови складних систем. Отримані такі **результати**. Встановлено, що актуальним є питання створення такого набору геоінформаційних ресурсів, який би на мінімально достатньому рівні задовольняв потреби у геоінформаційній підтримці та забезпечив максимальну ефективність побудованої геоінформаційної системи. Встановлено, що існує геоінформаційні ресурси, які затребувані у будь-якій сфері діяльності, а їх функціонал роботи з геопросторовими даними від неї не залежить. Визначено наступний базовий набір типових геоінформаційних ресурсів: геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації та накопичення базового набору геопросторових даних; геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації, накопичення та відображення геопросторових даних та іншої інформації про об'єкти, які розташовані на певній території (акваторії); геоінформаційні ресурси, які призначені для відображення оперативної інформації (новини, події, розвідувальні дані, тощо) на визначній карті з прив'язкою до місцевості або об'єкту, яких стосується ця інформація. Також, визначено загальний функціонал цих ресурсів. **Висновки.** Визначений базовий набір типових геоінформаційних ресурсів охоплює всі основні питання геоінформаційної підтримки та геопросторового аналізу. Такий підхід надає змогу, за умов можливості, необхідності та достатності отримання даних, мати оперативну поінформованість де?, що? і коли? відбувається і відбувалось та найповнішу інформацію про потрібні території та об'єкти на них. Можливість цих базових типових геоінформаційних ресурсів використовувати інформацію з баз даних, які не входять до складу ГІС і супроводжуються окремо або у складі інших інформаційних систем, унеможливує дублювання цієї інформації та значно спрощує структуру власних баз даних ГІС.

Ключові слова: геоінформаційна підтримка, геоінформаційна система, геоінформаційні ресурси, геопросторовий аналіз, геопросторова інформація, геопросторові дані.

Вступ

Система геоінформаційної підтримки призначена для забезпечення органів управління, інформаційно-аналітичних та інших підрозділів необхідними геопросторовими даними, надання їм можливості обмінюватися цими даними та використовувати спеціалізовані геоінформаційні ресурси для збору та накопичення власної інформації, яку вони використовують при виконанні завдань за призначенням.

Фізично, система геоінформаційної підтримки являє собою геоінформаційну систему, яка повинна складатися з наступних обов'язкових елементів:

- технічні засоби;
- програмне забезпечення;
- дані, як циркулюють в системі;
- методи і алгоритми роботи з цими даними;
- люди (персонал підтримання функціонування системи, користувачі та інші).

Геоінформаційна система (ГІС) – система апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, що створена для цифрової підтримки, поповнення, управління, маніпулювання, аналізу, математико-картографічного моделювання і образного відображення географічно координованих (визначених) даних [1, 2].

Технічні засоби та програмне забезпечення – базові складові, які не визначають спрямованість

ГІС, а лише забезпечують її потужності щодо роботи з геопросторовими даними.

Дані, які циркулюють в системі – є змістовною складовою ГІС.

Методи і алгоритми роботи з цими даними – профільна складова, які саме і визначають спрямованість ГІС.

Виходячи зі світового досвіду та враховуючі стандарти НАТО геоінформаційну систему доцільно побудувати на базі серійних комп'ютерів і серверів об'єднаних в мережу, у якій розгорнуто геопортал за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Геопортал – сукупність окремих додатків і сервісів, які використовуються для публікації, адміністрування та пошуку необхідних геоінформаційних ресурсів [2].

Пошук, візуалізація, використання, накопичення, зберігання, обмін даними між користувачами геоінформаційної системи повинен здійснюватися за допомогою геоінформаційних ресурсів, в яких реалізовані всі необхідні методи та алгоритми роботи з цими даними.

Геоінформаційний ресурс – сукупність інформаційних банків і баз геопросторових даних, метаданих і сервісів геопросторових даних [1, 2]. Саме цей момент у побудові геоінформаційної системи є найбільш складний точки зору її ефективності.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. За останні роки у світі, та в Україні зокрема, накопичено значний досвід щодо створення спеціалізованих геоінформаційних систем. З кожним роком з'являються все нові підходи до організації геоінформаційної підтримки та побудови геоінформаційних систем.

В рамках досліджень було проведено вивчення доступної літератури і зразків відомих геоінформаційних систем та аналіз їх можливостей [3–14]. За результатами роботи можна зазначити певну сталу особливість, а саме: – основною, чи не єдиною, відмінністю всіх ГІС є їх геоінформаційні ресурси. Саме вони є визначальними, а інші складові системи лише забезпечують їх роботу.

Наявність в системі найпотужніших технічних засобів та найсучаснішого програмного забезпечення не виконує головної задачі ГІС, а лише забезпечує потужності її виконання. Механізми виконання основних завдань ГІС реалізуються через методи та алгоритми роботи з даними, які знаходяться у системі. Але, щоб все це функціонувало треба чітко визначити, які дані нам необхідно завантажувати у систему, і яких спеціалістів необхідно залучити.

Правильно визначений склад та побудова геоінформаційних ресурсів забезпечує ефективність геоінформаційної системи.

На сьогоднішній день, на жаль, геоінформаційний ринок в Україні не надто розвинений. Це інноваційний напрям, який все ще набуває популярності, в той час, як у розвинених країнах він повсякчас застосовується у найрізноманітніших сферах. Таке становище спричинене в першу чергу двома факторами: недостатньою поінформованістю суспільства про можливості та переваги ГІС, а також відсутністю коштів для впровадження подібних систем на тлі поточної економічної ситуації в країні. І якщо вирішення першої перепони – це лише питання часу, то друга ховає в собі підводні камені, які не одразу помітні [14].

Затрати на збір, систематизацію, обробку, накопичення та зберігання геопросторових даних повинні бути максимально компенсовані за рахунок затребуваності цих даних та результатів їх аналізу.

Тому, розробляючи геоінформаційну систему, чітко потрібно усвідомити, яке вона має призначення та які основні функції повинна виконувати. Якщо у ході експлуатації виникне потреба у додатковому функціоналі, його завжди можна нарости, а створений але не затребуваний ресурс – це вже зайве витрачені гроші.

Досвід показує, що використання ГІС здійснюється в основному за двома варіантами. У першому – ГІС виконує функції довідкової системи, яка забезпечує можливість користувачів отримати необхідні геопросторові дані. У другому – ГІС виконує функції геоінформаційної платформи, на якій можна вирішувати різноманітні інформаційні завдання, у тому числі з використанням не тільки геопросторових даних, а і іншої інформації.

Крім того, використання ГІС, за обома варіантами, здійснюється у таких режимах:

отримання необхідних даних, яке здійснюється шляхом їх візуалізації на персональних і колективних засобах відображення або копіювання на електронні та тверді носії інформації;

завантаження геопросторової та іншої інформації до відповідних баз даних, з метою оновлення наявної в системі інформації та збільшення інформаційних можливостей самої ГІС;

накопичення та зберігання користувачем власної інформації, а також створення ним інформаційних ресурсів;

обмін інформацією між користувачами ГІС.

Можливості сучасних ГІС дуже великі, а з розвитком програмного забезпечення і технічних засобів постійно нарощуються. Та і вибагливість сучасних користувачів змушує розробників ГІС постійно розширювати набір функцій цих систем.

Однак, це загальні тенденції, а побудова конкретної ГІС – це окреме питання, при вирішенні якого потрібно врахувати насамперед вимоги, які висуваються саме до цієї конкретної системи. Безумовно, беручи до уваги досвід побудови та використання існуючих систем та сучасні тенденції розвитку ГІС в цілому.

Як зазначалось вище, особливістю кожної ГІС є її геоінформаційні ресурси, тому виникає актуальне питання, – “Які геоінформаційні ресурси необхідно створити?”.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є визначення переліку та загального функціоналу геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу.

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити наступні задачі:

– визначити базовий набір типових геоінформаційних ресурсів який є мінімально необхідним для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу;

– визначити загальний функціонал типових геоінформаційних ресурсів базового набору, який необхідний для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу.

1. Матеріали дослідження щодо визначення базового набору типових геоінформаційних ресурсів

Сучасні ГІС мають різні рівні складності, від простих інформаційних систем до складних аналітичних з автоматизованими (автоматичними) алгоритмами підготовки (прийняття) рішень. Від рівня складності змінюється набір функцій, які може виконувати система, але, основне її призначення залишається незмінним – своєчасне надання потрібної інформації.

Саме ці два критерії – своєчасність надання інформації і її потрібність, є основними регуляторами створення архітектури ГІС, формування її інформаційного змісту, а також побудови алгоритмів збору та надання інформації споживачам.

Бажання ідеально визначити виключний перелік геоінформаційних ресурсів та спроектувати їх

архітектуру, не переходячи при цьому в практичну площину, значно збільшує ризики залишити питання побудови потрібної ГІС на стадії вічного пошуку ідеального рішення.

Геоінформаційні технології – це сфера науки і техніки, яка постійно розвивається, та у якій нерідко з'являються дуже прогресивні рішення, причому спрогнозувати їх дуже складно. Тому закладавати, у складі ГІС ресурси, використання яких планується не одразу, а через деякий час, недоцільно. Це призведе до того, коли прийде час використовувати ці ресурси, технології, на яких вони були розроблені, вже застаріли та менш ефективні.

Вирішити це питання можливо, шляхом розробки, на першому етапі створення ГІС, загальних (базових) геоінформаційних ресурсів, без яких геоінформаційна підтримка не можлива. Кількість цих ресурсів та їх функціонал, спочатку можуть бути не значними, але це дозволить уникнути зайвих витрат та більш ефективно розвивати побудовану ГІС у подальшому, враховуючі зростання та зміни вимог користувачів, а також світові тенденції розвитку геоінформаційних технологій.

Проектування та розгортання в ГІС базового набору типових геоінформаційних ресурсів надасть змогу найбільш ефективно вирішити порушене питання. Цей набір є мінімально достатнім, а значить найбільш приближеним до ефективного.

Достатність повинна забезпечуватись наявністю такого набору геоінформаційних ресурсів та їх функціоналу, збільшення якого вже починає призводити до того, коли витрати на додатково розроблені ресурси та створені функції стають більш значними ніж нові можливості, які з'явилися в системі.

Будь-якого керівника та аналітика цікавить “що?”, “де?”, “коли?” відбувалось, відбувається та відбудеться, тому геоінформаційні ресурси ГІС повинні допомагати знайти відповіді на ці питання.

Різні сфери діяльності та рівень, важність і актуальність питанні, які викрашаються керівниками та аналітиками у цих сферах, мають особливості щодо їх геоінформаційної підтримки її спрямованості та змісту і обсягу необхідних геопросторових даних. Відповідно й ведення геопросторового аналізу, як однієї із функціональних складових геоінформаційної підтримки, потребує чітко виражені вимоги до цих даних та алгоритмів і методів роботи з ними.

Геоінформаційна підтримка у сфері національної безпеки і оборони, у сфері виробництва, управління територіями, в екологічній сфері та інших сферах потребує розробки спеціалізованих геоінформаційних систем з притаманними саме цим сферам геоінформаційними ресурсами. У якості прикладу наведемо вимоги до змісту геопросторових даних, які висувають військові США при забезпеченні геопросторової підтримки у ході планування та проведення об'єднаних операцій. (рис. 1).

Відповідно до призначення ГІС та визначеного змісту і обсягу геопросторових даних необхідно розробити геоінформаційні ресурси потрібні забезпеченні геоінформаційної підтримки певної сфери діяльності або кола питань, які вирішуються. Однак,

якби сфери діяльності не відрізнялись, які б вони не мали особливості, є геопросторової дані та алгоритми роботи з ними, які скрізь однакові. Більш того, функціонал роботи з цими даними взагалі не залежить від сфери, для якої ці дані вирішуються. Все це і являє собою основу так званого універсального набору геоінформаційних ресурсів, який і є базовим.

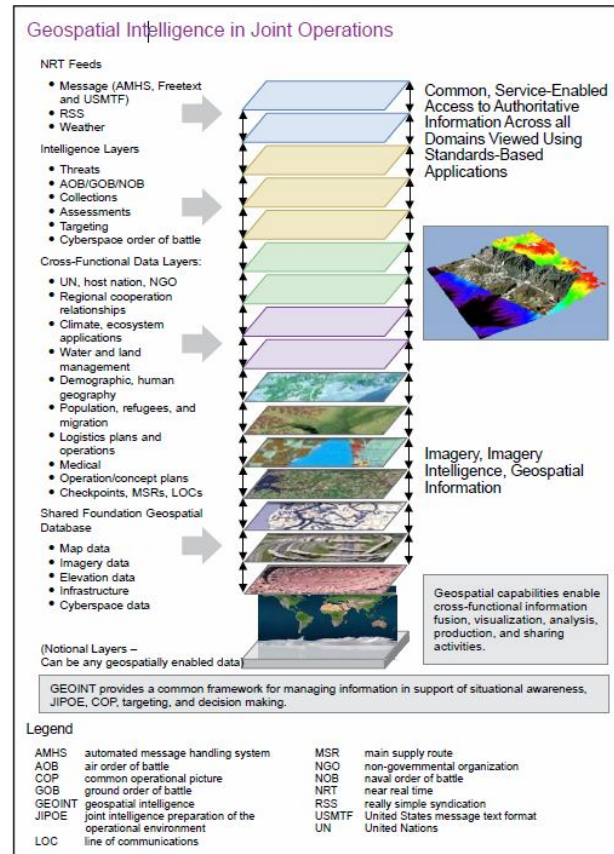


Рис. 1. Набір геопросторих даних, який обробляється геопросторовою розвідкою США, для здійснення геоінформаційної підтримки об'єднаних операцій

Без даних про території геоінформаційна підтримка не можлива в принципі. А які саме дані потрібні, це вже питання необхідності та достатності цих даних. Тому геоінформаційні ресурси, які забезпечують надання інформації про території (базового набору геопросторових даних) є обов'язковим типом ресурсів для будь-якої ГІС.

Базові геопросторові дані – сукупність загальнодоступних стандартизованих геопросторових даних як уніфікованої основи для інтегрування та спільного використання в геоінформаційних системах геопросторових даних [1]. Основним об'єктом геопросторового аналізу є геопросторові об'єкти, тому інструментарій для отримання, а бажано накопичення та аналізу, інформації про ці об'єкти є необхідним.

Геопросторовий об'єкт – об'єкт реального світу та суспільно-економічних відносин, що характеризується певним місцезнаходженням на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат [1].

Крім використання даних про фізичні об'єкти аналітик обробляє дуже великий обсяг інформації

про події та явища. Так, як події та явища завжди відбуваються десь (територія, акваторія, об'єкт) або мають до них відношення, тому необхідність зазначених вище типів геоінформаційних ресурсів значно підвищується.

З метою підвищення оперативності поінформованості споживача про те, де мають місце певні події та явища, доцільно у складі ГІС мати геоінформаційні ресурси відображення оперативної інформації про події та явища з прив'язкою їх до території (акваторії) або об'єкту, до яких вони мають відношення.

Підсумовуючи вище зазначене можна визначити наступний базовий набір типових геоінформаційних ресурсів:

геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації та накопичення базового набору геопросторових даних;

геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації, накопичення та відображення геопросторових даних та іншої інформації про об'єкти, які розташовані на певній території (акваторії);

геоінформаційні ресурси, які призначені для відображення оперативної інформації (новини, події, розвідувальні дані, тощо) на визначній карті з прив'язкою до місцевості або об'єкту, яких стосується ця інформація.

2. Визначення загального функціоналу типових геоінформаційних ресурсів базового набору

2.1. Геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації та накопичення базового набору геопросторових даних (рис. 2). Ці ресурси повинні містити наступні дані та мати сервіси:

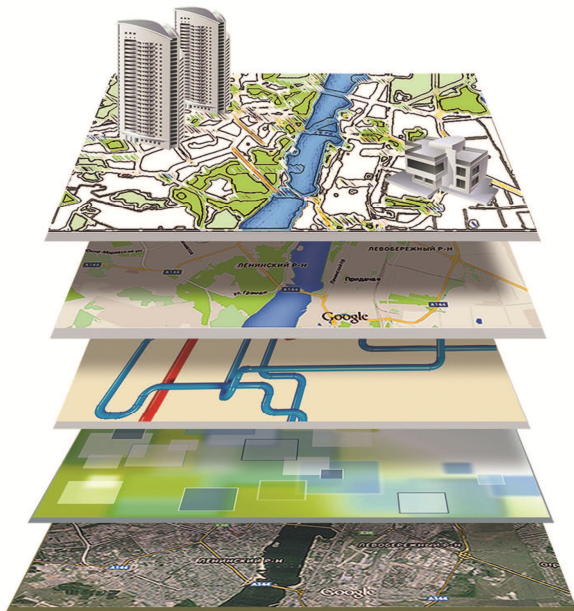


Рис. 2. Приклад базового набору геопросторових даних

архіви матеріалів аерокосмічної зйомки земної поверхні з можливістю їх ретроспективного перегляду та порівнянням обраних матеріалів;

картографічні матеріали визначених масштабів у растровому і векторному форматах з можливістю

використання окремих шарів даних (шляхи, елементи забудови тощо);

назви населених пунктів та межі адміністративних одиниць різного рівня з їх назвами;

визначені гібридні (інтеграція матеріалів зйомки і картографічних матеріалів) базові карти з можливістю додавати та вилучати певні шари даних, а також створення нових карт.

пошук необхідних даних за визначеними критеріями (назва адміністративної одиниці, населеного пункту, штучного або природнього об'єкту, координати тощо).

2.2. Геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації, накопичення та відображення геопросторових даних та іншої інформації про об'єкти, які розташовані на певній території (акваторії) (рис. 3). Ці ресурси повинні містити наступні дані та мати сервіси:

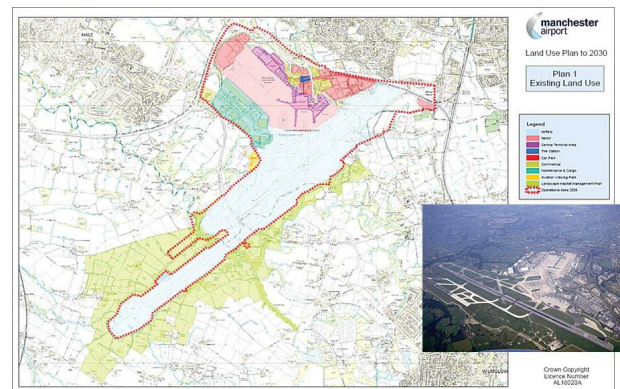


Рис. 3. Приклад геоінформаційного ресурсу накопичення та роботи з інформацією про об'єкти

набір умовних знаків різних типів об'єктів (об'єкти інфраструктури, військові об'єкти, об'єкти промисловості та інших сфер діяльності країни тощо) з можливістю їх нанесення на карту, а у разі відсутності необхідного знаку, створення нового;

при позначенні обраного об'єкту певним умовним знаком, створюється інформаційний шар, таблиця якого має мінімально необхідний набір полів для накопичення даних про об'єкт обраного типу (для аеродромів свій набір полів, для складів свій, для військових містечок свій) з можливістю додавання нових полів до цієї таблиці та створення нової таблиці з власним набором полів;

створення інформаційних шарів для позначення простих об'єктів, таких як технічні засоби (озброєння та військова техніка), елементи обладнання території (будівлі, майданчики, мости тощо) та інші об'єкти, а також групи інформаційних шарів для позначення складних об'єктів, таких як аеродроми, порти, різні полігони та склади, підприємства та електростанції тощо;

відображення геопросторових даних та іншої інформації, які у будь-якій мірі стосуються обраного об'єкту, але зберігаються в інших інформаційних базах даних.

2.3. Геоінформаційні ресурси, які призначені для відображення оперативної інформації (розвідувальні дані, події, новини, тощо) на визначній

карті з прив'язкою до місцевості або об'єкту, яких стосується ця інформація (рис. 4). Ці ресурси повинні містити наступні дані та мати сервіси:

відображення на карті визначеними умовними знаками оперативної інформації;

відображення змістовної частини оперативної інформації у певній послідовності вишикуваної за визначними критеріями (за датою та часом, місцем події, об'єктом, тематикою рівнем важливості інформації тощо);

відображення відповідної оперативної інформації у інших геоінформаційних ресурсах та її завантаження до інших баз даних;

архів оперативної інформації з можливістю пошуку необхідної інформації за визначними критеріями (за датою та часом, місцем події, об'єктом, тематикою тощо).

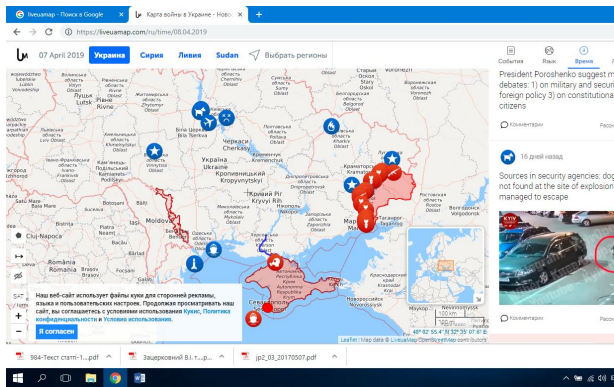


Рис. 4. Приклад геоінформаційного ресурсу інтерактивного відображення подій, які відбуваються на певній території

Висновки

Визначено базовий набір геоінформаційних ресурсів. Визначено загальний функціонал типових геоінформаційних ресурсів. Ці ресурси є типовим саме тому, що їх може бути декілька, в залежності від алгоритмів і методик роботи з геопросторовими даними, які реалізовані в конкретній ГІС. Обов'язковою

умовою є пов'язаність цих типових ресурсів та наявних в них даних притаманних тільки цьому типу. Це значить, якщо карти завантажуються та систематизуються за допомогою геоінформаційного ресурсу, який призначений для ведення базового набору геопросторових даних, то вони також доступні споживачу через інші геоінформаційні ресурси без копіювання. Теж повинно бути з даними про об'єкти, події та явища, інформація завантажується до бази даних один раз за допомогою відповідного інструментарію та може бути використана у будь-якому геоінформаційному ресурсі без копіювання або перенесення.

Ці три типи геоінформаційних ресурсів охоплюють всі основні питання геоінформаційної підтримки та геопросторового аналізу, а функціонал та кількість ресурсів кожного типу є вже питанням нарощування потужності ГІС. (рис. 5)

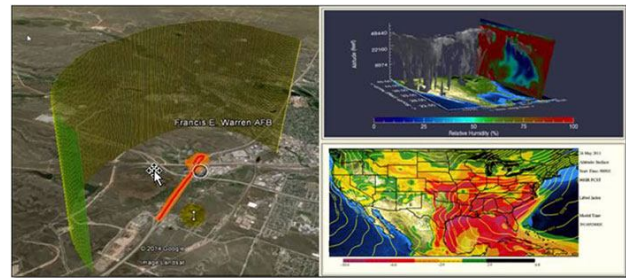


Рис. 5. Приклади деяких напрямків ведення геопросторового аналізу

Такий підхід надає змогу, за умов можливості, необхідності та достатності отримання даних, мати оперативну поінформованість де?, що? і коли? відбувається і відбувалось та найповнішу інформацію про потрібні території та об'єкти на них.

Можливість цих базових типових геоінформаційних ресурсів використовувати інформацію з баз даних, які не входять до складу ГІС і супроводжуються окремо або у складі інших інформаційних систем, унеможливує дублювання цієї інформації та значно спрощує структуру власних баз даних ГІС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проект закону України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних”.
2. “Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення”, Військовий стандарт 01.101.007 Видання 1, ВСТ 01.101.007-2017(01).
3. .Geospatial Intelligence in Joint Operations // Joint Publication 2-03 – 5 July 2017.
4. AIRBUS Multi-Int, <https://www.intelligence-airbusds.com/en/8207-defence-security>.
5. GIS for Defense, <https://www.esri.com/en-us/industries/government/departments/defense>.
6. GIS for Defense, <http://www.esriuk.com/Development/Industries/defence>.
7. What is GIS?, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
8. Кохан, С. С. Розроблення структури бази знань системи геоінформаційного моніторингу для оцінювання якісного стану земель сільськогосподарського призначення / С. С. Кохан, А. А. Москаленко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 5/2 (77). – С. 32–37.
9. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>
10. Бутко М.П., Теорія прийняття рішень / книга, ЦУЛ – 2018, с. 360.
11. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
12. Геоінформаційні системи. Створення та впровадження аналітичних систем на базі цифрових карт / сайт Державно науково-виробничого підприємства “Картографія”, <http://ukrmap.com.ua/e-maps/geoinformatsijni-sistemi/>
13. Ищук А.А., Серединин Є.С., Карпенко С.А., Мельник А.В. Геоинформационные системы в Украине: основные тенденции и проблемы развития. Ученые записки ТНУ. Серия “География”. тТом. 23 (62), 2010. № 2. С. 13-21.

14. Федорієнко В. А.; Головченко О. В.; Васюхно С. І. Особливості сучасної концептуальної архітектури ГІС платформи військового призначення. 2017.
15. Серединін Є., Липський В., Філософ Р., Розробка та активне використання геоінформаційних систем, часопис РЕГІОНЕТ "Стратегія розвитку" №4, липень 2017, http://regionet.org.ua/ua/Rozrobka_ta_aktivne_vukorustannya_geoinformatsiynuh_sistem_GIS_2632633.html#page_title

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. В. Козелков,
Державний університет телекомунікацій, Київ
Received (Надійшла) 12.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2018

**Базовий набір типових геоінформаційних ресурсів
для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу**

В. А. Подліпаєв

Предметом изучения в статті являється необхідно достаточний функціонал роботи з геопросторовими даними. **Целью** являється визначення переліку та загального функціоналу геоінформаційних ресурсів для здійснення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу. **Задачи:** визначити базовий набір геоінформаційних ресурсів, який є мінімально необхідним для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу; визначити загальний функціонал типових геоінформаційних ресурсів базового набору, який необхідний для забезпечення геоінформаційної підтримки та ведення геопросторового аналізу. Використовуються **методи:** методи статистичного аналізу, методи оптимізації, методи моделювання, методи побудови складних систем. Отримані такі **результати.** Встановлено, що актуальним являється питання створення такого набору геоінформаційних ресурсів, який би на мінімально достаточному рівні задовольняв потреби в геоінформаційній підтримці та забезпечив максимальну ефективність побудованої геоінформаційної системи. Встановлено, що існують геоінформаційні ресурси, які востребовані в будь-якій сфері діяльності, а їх функціонал роботи з геопросторовими даними від них не залежить. Визначено наступний базовий набір типових геоінформаційних ресурсів: геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації та накоплення базового набору геопросторових даних; геоінформаційні ресурси, які призначені для збору, систематизації, накоплення та відображення геопросторових даних та іншої інформації об'єктах, розташованих на певній території (акваторії) геоінформаційні ресурси, які призначені для відображення оперативної інформації (новини, події, розвідувальні дані та ін.) на карті з прив'язкою до місцевості або об'єкта, до якого стосується ця інформація. Також, визначено загальний функціонал цих ресурсів. **Висновки.** Визначений базовий набір типових геоінформаційних ресурсів охоплює всі основні питання геоінформаційної підтримки та геопросторового аналізу. Такий підхід дає можливість, в умовах можливості, необхідності та достаточності отримання даних, мати оперативну осведомленість де?, що? і коли? відбувається і повну інформацію про потрібні території та об'єкти на них. Можливість цих базових типових геоінформаційних ресурсів використовувати інформацію з баз даних, які не входять до складу ГІС і супроводжуються окремо або в складі інших інформаційних систем, робить неможливим дублювання цієї інформації і значно спрощує структуру власних баз даних ГІС.

Ключевые слова: геоінформаційна підтримка, геоінформаційна система, геоінформаційні ресурси, геопросторовий аналіз, геопросторова інформація, просторові дані.

**Basic set of typical geoinformation resources for the implementation
of geoinformation support and processing of geoprostor analysis**

V. Podlipaiev

The **subject matter** of the article is the need for a sufficient functional of work with geospatial data. The **goal** is to determine the list and general functional of geographic information resources for geoinformational support and geospatial analysis. The **tasks** are: to define the basic set of geographic information resources which is the minimum necessary for providing geoinformational support and conducting geospatial analysis; determine the general functional type of geographic information resources of the base set, which is necessary for providing geoinformation support and conducting geospatial analysis. The **methods** used are: statistical analysis methods, optimization methods, methods of modulation, methods of constructing complex systems. Such **results** are obtained. It is established that the issue of creation of such a set of geographic information resources that would satisfy the needs of geoinformation support at the least sufficient level and ensure the maximum effectiveness of the built geographic information system is relevant. It is established that there are geoinformation resources that are in demand in some area of activity, and their function of work with geospatial data from it does not depend on it. Determine the following basic set of typical geographic information resources: geoinformation resources, which are intended to collect, systematize and accumulate the basic set of geospatial data; geoinformational resources, which are intended for the collection, systematization, accumulation and display of geospatial data and other information about objects located in a certain territory (waters); geoinformation resources that are intended to display operational information (news, events, intelligence, etc.) on a map of the reference to the locality or object to which this information relates. Also, the overall functionality of these resources is determined. **Conclusions.** The identified basic set of typical geoinformation resources covers all major issues of geoinformation support and geospatial analysis. This approach enables, in the event of the possibility, the need and the sufficiency of obtaining data, to have an operational awareness of where? And when? the most complete information about the necessary territories and objects on them has taken place and took place. The ability of these basic reference geographic information resources to use information from databases that are not part of GIS and are either individually or in combination with other information systems prevents duplication of this information and greatly simplifies the structure of its own GIS databases.

Keywords: geoinformation support, geoinformation system, geoinformation resources, geospatial analysis, geospatial information, geospatial data.

Контроль космічного та повітряного простору

УДК 621.384

doi: 10.26906/SUNZ.2019.2.018

Є. О. Гришманов¹, І. В. Захарченко², П. Г. Берднік², М. В. Кас'яненко²

¹ Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

² Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

ВИБІР МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ВЕКТОРНОЇ МОДЕЛІ ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ ДЛЯ НАВЧАННЯ ГЛИБОКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРОГНОЗУВАННЮ НЕСПРИЯТЛИВИХ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ В ПОЛЬОТІ

В роботі проводиться дослідження і вибір математичного апарату для побудови словника і векторної моделі текстових повідомлень для навчання глибокої гібридної нейронної мережі прогнозуванню несприятливих авіаційних подій в польоті. Для визначення вагових значень слів в текстових повідомленнях про несприятливі авіаційні події в польоті при формуванні словника аналізуються вагові моделі на основі мір TF-IDF, TF-RF і TF-ICF. У якості методів векторного представлення текстової інформації в роботі досліджуються: «мішок слів», латентно-семантичний аналіз (Latent semantic analysis (LSA)), моделі векторного уявлення Word2Vec, Global Vectors (GloVe) та Doc2Vec. В результаті аналізу вказаних моделей і методів в якості базового підходу до формування словника уніграмм (біграмм) пропонується використовувати міру TF-ICF, а в якості моделі векторного уявлення слів (словосполучень) пропонується використовувати модель CBOW.

Ключові слова: безпека польотів, прогнозування, векторна модель текстових повідомлень, глибока нейронна мережа, CBOW, TF-ICF.

Вступ

Постановка проблеми. На сучасному етапі одним з необхідних елементів забезпечення безпеки польотів є застосування автоматизованих систем прогнозування несприятливих авіаційних подій під час польоту. Слід зазначити, що при розробці алгоритмів та методів прогнозування авіаційних подій необхідно враховувати той факт, що дана прикладна область постійно зазнає змін, отже ускладнюється об'єкт дослідження, що в свою чергу вимагає застосування сучасних інформаційних технологій.

Перспективним підходом для вирішення задач прогнозування є використання глибоких гібридних нейронних мереж, які на відміну від інших методів дозволяють враховувати велику кількість факторів, поданих не тільки у кількісному, а й у якісному вигляді, дозволяють здійснювати моделювання при невеликих експериментальних вибірках та мають здатність до навчання [1–3].

Для навчання глибокої гібридної нейронної мережі прогнозуванню несприятливих авіаційних подій в польоті необхідно сформувати навчальну вибірку, а саме: побудувати таку модель текстових повідомлень, яка б описувала певний клас авіаційної події і могла розглядатися у вигляді структури даних для подачі на вхід глибокої гібридної нейронної мережі.

В якості такої структури даних прийнято розглядати векторні представлення текстових повідомлень та слів (словосполучень) [4].

Мета статті. Проведення дослідження та вибір ефективного математичного апарату для побудови векторної моделі текстових повідомлень для навчання глибокої нейронної мережі прогнозуванню несприятливих авіаційних подій в польоті.

Основний матеріал

При побудові моделі текстових повідомлень в роботі прийняті такі обмеження та припущення:

в якості текстових повідомлень в роботі розглядається як неструктурований, так і структурований набір даних у вигляді коротких речень (загальний розмір текстового повідомлення до 1000 слів) з великою кількістю навчальних прикладів;

перед безпосередньою побудовою векторної моделі текстових повідомлень створюються два словника: словник використання окремих слів (уніграмм) і словник використання комбінації (словосполучення) двох слів (біграмм);

формування навчальної вибірки для навчання глибокої гібридної нейронної мережі розглядається в рамках виконання задачі N-арної класифікації (за кількістю класів несприятливих авіаційних подій в польоті).

Модель навчальної вибірки M_{acc} представимо у вигляді векторного представлення слів (словосполучень), яка має наступний вигляд:

$$M_{acc} : \{K_s\} \rightarrow \{D_l\} \quad (1)$$

де D_l - формалізоване l -те текстове повідомлення про авіаційну подію у вигляді вектора (w_1, w_2, \dots, w_V) ; w_i - вага елементу текстового повідомлення, що розглядається (слово (уніграмма), словосполучення (біграмма)); V - множина унікальних елементів тестового повідомлення (уніграмм, біграмм).

Векторне представлення слів (словосполучень) дозволяє значно покращити якість методів автоматичної обробки текстових повідомлень з використанням нейронних мереж.

В якості текстових повідомлень в роботі розглядається як неструктурований, так і структурований набір даних у вигляді коротких речень (загальний розмір текстового повідомлення до 1000 слів) з великою кількістю навчальних прикладів. Перед побудовою векторної моделі текстових повідомлень про несприятливі авіаційні події в польоті створюються два словника: словник використання окремих слів (уніграмм) і словник використання комбінації (словосполучення) двох слів (біграмм).

При аналізі текстових повідомлень з використанням глибоких нейронних мереж є необхідність подання слів (словосполучень) текстового повідомлення в вигляді векторів. В даному випадку в якості однослівних уніграмм виділяються всі слова текстового повідомлення, у якості біграмм - унікальні комбінації двох слів для додаткового опису особливостей авіаційної події. За результатами попередньої обробки текстових повідомлень в подальшому не розглядаються прийменники, розділові знаки, власні імена. В даний час існують різні підходи до вилучення ключових оціночних слів (словосполучень) з текстів та визначення їх ваги в наборі текстових повідомлень [4].

В якості базового підходу до вилучення ключових оціночних слів (словосполучень) для формування словника текстових повідомлень про несприятливі авіаційні події в польоті пропонується використовувати N-грамові або вагові моделі векторного кодування [4]. Дані моделі дозволяють забезпечити автоматичне або напівавтоматичне вилучення слів (словосполучень) з текстів, зменшити вагу широко уживаних слів і збільшити вагу більш рідкісних слів, які можуть досить точно вказати на те, до якого класу належить текст, заснований на значущості цього слова для набору текстових повідомлень.

Використання N-грам в загальному випадку зводиться до побудови для кожного класу вектору одиничної норми, що відображає частоту виникнення різних N-грамм в текстових повідомленнях.

Побудова відповідного вектора на основі N-грамм включає виконання наступних етапів:

1. Для кожного класу формується множина, що складається з N-грам (слів або словосполучень), які найбільш часто зустрічаються в текстових повідомленнях про даний клас.

2. Формується множина, що складається з найбільш частих N-грам з об'єднанням всіх множин, отриманих на першому етапі.

3. Для кожного класу формується відповідний вектор – M-мірний вектор одиничної норми, що відображає частоту зустрічання N-грамм з множини, отриманої на другому етапі.

У загальному випадку результуючі вектори подаються на вхід класифікатора, наприклад SVM (Support Vector Machine) або XGBoos [5]. Однак дане векторне подання не підходить для нейромережових класифікаторів, до яких пред'являються вимоги по обмеженню розміру словника. В даному дослідженні моделі N-грамм розглядаються тільки в контексті побудови словника, а саме за результатами визначення вагових значень слів в текстових повід-

омленнях про несприятливі авіаційні події в польоті зі словника видаляються низькочастотні слова, тобто слова, що дуже рідко зустрічаються в текстових повідомленнях.

Даний підхід дозволяє зменшити обчислювальну складність як при побудові векторної моделі текстових повідомлень, так безпосередньо при використанні нейромережового класифікатора несприятливих авіаційних подій в польоті.

Розглянемо три основних вагових моделі на основі міри TF-IDF, TF-RF і TF-ICF [5]. Найбільш поширена модель на основі міри TF-IDF (Term Frequency - Inverse Document Frequency), яка визначається відповідно до наступного виразу [5]:

TF – частота зустрічі слова (словосполучення) в текстовому повідомленні по класах несприятливих авіаційних подій в польоті; T – загальна кількість текстових повідомлень по класах несприятливих авіаційних подій в польоті; $T(t_i)$ – кількість повідомлень, які містять слово(словосполучення), що розглядається. Основна ідея використання міри $TF-RF$ (Term Frequency - Relevance Frequency) полягає в тому, що вага слова (словосполучення) обчислюється на основі інформації про розподіл цього слова в текстових повідомленнях і при цьому враховується приналежність текстових повідомлень до двох заданих класів. Міра $TF-RF$ розраховується у відповідності до наступного виразу:

$$V_{TF-RF} : TF \times \log(2 + a/\max(1, c)), \quad (2)$$

де a – кількість текстових повідомлень 1-го класу подій, що містить зважуване слово; c – кількість текстових повідомлень 2-го класу подій, що містить зважуване слово.

Міра $TF-ICF$ (Term Frequency – Inverse Category Frequency) визначається згідно виразу[5]:

$$V_{TF-ICF} : TF \times \log(1 + |C|/cf(ti)) \quad (3)$$

де c – кількість класів в даній предметній області; cf – кількість класів, де зустрічається зважуване слово.

Основна ідея міри $TF-ICF$ полягає в тому, що вага слова обчислюється на основі інформації про розподіл цього слова в текстових повідомленнях і враховує приналежність текстових повідомлень до певних класів.

Міра $TF-IDF$ (Term Frequency Inverse Document Frequency) — статистична міра, що використовується для оцінювання важливості слова в контексті повідомлення, що є частиною колекції повідомлень. Основна ідея міри $TF-IDF$ полягає в тому, що вага деякого слова пропорційна частоті вживання цього слова у текстовому повідомленні та зворотно пропорційна частоті вживання даного слова у всіх повідомленнях класів.

$$V_{TF-IDF} : TF \times \log\left(1 + |C| / \left|\{c_i \in C | t \in c_i\}\right|\right), \quad (4)$$

де c – кількість класів в даній предметній області;

$\{c_i \in C | t \in c_i\}$ – кількість класів з колекції C , де зустрічається слово (словосполучення)t.

Надалі при формуванні словників для використання окремих слів (уніграмм) і комбінації двох слів (біграмм) в роботі пропонується використовувати модифіковану міру $TF-ICF$. Це пов'язано з тим, що моделі вилучення слів (словосполучень), засновані на мірі $TF-ICF$, при багатовимірній класифікації показують результати краще, ніж моделі, засновані на мірах $TF-IDF$ та $TF-RF$ [6].

У якості методів векторного представлення текстової інформації в роботі досліджуються «мішок слів» (Bag of words) [4], латентно-семантичний аналіз (Latent semantic analysis (LSA)) [4], моделі векторного уявлення Word2Vec [5], Global Vectors (GloVe) [5] і Doc2Vec [6].

«Мішок слів» - модель, в якій текстові повідомлення мають вигляд неупорядкованого набору слів без зв'язку між ними. Дана модель навчається на словнику, складеному зі слів будь-яких текстових повідомлень. Серед основних недоліків даної моделі можна виділити такі: дуже великий розмір векторів; уповільнення операції порівняння векторів через їх розмірність; можливість застосування різних методів зниження розмірності призводить до втрати якості.

Латентно-семантичний аналіз (LSA) представляє собою ефективний статистичний алгоритм, що складається з двох основних етапів: побудова термів документної матриці і виконання сингулярного розкладення. Основою методу латентно-семантичного аналізу є принципи факторного аналізу, зокрема виявлення латентних зв'язків об'єктів, що вивчаються.

Даний метод ґрунтується на декількох параметрах, таких як: локальні і глобальні частоти зустрічі слів, функції локального та глобального зважування і розмірність семантичного простору.

В рамках даного дослідження розглянемо технологію Word2Vec [7], що заснована на дистрибутивній семантиці та векторному представленні слів. Для Word2Vec відомі два алгоритми навчання: безперервний мішок слів (Continuous Bag of Words (CBOW)); Skip-gram.

Модель CBOW - модель мішка слів, що враховує чотири найближчих сусіда (два попередніх і два наступні слова), при цьому порядок проходження слів не враховується. Принципом роботи CBOW є передбачення слова при заданому контексті. У CBOW використовуються три шари. Вхідний шар відповідає контексту. Прихований шар - проєкції кожного слова з вхідного шару в вагову матрицю, яка проєктується в третій вихідний рівень. Останнім етапом моделі є порівняння її виведення з самим словом, щоб скорегувати його представлення, засноване на зворотному поширенні градієнта помилки. Узагальнена структурна схема моделі CBOW представлена на рис. 1, а. Метою виконання моделі CBOW є максимізація виразу:

$$\sum_{t=1}^V \log p(m_t | m_{t-c/2} \dots m_{t+c/2}) / V, \quad (5)$$

де V – розмір словника; m_t – t -й елемент словника; c – розмір вікна для кожного слова (словосполучення).

У моделі Skip-Gram вирішується зворотна задача – на підставі одного слова передбачається кон-

текст. Останній крок алгоритму – порівняння виведення з кожним словом в контексті з метою коригування уявлення, заснованого на зворотному поширенні градієнта помилки.

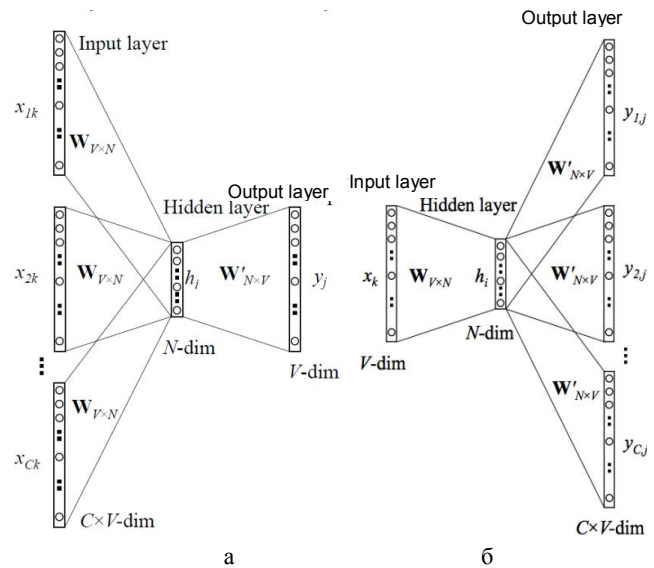


Рис. 1. Узагальнена структурна схема моделі: а – CBOW; б – Skip-gram

Архітектура типу Skip-gram має інший принцип: вона використовує поточне слово, для того щоб передбачати інші слова, що його оточують.

Основна ідея Skip-Gram полягає в максимізації класифікації слова, ґрунтуючись на іншому слові в цьому ж реченні. Даний метод виконує максимізацію наступного виразу:

$$\sum_{t=1}^V \sum_{j=t-c, j \neq t}^{t+c} \log p(m_j | m_t) / V, \quad (6)$$

Узагальнена структурна схема моделі Skip-gram наведена на рис. 1, б.

Порядок слів не впливає на результат в жодному з цих алгоритмів.

Результати досліджень, проведені в роботі [7], свідчать, що модель CBOW ефективна для невеликих наборів даних та краще обробляє слова (короткі речення, але велика кількість прикладів), що часто зустрічаються. При цьому модель CBOW характеризується високою швидкодією, що є особливо важливим при прогнозуванні авіаційних подій в реальному часі. Модель Skip-gram в свою чергу більш ефективна на великих наборах даних, за допомогою її добре описуються слова (довгі речення, але прикладів набагато менше), що рідко зустрічаються. В основі методу GloVe лежить спосіб підрахунку частоти появи слів в безлічі тестових повідомлень [8]. Реалізація методу виконується в два етапи: на першому етапі виконується побудова матриці суміжності з навчальної множини, на другому етапі – факторизація матриці суміжності для отримання векторів.

Модель Doc2Vec заснована на алгоритмі навчання без учителя. Вчиться отримувати розподілені вектори для частин текстів. У даній моделі векторні уявлення текстових повідомлень навчаються передбачати наступне слово з урахуванням контексту.

Вектори слів і текстових повідомлень навчаються з використанням методу стохастичного градієнтного спуску і методу зворотного поширення помилки. Вектори текстових повідомлень є унікальними, а вектори однакових слів у різних текстових повідомленнях збігаються.

Згідно з обмеженнями і припущеннями, наведеними вище, в якості базового підходу до формування словника уніграмм (біграмм) пропонується використовувати міру TF-ICF (з урахуванням рішення задачі багатовимірної класифікації), а в якості моделі векторного уявлення слів (словосполучень) пропонується використовувати модель CBOW (з урахуванням вимог до повноти й оперативності обробки текстових повідомлень про несприятливі авіаційних події в польоті).

Висновки

В роботі проведено аналіз методів, за допомогою яких можливе вирішення задачі побудови словника і векторної моделі текстових повідомлень для навчання глибокої гібридної нейронної мережі прогнозуванню несприятливих авіаційних подій в польоті. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що для побудови словника уніграмм (біграмм) в якості базового математичного апарату доцільним є використання міри TF-ICF (з урахуванням вирішення задачі багатовимірної класифікації), а в якості моделі векторного представлення слів (словосполучень) доцільним є використання моделі CBOW (з урахуванням вимог до повноти та оперативності обробки текстових повідомлень про несприятливі авіаційні події в польоті).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Григорків В.С. Нейронні мережі та їхнє використання для прогнозування тенденцій ринку нерухомості // В.С. Григорків, О.І. Ярошенко, Н.В. Філіпчук / Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.5. – С. 328-33.
2. Y. Kim. Convolutional neural networks for sentence classification. arXiv:1408.5882 [cs.CL], 2014.
3. C. Olah. Neural networks, recurrent neural networks, convolutional neural networks. Ел. ресурс/ <http://colah.github.io.htm/>
4. Крейнс М. Г. Модели текстов и текстовых коллекций для поиска и анализа информации // М. Г. Крейнс / Матем. модел. еколого-економіч. систем: економіка ТРУДЫ МФТИ. – 2017. – Том 9(3). – С. 132-142.
5. Reed J.W., Jiao Y., Potok T.E., Klump B.A., Elmore M.T., Hurson A.R. TF-ICF: A New Term Weighting Scheme for Clustering Dynamic Data Streams // In: Proc.Machine Learning and Applications (ICMLA '06). 2006. pp. 258–263.
6. П.Флах Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ А.А.Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015.– 400 с.
7. Mikolov T. Distributed representations of words and phrases and their compositionality / T.Mikolov, I.Sutskever, K.Chen, G.S. Corrado, J. Dean // Advances in neural information processing systems. 2013. P. 3111–3119.
8. Борисов Е.С. Автоматизированная обработка текстов на естественном языке, с использованием инструментов языка Python /Електронний ресурс/ <http://mechanoidev.kiev.ua/ml-text-proc.htm>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. І. Тимочко

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Received (Надійшла) 15.01.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2018

Выбор математического аппарата для построения векторной модели текстовых сообщений для обучения глубокой нейронной сети прогнозированию неблагоприятных авиационных событий в полете

Е. А. Гришманов, И. В. Захарченко, П. Г. Бердник, М. В. Касьяненко

В работе проводится исследование и выбор математического аппарата для построения словаря и векторной модели текстовых сообщений для обучения глубокой гибридной нейронной сети прогнозированию неблагоприятных авиационных событий в полете. Для определения весовых значений слов в текстовых сообщениях о неблагоприятных авиационных происшествиях в полете при формировании словаря анализируются весовые модели на основе мер TF-IDF, TF-RF и TF-ICF. В качестве методов векторного представления текстовой информации в работе исследуются: «мешок слов», латентно-семантический анализ (Latent semantic analysis (LSA)), модели векторного представления Word2Vec, Global Vectors (GloVe) и Doc2Vec. В результате анализа указанных моделей и методов в качестве базового подхода к формированию словаря уніграмм (біграммы) предлагается использовать меру TF-ICF, а в качестве модели векторного представления слов (словосочетаний) предлагается использовать модель CBOW.

Ключевые слова: безопасность полетов, прогнозирование, векторная модель текстовых сообщений, гибридная нейронная сеть, Word2Vec, CBOW, TF-ICF.

Choice of a mathematical instrument for constructing a vector text message model for training a deep neural network to predict unfavorable aircraft accidents in the flight

E. Grishmanov, I. Zakharchenko, P. Berdnik, M. Kasyanenko

The paper studies and selects a mathematical instrument for constructing a dictionary and a vector model of text messages for teaching a deep hybrid neural network to predict unfavorable aircraft accidents in the flight. To determine the weight values of words in text messages about unfavorable aircraft accidents in the flight during the formation of the dictionary, weighting models based on the measures TF-IDF, TF-RF and TF-ICF are analyzed. As methods of vector representation of text information, the paper analyzes: “bag of words”, latent-semantic analysis and models of vector representation, such as Word2Vec, Global Vectors (GloVe) and Doc2Vec. As a result of the analysis of these models and methods, it is proposed to use the TF-ICF measure as the basic approach to the formation of the unigram vocabulary (bigrams), and use the CBOW model as a model for the vector representation of words (word combinations).

Keywords: flight safety, prediction, text messaging vector model, hybrid neural network, Word2Vec, CBOW, TF-ICF.

М. А. Павленко¹, С. Г. Шило¹, І. О. Борозенець¹, О. М. Дмитрієв²

¹ Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

² Льотна академія національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК СИТУАЦІЙ ОБСТАНОВКИ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

У роботі розглядається підхід до формування множини інформаційних ознак ситуацій обстановки з метою синтезу інформаційної моделі на засобах відображення інформації індивідуального та колективного користування, що входять до складу інформаційно-управляючого комплексу автоматизованих систем управління повітряним рухом. Для складних умов діяльності операторів автоматизованих систем управління повітряним рухом характерним є невизначеність суперечливості та недостатність вихідних даних для підготовки ухвалення рішень. Наявний час та обмеження щодо обсягу наявних інформаційних ресурсів в таких умовах можуть виявитися недостатніми для формування об'єктивної концептуальної моделі ситуації обстановки, що складається. В існуючій системі інформаційного забезпечення діяльності операторів використовуються обмежені за змістом та за формою подання інформаційні ознаки, що призводить до синтезу інформаційних моделей ситуацій обстановки, які не можуть в повній мірі забезпечити необхідну якість підготовки рішень. Для усунення існуючих недоліків пропонуються напрями вдосконалення відомих методів формування інформаційних ознак, шляхом класифікації та розподілу ознак за ступенем їх важливості відповідно до ситуації, що складається, а також відносно до конкретного часткового завдання, що вирішується оператором. Запропоновано правила формалізації щодо встановлення ступеню значимості наявних інформаційних ознак. Наведено зміст та послідовність процедур відбору інформаційних ознак з різних груп для синтезу інформаційних моделей, які найбільш повно задовольняють специфіку діяльності операторів. Наведений наскрізний приклад, щодо побудови оптимального кортежу різнотипних ознак для визначення напрямку розвитку потенційно-конфліктної ситуації підтверджує роботоспороможність запропонованого методу. В підсумку отриманий метод дозволяє підвищити рівень автоматизації процесів формування вихідних даних для підготовки прийняття управлінських рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом.

Ключові слова: інформаційні ознаки, ситуація обстановки, інформаційна модель, формалізація, діяльність операторів.

Вступ

Постановка задачі. В умовах складної повітряної, метеорологічної та інших видів обстановки, що динамічно змінюються на операторів автоматизованих систем управління повітряним рухом (АС УПР) покладається низка функціональних завдань, які мають бути своєчасно та якісно вирішені.

Разом із цим посадові особи АС УПР постійно відволікаються для виклику необхідної уточнюючої та додаткової інформації й вирішення інших допоміжних завдань, що необхідно для адекватного сприйняття й оцінки інформації, що міститься у відображуваному фрагменті інформаційної моделі (ІМ) ситуації обстановки (СО), що складається в зоні відповідальності.

Аналіз стану інформаційного забезпечення процесів оцінки ситуацій обстановки в АС УПР свідчить, що для формування ІМ ситуацій обстановки використовуються обмежені за змістом та за формою подання інформаційні ознаки (ІО).

Тому інформаційна модель СО, яка надається оператору не повною мірою відображає специфіку його діяльності та недостатньо враховує як особливості ситуацій обстановки, що складаються, так і специфіку вирішуваних часткових завдань особами, що приймають рішення (ОПрР) в АС УПР. В підсумку перераховані чинники призводять до зниження ефективності функціонування АС УПР в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування інформаційних моделей СО, їх фрагментів і ІМ системи в цілому відносяться до найбільш важ-

ливих проблем ергономічного проектування АС УПР. При цьому ІМ є основним джерелом даних для вирішення завдань, що стоять перед операторами АС УПР [1, 2].

У ряді робіт [3 – 7, 9, 11] розглядаються питання вдосконалення інформаційного забезпечення вирішення завдань управління складними комплексами і системами. Авторами обґрунтовано методи, проектування окремих елементів системи ІМ розглянутого класу та вироблено рекомендації, спрямовані на поліпшення їх ергономічних властивостей.

Однак не розглянуто ряд основоположних моментів, характерних для вирішення завдань, що стоять саме перед операторами АС УПР. Розглянуті роботи, орієнтовані в основному на проектування таких ІМ, для яких характерна зміна стану цілком певних технічних засобів. При формуванні інформаційних моделей не враховуються можливі зміни ситуацій обстановки. Склад, кількість інформаційних елементів ІМ і їх розміщення можуть змінюватись в широкому діапазоні. В даному випадку мова йде про такі ІМ, для яких властива не тільки зміна в широкому діапазоні можливих станів контрольованих об'єктів, а й загального обсягу відображення.

Проведений аналіз робіт дозволяє визначити склад і послідовність операцій, які слід виконати при формуванні множини ознак для синтезу ІМ ситуацій обстановки в АС УПР.

Мета і завдання даного дослідження. Розроблені раніше методи і методики формування інформаційних ознак для ІМ СО володіють недостатньою

змістовністю та не в повній мірі адаптовані до специфіки вирішення завдань, що стоять перед операторами АС УПР. Тому актуальним і таким, що вимагає свого вирішення є завдання розробки методу формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій обстановки для формування ІМ, які враховують специфіку діяльності ОПР та особливості вирішення часткових завдань оцінки СО, що в сукупності має забезпечити умови для оперативної та достовірної оцінки операторами АС УПР кожної з можливих ситуацій обстановки.

Основна частина

Побудова ІМ починається з відбору об'єктів, подій, процесів, інформація про які повинна складати її зміст. Цей зміст має відображати специфіку завдань, що вирішуються ОПР. Тому слід провести аналіз можливих станів СО, виділити інформаційні ознаки, що їх характеризують і сформувані ІО, що підлягають відображенню. Обстановка в зоні відповідальності органу управління АС УПР характеризується множиною станів, кожному з яких притаманні цілком певні властивості. Інформація про властивості задається в вигляді відповідних інформаційних ознак ω_j ($j = (1, n)$). При цьому сукупність інформаційних ознак утворюють масиви, тобто:

$$\bigcup_j \omega_j = \Omega. \quad (1)$$

Методи рішення завдання розпізнавання ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу управління АС УПР, не входять до меж даного дослідження. Детально порядок вирішення таких завдань в АС УПР наведено наприклад в [8, 10 – 16]. Отримані результати використовуються для вирішення завдання формування інформаційних ознак ситуацій обстановки.

Кожній ситуації C_i відповідає цілком визначена множина інформаційних ознак Ω_i , які отримуються в результаті обробки вихідної інформації про обстановку, що складається. Множина Ω_i може бути визначено таким чином:

$$\bigcup_i C_i = CO, \quad \bigcup_{\omega_j \in C_i} \omega_j = \Omega_i, \quad \Omega_i \in \Omega. \quad (2)$$

Всі ІО можна розділити на прямі і непрямі. Серед даних ІО можна виділити цілепокладаючі інформаційні ознаки (ω_j^{III}), тобто ті, які характеризують найбільш суттєві властивості ситуації за якими судять про її належності до певного класу і групи. Для кожної ситуації C_i можна виділити множину Ω_i^{III} інформаційних ознак ω_j^{III} (табл. 1):

$$\bigcup_{\omega_j^{III} \in C_i} \omega_j^{III} = \Omega_i^{III}, \quad \Omega_i^{III} \in \Omega_i.$$

Для кожної з ситуацій C_i в масиві вихідних інформаційних ознак Ω є в наявності ситуаційно необхідні Ω_i^{CH} додаткові ІО, які характеризують C_i в деталях і відображають ті чи інші їх особливості. Для C_i можна виділити множину Ω_i^{CH} ІО ω_j^{CH} :

$$\bigcup_{\omega_j^{CH} \in C_i} \omega_j^{CH} = \Omega_i^{CH}, \quad \Omega_i^{CH} \in \Omega_i. \quad (4)$$

Так, у табл. 2 наведено основні з ω_j^{CH} для деяких C_i з табл. 1. Для ефективного вирішення конкретних часткових завдань оцінки СО не завжди достатньо інформації, що є в наявності у вихідному масиві Ω_i^{CH} . Тому при ергономічному проектуванні ІМ та їх фрагментів, окрім визначення масиву інформаційних ознак Ω_i^{CH} , слід також визначити множину інформаційних ознак яких не вистачає. Ці ознаки формуються на основі обробки вихідної інформації. Такі інформаційні ознаки матимуть назву відбіркової та позначатимуться як ω_j^B . Після цього з'являється можливість сформувати масив Ω_i^B :

$$\bigcup_{\omega_j^B \in C_i} \omega_j^B = \Omega_i^B, \quad \Omega_j^B \notin \Omega_i. \quad (5)$$

В табл. 3 – приклад таких інформаційних ознак.

Таблиця 1 – Цілепокладаючі інформаційні ознаки

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1 Порушення правил використання повітряного простору	ПС знаходиться за межами встановленого коридору
2 ПС – порушник	ПС перетинає державний кордон без відповідного дозволу
3 ПС входить до забороненої зони (ЗЗ)	ПС рухається за курсом, що призводить до перетину меж ЗЗ

Таблиця 2 – Ситуаційно необхідні інформаційні ознаки типових СО

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1 Порушення правил використання повітряного простору	Наявність ПС в заявці. Наявність ПС в розкладі. ПС порушує ешелонування – збільшує висоту. ПС порушує ешелонування – зменшує висоту. ПС здійснює бокове відхилення щодо коридору руху. ПС здійснює повздовжнє відхилення щодо коридору руху
2 ПС – порушник	Початок траєкторії над територією країни. ПС не заплановано змінює напрям руху в бік ДК
3 ПС входить до забороненої зони	ПС змінює напрям руху в бік ЗЗ. ПС не має повноважень для входження до меж ЗЗ

Таблиця 3 – Відбіркові ІО, які отримано шляхом додаткової обробки

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1 Порушення правил використання повітряного простору	Планова та радіолокаційна інформація про координати та параметри руху ПС
2 ПС – порушник	Напрямок руху відносно ДК. Прогнозуємий час та точка перетину ДК
3 ПС входить до забороненої зони (ЗЗ)	Рорахунковий час підльоту до ЗЗ. Час та параметри ПС щодо входження в ЗЗ

При формуванні ІМ необхідно відображати державні кордони, зони відповідальності органів управління повітряним рухом, рубежі переходів, передачі управління, важливі об'єкти інфраструктури, межі заборонених зон, тощо. ІО, які використовуються для цього, мають назву регулярні, та позначаються через ω_j^P . Такі інформаційні ознаки входять до масиву Ω_i^P . При формуванні такого масиву слід враховувати такі вихідні міркування.

Інформаційні ознаки ω_j^P являються опорними при вирішенні багатьох задач оцінки обстановки. Наприклад, вони допомагають оцінити ступінь небезпеки ситуації, що складається, напрям розвитку потенційного конфлікту між ПС, тощо. Крім того вони дозволяють полегшити орієнтування при пошуку критичних інформаційних елементів. Тому при виборі ω_j^P обов'язково слід враховувати їх функціональне призначення для кожної ІМ.

При проектуванні ІМ слід враховувати і те, що, будучи функціонально необхідними для одних ІМ і завдань, ω_j^P можуть бути іррелевантними в інших ІМ. Тому вибір ω_j^P повинен бути заснований на обліку їх функціонального призначення для кожної ІМ або її фрагмента. З урахуванням Ω_i^B і Ω_i^P вихідний масив інформаційних ознак Ω_i , які характеризують ситуацію C_i і призначених для формування її інформаційної моделі, перетворюється так:

$$\Omega_i \cup \Omega_i^P = \Omega_i^B \text{ за умови, що } \Omega_i^{ЦП} \cup \Omega_i^{СН} = \Omega_i. \quad (6)$$

Таким чином, для формування інформаційної моделі виділено наступні групи інформаційних ознак ситуацій обстановки:

- цілепокладаючі – характеризують ступінь небезпеки ситуації в цілому і приналежність її до певного класу;
- ситуаційно необхідні – характеризують деталі ситуації обстановки, необхідні ОПР для вирішення часткових завдань оцінки обстановки;
- регулярні – характеризують статичні дані, що допомагають при вирішенні конкретних завдань оцінки обстановки;
- відбіркові – характеризують інформаційні ознаки, які вимагають довізначення або додаткового пошуку.

Запропонована класифікація інформаційних ознак та їх можливе співвідношення в моделі ситуації обстановки може бути проілюстровано рис. 1.

Розглянемо зміст основних операцій, виконуваних при формуванні масиву ознак ситуацій обстановки, які слід використовувати при проектуванні інформаційних моделей і їх фрагментів, на основі рішення задачі відбору цілепокладаючих ІО. Цілепокладаючі ІО характеризують найбільш суттєві властивості ситуації, за якими судять про приналежність ситуації до певного класу. Таким чином, формування $\Omega_i^{ЦП}$ здійснюється з множини Ω .

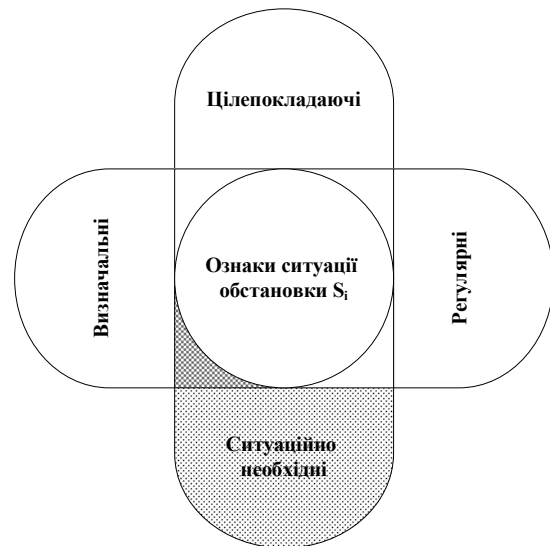


Рис. 1. Класифікація інформаційних ознак

Тоді завдання, що підлягає розгляду може бути сформульоване наступним чином. Для формування цілепокладаючих ІО $\Omega_i^{ЦП} \in \Omega^{ЦП} \in \Omega$ слід вибрати такі, які є необхідними і достатніми для ефективного вирішення завдання оцінки ситуації. Формально в спрощеному варіанті це завдання є таким:

$$\Omega_i^{ЦП} = \min \bigcup_{j \in C_i} \omega_j^{ЦП}, \omega_j^{ЦП} \in \Omega^{ЦП}, \quad (7)$$

де $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ $\omega_j^{ЦП}$ – j-та цілепокладаюча ознака; C_i – ситуація обстановки, що склалася.

В цьому випадку принцип оптимізації зводиться до мінімізації кількості ознак, що характеризують завдання C_i та забезпечують його оперативну оцінку ОПР.

Зазвичай подібні завдання вирішуються на основі експертних оцінок. Таким чином, формування $\Omega_i^{ЦП}$ доцільно виконувати за результатами рішення задачі розпізнавання СО, включаючи ІО, що описують C_i .

$$\Omega^{ЦП} = \bigcup_j \omega_{ij}^O, \omega_{ij}^O \in \Omega_i^{ЦП}, \quad (8)$$

де $\Omega^{ЦП}$ – множина цілепокладаючих ознак, що характеризують C_i .

Для формування $\Omega_i^{ЦП}$ необхідно оцінити функціональну значимість $\phi(\omega_{ij}^{ЦП})$ кожної $\omega_{ij}^{ЦП} \in \Omega_i^{ЦП}$ для опису СО. Тоді до множини $\Omega_i^{ЦП}$ увійдуть ті ІО, котрі однозначно характеризують СО, що склалася:

$$\Omega_i^{ЦП} = \bigcup_{\phi(\omega_i^{ЦП})=1} \omega_i^{ЦП}. \quad (9)$$

Схема формування $\Omega_i^{ЦП}$ наведена на рис. 2.

Застосовуючи подібний підхід, уточнюється процедура формування ситуаційно необхідних, регулярних та відбіркових ознак для СО, що склада-

ється. Для формування ІМ оцінки СО необхідно також враховувати перелік завдань, що вирішуються ОПРР в кожній СО, що складається в зоні відповідальності органу управління АС УПР.

Множину Z всіх завдань оцінки СО z_m може бути подано таким чином:

$$\bigcup_m z_m = Z. \quad (10)$$

Тоді множину завдань оцінки обстановки в різних ситуаціях k_n , можна представити таким чином:

$$\bigcup_{z_m \in k_n} z_m = Z_n, \quad Z_n \in Z. \quad (11)$$

Проведений аналіз завдань оцінки обстановки дозволяє визначити множину Ψ необхідних ІО $\Psi_g^{z_m}$ для вирішення завдань z_m :

$$\bigcup_{\psi_g \in z_m} \psi_g = \Psi_g^{z_m}, \quad \Psi_g^{z_m} \in \Psi. \quad (12)$$

Також слід обов'язково врахувати можливість виникнення такої ситуації, що $\Psi_g^{z_m}$ буде включати ІО з множин $\Omega_n^{ЦП}, \Omega_n^{CH}, \Omega_n^B$

$$\Omega_n^{ЦП} \cup \Omega_n^{CH} \cup \Omega_n^B \rightarrow \Psi_g^{z_m}. \quad (13)$$

Це визначає необхідність пошуку (отримання) додаткової інформації при проектуванні ІМ.

Таким чином, можливо формальне завдання процедур відбору необхідних ІО для формування ІМ, що забезпечують інформаційну підтримку процесу вирішення завдань оцінки СО ОПРР. Послідовність етапів та процедур методу формування інформаційних ознак може бути подано згідно рис. 3.

Однак дана послідовність процедур передбачає не тільки відбір, але і управління ІО з урахуванням формалізації процесів їх відбору, при створенні ІМ.

Розробка даної процедури можлива лише з урахуванням вирішуваних завдань і знань про процес їх вирішення. За результатами процедур розпізнавання обстановки визначена ситуація, що склалася і множина завдань оцінки обстановки при конкретній СО k_n :

$$\mu_1 : k_n \rightarrow Z_n. \quad (14)$$

Таблиця 5 - Перелік ІО для забезпечення вирішення завдань оцінки обстановки для умов виникнення СО "потенційно конфліктна ситуація"

Завдання Z_n	Інформаційні ознаки
Виявлення невідповідності параметрів руху ПС відносно до заявки; виявлення відхилення ПС відносно до встановленого плану польотів; виявлення відхилення від встановленого ешелону; виявлення відхилення від встановленого коридору; ...; визначення часу можливого перетину траєкторії руху у просторовій площині ...	Горизонтальний політ повітряного судна; політ за траєкторіями змінного профілю (набір висоти або зниження); відхилення ПС від маршруту польоту (або встановленої схеми); зближення повітряних суден; перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього та / або бокового ешелонування; польоти в особливих умовах; виникнення особливих випадків в польоті; політ на запасний аеродром; повітряне судно знаходиться в ешелоні переходу; відсутність ознак лиха на борту повітряного судна і таке інше.



Рис. 2. - Схема формування $\Omega_i^{ЦП}$

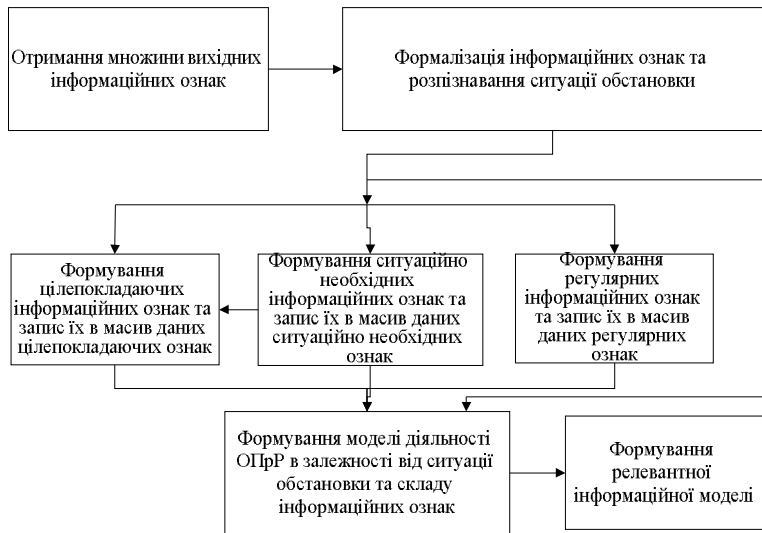


Рис. 3. Метод формування інформаційних ознак ІМ СО

Множина ІО, що забезпечує вирішення даних завдань може бути визначена таким чином:

$$f_1 : U \rightarrow \Psi_g^{Z_n}, \quad u_i \in Z_n. \quad (15)$$

Нехай визначено СО k_n - "потенційно конфліктна ситуація". На основі настановчих та керівних документів, визначено перелік завдань оцінки обстановки. Ці завдання можуть бути вирішені з використанням представленого в табл. 5 переліку інформаційних ознак. Слід відібрати цілепокладаючі $u_j^{ЦП}$, ситуаційно необхідні u_j^{CH} та відбіркові u_j^B ІО, які необхідні для вирішення завдань Z_n :

$$f_2 : u_j^{ЦП} \rightarrow \Omega_{Z_n}^{ЦП}; \quad u_j^{ЦП} \in \Psi_g^{Z_n}. \quad (16)$$

$$f_3 : u_j^{CH} \rightarrow \Omega_{Z_n}^{CH}; \quad u_j^{CH} \in \Psi_g^{Z_n}. \quad (17)$$

$$f_4 : u_j^B \xrightarrow{u_j^B \in \Psi_{Z_n}} \Omega_{Z_n}^B \quad (18)$$

Наступним кроком слід виділити множини загальних ІО, що забезпечують представлення картографічної інформації, державних кордонів, зон відповідальності органів управління АС УПР, тощо. Це будуть статичні інформаційні ознаки з великим часом старіння інформації, що забезпечують простору оцінку обстановки, відносно до яких відображаються інші ІО. З урахуванням необхідності відбору статистичних ознак ω^P для вирішення завдань Z_n правило буде мати наступний вигляд:

$$f_5 : \omega^P \xrightarrow{\omega^P \in C} \Omega_{Z_n}^P \quad (19)$$

Таким чином, ІМ, які забезпечують інформаційну підтримку вирішення завдань Z_n в умовах k_n , можна представити за допомогою множини IM_n :

$$\Omega_{Z_n}^{ПП} \cup \Omega_{Z_n}^{CH} \cup \Omega_{Z_n}^B \cup \Omega_{Z_n}^P = IM_n \quad (20)$$

Сукупність ІО IM_n можна представити як в табл. 6.

Розглянемо склад і зміст основних операцій, що виконуються при формуванні масиву ІО IM_n .

Таблиця 6 – Розподіл ІО в ІМп

Завдання Z_n	$\Omega_{Z_n}^{ПП}$	$\Omega_{Z_n}^{CH}$	$\Omega_{Z_n}^B$	$\Omega_{Z_n}^P$
Виявлення невідповідності параметрів руху ПС відносно до заявки; виявлення відхилення ПС відносно до встановленого плану польотів; виявлення відхилення від встановленого ешелону; виявлення відхилення від встановленого коридору; визначення часу можливого перетину траєкторії руху у просторовій площині...	ПС знаходиться за межами встановленого коридору; політ за траєкторіями змінного профілю; відхилення ПС від маршруту польоту; зближення повітряних суден	Перетин зайнятого попутного/зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і/або бокового ешелонування; повітряне судно знаходиться в ешелоні переходу	Виникнення особливих випадків в польоті; політ на запасний аеродром; відсутність ознак лиха на борту повітряного судна	Картографічний фон; межі зон відповідальності; межі рубежів передачі управління; об'єкти інфраструктури

Висновки

Розроблений апарат формалізації процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі ситуації обстановки на ЗВІ АС УПР, на відміну від відомих, передбачає: використання комбінованої структури розподіленої інформаційної моделі ситуації обстановки, яка відображається на робочому місці операторів АС УПР; введенням класифікації

Вони характеризують СО і необхідні для вирішення часткових завдань оцінки СО. Їх використання необхідно при проектуванні ІМ і їх фрагментів.

Важливість ІО та відповідних їм ІЕ $\phi(\omega_{ij})$ характеризує семантичний зміст інформації в даному елементі, його внесок в опис властивостей сформованої обстановки. Облік частоти використання ІО людиною-оператором $\phi(\omega_{ij})$ також сприяє більш ефективному відбору даних для ЗВІ. В першу чергу вибираються для відображення ІО, що часто використовуються. Остаточне рішення про склад множини IM_n визначається операторами, які вирішують специфічні завдання управління.

Представлений апарат формалізації процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі ситуації обстановки на ЗВІ АС УПР дозволяє враховувати особливості можливих ситуацій обстановки і враховує аспекти функціональної діяльності операторів АС УПР. По суті запропонований апарат формалізації дозволяє визначити послідовність і зміст вирішення часткових задач формування ІМ в інтересах забезпечення ефективного вирішення завдань операторами АС УПР.

інформаційних ознак ситуацій, як основи для формалізації знань опису кожної типової ситуації.

Запропоновано підхід до вибору інформаційних ознак для відображення на засобах колективного користування, з урахуванням визначення черговості вибору інформаційних ознак на відображення, а також спосіб вибору ІО для відображення на робочому місці операторів АС УПР з урахуванням специфіки вирішуваних завдань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разраб. и опыт эксплуатации / [В. Е. Шукшунов, В. В. Циблиев, С. И. Потоцкий и др.]; под ред. В. Е. Шукшунова. – М. : Машиностроение, 2005. – 383 с.
2. Szalma J. L. On the application of motivation theory to human factors/ergonomics: Motivational design principles for human-technology interaction // Human Factors. – 2014. – Т. 56. – №. 8. – С. 1453-1471.
3. Isaac A. R., Ruitenberg B. Air traffic control: human performance factors. – Routledge, 2017. – 365 p.
4. Insaurralde C. C., Blasch E. Ontological knowledge representation for avionics decision-making support // 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC). – IEEE, 2016. – С. 1-8.
5. Инженерная психология и синтез систем отображения информации [Текст] / В. Ф. Венда. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1982. – 400 с.
6. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15, № 1. – P. 116–132.
7. Борозенец И.А. Метод формирования информационной модели воздушной обстановки // Вісник МСУ. „Технічні науки”. – Харків, 2002. – Том 5. - №7. - С. 9 – 12.
8. Павленко М.А. Підходи до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, П.Г. Берднік, М.М. Калмиков М.М., В.О. Капранов // Системи обробки інформації. – Вип. 1(68). – Харків: ХУ ПС, 2008. – С. 60–64.

9. Pavlenko M. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М. Pavlenko, S. Shilo, I. Borosenets, O. Dmitriev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 6 (52). – С. 25-29. – DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.6.025>
10. Перспективи розвитку інтерфейсов взаємодії в автоматизованих системах управління судном. Збірник наукових праць Приватного вищого навчального закладу «Університет новітніх технологій»./ М.А. Павленко, В.Н., Іваненко, А.А. Дмитрієв, Д.Ю. Батуєв – К.: ПВНЗ «Університет новітніх технологій», 2018. – Випуск 2(6). – С. 88-93. – DOI: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06>
11. Полонський Ю. І. Формалізований опис процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю. І. Полонський, І. О. Борозенець, С. Г. Шило, М. І. Литвиненко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 2. – С. 115-117.
12. Кучук Г. А. Модель процесу еволюції топологічної структури комп'ютерної мережі системи управління об'єктом критичного застосування / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковський // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
13. Математические основы эргономических исследований : монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, Н. Г. Кучук, Д. Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.
14. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113.
15. Mattsson S. Towards increasing operator wellbeing and performance in complex assembly. – Department of Industrial and Materials Science, Chalmers University of Technology, 2018. – 64 p.
16. Полонський Ю.І. Підхід к автоматизації процесів формування и управління отображенням інформаційних моделей повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, М.А. Павленко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, ПНТУ, 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. І. Тимочко

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Received (Надійшла) 12.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2018

Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій обстановки в автоматизованій системі управління повітряним рухом

М. А. Павленко, І. А. Борозенець, С. Г. Шило, О. Н. Дмитрієв

В роботі розглядається підхід к формуванню множини інформаційних ознак ситуацій обстановки з метою синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом. Доступне час і обмеження по об'єму наявних інформаційних ресурсів в складних умовах обстановки можуть стати недостаточними для формування об'єктивної концептуальної моделі ситуації складової обстановки. Використання обмежених по змісту і по формі представлення інформаційних ознак призводить к синтезу таких інформаційних моделей ситуацій обстановки, які не можуть в повній мірі забезпечити необхідну якість підготовки рішень. Пропонуються напрямки удосконалення відомих методів формування інформаційних ознак, шляхом класифікації і розподілу ознак по ступеню їх важливості в залежності від складової ситуації, а також враховуючі конкретну частину задачі, яку вирішує оператор. Пропонуються правила формалізації по встановленню ступеню значимості наявних інформаційних ознак. Приведено зміст і послідовність процедур відбору інформаційних ознак з різних груп для синтезу інформаційних моделей, які найбільш повно задовольняють специфіку діяльності операторів. Приведено загальний приклад по побудові оптимального набору різних ознак для визначення напрямку розвитку потенційно конфліктної ситуації, який підтверджує придатність запропонованого методу. В результаті отриманий метод дозволяє підвищити рівень автоматизації процесів формування початкових даних для підготовки прийняття управлінських рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом.

Ключевые слова: інформаційні ознаки, ситуація обстановки, інформаційна модель, формалізація, діяльність операторів.

Method of formalizing the process of forming information features of situation situations in automated air traffic control system

M. A. Pavlenko, I. O. Borosenets, S. G. Shilo, O. M. Dmitriev

The paper considers the approach to the formation of a variety of information signs of the situation with the aim of synthesizing information models in automated air traffic control systems. The available time and the restriction on the amount of available information resources in difficult situations may not be sufficient to form an objective conceptual model of the situation of the situation. The use of content-limited presentation of informational signs leads to the synthesis of such information models of situations of the situation that cannot fully ensure the necessary quality of preparation of solutions. The directions of improving the well-known methods of formation of informational signs are proposed, by classifying and distributing signs by the degree of their importance in accordance with the current situation, as well as taking into account the specific particular task that is solved by the operator. The formalization rules for determining the degree of significance of existing informational signs are proposed. The content and sequence of procedures for the selection of information signs from different groups for the synthesis of information models that most fully satisfy the specifics of the activities of operators are given. A cross-cutting example is given of constructing an optimal tuple of various types of signs to determine the direction of development of a potential conflict situation, which confirms the robustness of the proposed method. As a result, the obtained method allows to increase the level of automation of the processes of forming initial data for the preparation of management decision-making in automated air traffic control systems.

Keywords: information signs, environment situation, information model, formalization, the activities of operators.

М. К. Бороздін, Є. Д. Калашник

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ УНІВЕРСАЛЬНОЇ РЕВЕРСИВНОЇ КЛІТИ ПРОКАТНОГО СТАНУ

Поставлена задача вирішується тим, що в способі регулювання швидкостей головних електроприводів реверсивної універсальної кліти прокатного стану, який включає вимірювання розхилу горизонтальних і вертикальних валків, діаметрів вертикальних і горизонтальних валків, окружної швидкості ведучих горизонтальних валків, розрахунок по проходах при прокатці заготовки обтискань, кутів затягування, розширення, витяжки в горизонтальних і вертикальних валках, завдання окружних швидкостей ведучих горизонтальних валків і залежно від значень розрахованих параметрів прокатки зміну завдання на окружну швидкість відомих валків. Пропонується спосіб, який дозволить запобігти аварійним режимів, збільшить термін служби електричного і механічного устаткування, наблизить процес до умов вільної прокатки, а отже знизить навантаження на електроустаткування і тим самим забезпечить економію електроенергії. **Висновок.** Запропонований спосіб може бути реалізований на слябінгу 1150 на металургійних комбінатах. При цьому у складі схеми залишаються без зміни горизонтальні валки, вертикальні валки, електропривод горизонтальних валків, електропривод вертикальних валків та існуюча система управління головним електроприводом універсальної кліти. Але в канал завдання частоти обертання валків додатково включається програмно-технічний комплекс з комплектом пристроїв зв'язку з об'єктом, який реалізує обробку сигналів від датчиків і здійснює необхідні розрахунки технологічних параметрів прокатки, завдань окружних швидкостей горизонтальних і вертикальних валків при затягуванні, у режимі одиночної прокатки та в режимі одночасної прокатки в горизонтальних і вертикальних валках.

Ключові слова: прокатний стан, універсальна кліть, вертикальні та горизонтальні валки, датчик окружної швидкості.

Вступ

Вимірювання швидкостей розкату на вході і виході універсальної реверсивної кліти дозволить точно розрахувати параметри прокатки, які недоступні для безпосереднього вимірювання: швидкість розкату в проміжку між горизонтальними і вертикальними валками, випередження, нейтральні кути і кути тертя при усталеному процесі прокатки, що значно підвищує точність роботи автоматичної системи регулювання при узгодженні швидкостей приводів горизонтальних і вертикальних валків кліти [1].

Пропонується спосіб, який дозволить запобігти аварійним режимів, збільшить термін служби електричного і механічного устаткування, наблизить процес до умов вільної прокатки, а отже знизить навантаження на електроустаткування і тим самим забезпечить економію електроенергії [2]. На рис. 1 зображена структурна схема системи управління узгодженням швидкостей головних електроприводів універсальної кліти [3].

Викладення основного матеріалу

Структурна схема системи управління для реалізації запропонованого способу регулювання швидкостей головних електроприводів реверсивної універсальної кліти прокатного стану містить горизонтальні валки 16, вертикальні валки 17, електропривод горизонтальних валків 7, електропривод вертикальних валків 8, датчик визначення положення та швидкості розкату перед горизонтальною кліттю 1, датчик визначення положення та швидкості розкату

перед вертикальною кліттю 2, датчик розхилу горизонтальних валків 3, датчики розхилу вертикальних валків 4 і 24, датчик наявності заготовки в горизонтальних валках 9, датчик наявності заготовки у вертикальних валках 10, датчики окружної швидкості горизонтальних валків 5 і 25, датчики окружної швидкості вертикальних валків 6 і 26, схему управління електроприводом горизонтальних валків 11, схему управління електроприводом вертикальних валків 12, командозадаючий блок 13, блок перемикачів та вибору режимів 14, програмно-технічний комплекс (ПТК) 27, який оснащено модулями пристроїв зв'язку з об'єктом: інтерфейс введення сигналів датчиків положення розкату 19, модуль аналогового введення 21, модуль введення числоімпульсних сигналів 20, модуль введення дискретних сигналів 22, модуль виводу аналогових сигналів 23, блок завдання типу розміру злитків, марок сталі та діаметрів валків 15.

Злиток 18, який прокатують, на структурній схемі зображено так, що він знаходиться одночасно в горизонтальних 16 і вертикальних валках 17 кліти. Виходи датчика визначення положення та швидкості розкату перед горизонтальною кліттю 1 і датчика визначення положення та швидкості розкату перед вертикальною кліттю 2'єднано відповідно з першим та другим входами інтерфейсу вводу сигналів датчиків положення розкату 19, програмно-технічного комплексу 27, вихід датчика наявності розкату в горизонтальних валках 9, датчика наявності розкату у вертикальних валках 10 і датчика розхилу горизонтальних валків 3, який з'єднано відповідно з першим, другим, третім входами модуля аналогово-

го вводу 21 (ПТК) 27, виходи датчиків положення натискного гвинта лівого вертикального валка 4 і положення натискного гвинта правого вертикального валка 24, виходи датчиків окружної швидкості горизонтального верхнього валка 25 і горизонтального нижнього валка 5, виходи датчиків окружної швидкості лівого вертикального валка 6 і правого вертикального валка 26 підключено відповідно до першого, другого, третього, п'ятого та шостого входів модулів введення числа імпульсних сигналів 20 ПТК 27.

Перший вихід командозадаючого блоку 13 («прокатка вперед»), другий («прокатка назад»), третій («робоча швидкість ступінь 1»), четвертий («робоча швидкість ступінь 2»), п'ятий («робоча швидкість ступінь 3»), шостий («робоча швидкість ступінь 4») з'єднані відповідно з першим, другим, третім, четвертим, п'ятим, шостим входами блоку перемикачів та вибору режимів 14. Перший вихід блоку перемикачів та вибору режимів 14 («прокатка вперед»), другий («прокатка назад»), третій («робоча швидкість ступінь 1»), четвертий («робоча швидкість ступінь 2»), п'ятий («робоча швидкість ступінь 3»), шостий («робоча швидкість ступінь 4»), сьомий (управління «оператор - ПТК») з'єднані відповідно з першим, другим, третім, четвертим, п'ятим, шостим і сьомим входами модуля вводу дискретних сигналів, восьмий, дев'ятий і десятий виходи блоку перемикачів та вибору режимів 14 з'єднані відповідно із схемами управління електроприводом горизонтальних валків 11 і схемою управління електроприводами вертикальних валків 12, виходи яких з'єднані з електроприводом горизонтальних валків 7 і вертикальних валків 8. Перший, другий та третій виходи завдання швидкості горизонтальних і вертикальних валків модуля виводу аналогових сигналів 23 з'єднані відповідно сьомим, восьмим та дев'ятим входами блоку перемикачів та вибору режимів 14. Вихід блоку завдання типу розміру злитків, марок сталі та діаметрів валків 15 з'єднано з програмно - технічним комплексом (ПТК) 27.

Схема працює таким чином. Якщо пристрій знаходиться в режимі управління узгодженням швидкостей головного електроприводу «ПТК» (цей сигнал поступає на сьомий вхід модуля вводу дискретних сигналів 22) ПТК 27, оператор вводить в ПТК 27 з блоку завдання типу, розміру злитків, марки сталі та діаметрів валків 15 відповідні дані [2]. В непарному проході оператор підводить злиток 18 до перших, по ходу прокатки, горизонтальних валків 16 і задає за допомогою командозадаючого блоку 13 режим «прокатки вперед» (перший вихід) і

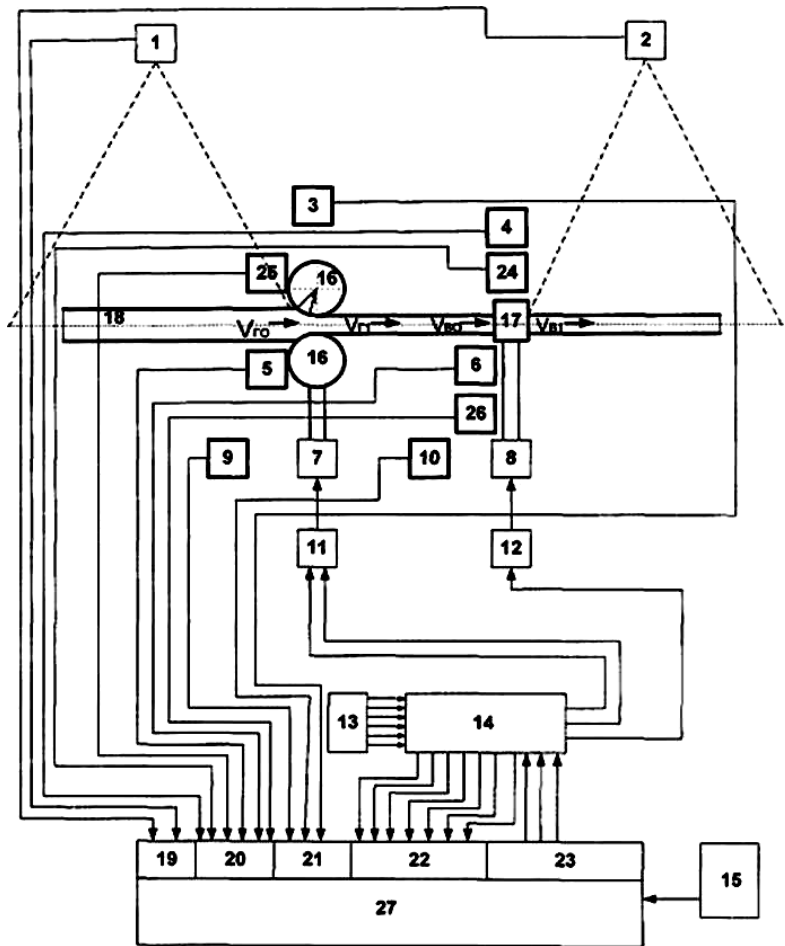


Рис. 1. Структурна схема системи управління узгодженням швидкостей головних електроприводів універсальної кліти

бажану початкову ступінь робочої швидкості (третій, четвертий, п'ятий або шостий виходи «робоча швидкість ступінь 1-4») обертання горизонтальних валків 16 через блок перемикачів та вибору режимів 14, через який ці сигнали поступають на перший, третій, четвертий, п'ятий або шостий входи в модуль введення дискретних сигналів 22 ПТК 27. На підставі інформації про первинну ширину та товщину злитка 18, який поступає в ПТК 27, даних про фактично встановлених розхилах горизонтальних 16 і вертикальних валків 17 від відповідних датчиків розхилу валків 3, положення натискних гвинтів 4 і 24 визначають витяжки і кути затягування з урахуванням діаметра валків. В ПТК 27 безперервно обробляється інформація про положення та швидкість розкату злитка 18, який прокатують, перед входом в горизонтальні валки 16, яка поступає від датчика визначення положення і швидкості розкату перед горизонтальною кліткою 1 через перший вхід інтерфейсу введення сигналу датчика положення розкату 19. А обчислювальний комплекс, який використовує цю інформацію, уточнює по формулах

$$v_{3ГВН} = \frac{V_{ГНО} \cdot K_L}{\cos \alpha_{\Gamma}}, \quad (1)$$

$$v_{3ГНН} = \frac{V_{ГНО}}{\cos \alpha_{\Gamma}} \quad (2)$$

необхідну при затягуванні швидкість горизонтальних валків 16 в непарному проході і з виходів їй 2 модуль виводу аналогових сигналів 23 подає завдання на вхід 7 і 8 блоку перемикачів та вибору режимів 14, яке через восьмий і дев'ятий вихід блоку перемикачів та вибору режимів 14 поступає на вхід схеми управління електроприводом горизонтальних валків 11 і далі на електропривод горизонтальних валків 7 для встановлення необхідної швидкості затягування [4]. Під час надходження інформації від датчика наявності злитка в горизонтальних валках 9 на перший вхід модуля введення аналогових сигналів 21 (ПТК) 27 відповідно до заданого швидкісного режиму прокатки (залежно від номера проходу), який задає оператор, вимірюється датчиком визначення положення та швидкості розкату перед горизонтальною кліткою 1 швидкість розкату на вході в горизонтальні валки 16, і в реальному часі з умов постійності секундного об'єму розраховують швидкість розкату після проходження горизонтальних валків 16, яка напряму залежить від режиму роботи горизонтальних валків 16, з наступним визначенням необхідної для оптимального затягування та прокатки в непарному проході одночасно в двох клітках швидкості вертикальних валків 17 як

$$v_{ВВН} = \frac{V_{ГНО} \cdot \lambda_{Г} \cdot K_{М}}{\cos \alpha_{В}}. \quad (3)$$

Завдання необхідної швидкості вертикальних валків 17 з третього виводу модуля аналогового виводу 23 (ПТК) 27 передається на дев'ятий вхід блоку перемикачів та вибору режимів 14, а з його десятого виходу на вхід схеми управління електроприводом вертикальних валків 12. З виходу схеми управління електроприводом вертикальних валків 12 сигнал поступає на вхід електроприводу вертикальних валків 8. Надалі швидкість вертикальних валків 17 відстежується по вищевказаній формулі залежності від зміни швидкості горизонтальних валків 16 і відповідно швидкості розкату до закінчення одночасної прокатки злитка 18 у двох клітках. Під час знаходження злитка 18 у валках розраховують також в реальному часі випередження, нейтральні кути і кути тертя для горизонтальних валків 16 і вертикальних валків 17.

При зміні напрямку прокатки, згідно команді оператора «прокатка назад», сигнали зміни напрямку прокатки та бажана перша ступінь робочої швидкості (третій, четвертий, п'ятий або шостий виходи - «робоча швидкість ступінь 1-4») обертання горизонтальних валків 16 через блок перемикачів та вибору режимів 14 поступають на другий, третій, четвертий, п'ятий або шостий виходи модуля вводу дискретних сигналів 22 (ПТК) 27. На підставі інформації про ширину та товщину злитка 18, який прокатують, в попередньому проході, данні про фактично встановлені розкили горизонтальних валків 16 і вертикальних валків 17, які поступають в (ПТК) 27 від відповідних датчиків розкилу валків 3, 4 та 24, визначають витяжки і кути затягування горизонтальних валків 16 і вертикальних валків 17. В (ПТК) 27

безперервно обробляється інформація про положення і швидкість розкату 18 перед входом у вертикальні валки 17, яка поступає від датчика визначення положення та швидкості розкату перед вертикальною кліткою 2 через другий вхід інтерфейсу вводу сигналів датчиків положення розкату 19, на підставі якої розраховують необхідну при затягуванні в парному проході швидкість вертикальних валків 17

$$v_{ЗВВЧ} = \frac{V_{ВЧО}}{\cos \alpha_{В}} \quad (4)$$

і з третього виходу модуля виводу аналогових сигналів 23 подається завдання на дев'ятий вхід блоку перемикачів та вибору режимів 14, яке через десятий вихід блоку перемикачів та вибору режимів 14 поступає на вхід схеми управління електроприводом вертикальних валків 12 і далі на електропривод вертикальних валків 8 для встановлення необхідної швидкості затягування.

Під час надходження інформації від датчика наявності заготовки у вертикальних валках 10 на третій вхід модуля вводу аналогових сигналів 21 (ПТК) 27 відповідно до швидкісного режиму прокатки (залежно від номера проходу), яку задає оператор, вимірюється датчиком визначення положення та швидкості розкату вертикальних валків 2 швидкість розкату на вході у вертикальні валки 17, і в реальному часі з умов постійності секундного об'єму розраховують швидкість розкату злитка 18 після проходження вертикальних валків 17, яка напряму залежить від їх режиму роботи, з подальшим визначенням необхідних для оптимального затягування швидкостей горизонтальних валків 16:

$$v_{ЗГНЧ} = \frac{V_{ВЧО} \cdot \lambda_{В} \cdot K_{М}}{\cos \alpha_{Г}}; \quad (5)$$

$$v_{ЗГВЧ} = \frac{V_{ВЧО} \cdot \lambda_{В} \cdot K_{М} \cdot K_{Д}}{\cos \alpha_{Г}}. \quad (6)$$

Висновки

Таким чином, запропонований спосіб може бути реалізований на слябінгу 1150 на металургійних комбінатах. При цьому у складі схеми залишаються без зміни горизонтальні валки, вертикальні валки, електропривод горизонтальних валків, електропривод вертикальних валків та існуюча система управління головним електроприводом універсальної клітки. Але в канал завдання частоти обертання валків додатково включається програмно-технічний комплекс з комплектом пристроїв зв'язку з об'єктом, який реалізує обробку сигналів від датчиків і здійснює необхідні розрахунки технологічних параметрів прокатки, завдань окружних швидкостей горизонтальних і вертикальних валків при затягуванні, у режимі одиночної прокатки та в режимі одночасної прокатки в горизонтальних і вертикальних валках.

Як програмно технічний комплекс може бути використаний промисловий комп'ютер серійного виробництва з необхідним набором пристроїв зв'язку з об'єктом для вводу сигналів від датчиків в ком-

п'ютер, наприклад Compact PCI. Як датчики частоти обертання електродвигунів горизонтальних та вертикальних валків, розхилу вертикальних валків можуть бути використані будь-які імпульсні датчики промислового виконання, наприклад фірми Siemens, для датчиків розхилу горизонтальних валків переважно використовувати магнітострикційні датчики, наприклад вимірники шляху Micropuls.

Як датчики напружаму і ступенів інтенсивності обертання валків електроприводу можуть бути використані релейні сигнали «прокатка вперед», «прокатка назад», «робоча швидкість ступінь 1»,

«робоча швидкість ступінь 2», «робоча швидкість ступінь 3», «робоча швидкість ступінь 4». Блок вибору і перемикачів режимів виготовляють на базі реле. Використовування запропонованого способу регулювання швидкостей головних електроприводів реверсивної універсальної кліти прокатного стану дозволить знизити динамічні навантаження механічного та електричного устаткування стану, збільшити за рахунок цього термін його служби і знизити аварійність. При цьому також буде забезпечена економія електроенергії за рахунок зменшення підпору і розтягування металу при прокатці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Полухін П.І. Прокатне виробництво / П.І. Полухін, М.М. Федосов, А.А. Корольов, Ю.М. Матвеев // М., 1982.
2. Шефер О.В. Урахування пружних деформацій у процесі керування складними технічними системами / О.В. Шефер, В.М. Галай // Системи управління, навігації та зв'язку: [зб. наук. праць]. – Полтава, ПолтНТУ, 2013. – Вип. 2(26). – С. 48-54.
3. Бурдаков Д.Д. Загальна металургія / Д.Д. Бурдаков, Ю.Д. Бурдаков, С.А. Володін, М.К. Жилкин // М., 1971.
4. Шефер О.В. Діагностування електродвигунів складних електромеханічних систем / О.В. Шефер, В.М. Галай, В.В. Крицький // Системи управління навігації та зв'язку: [зб. наук. пр.] // – Полтава, ПолтНТУ, 2015. – Вип. 2(34). – С. 87 – 95.

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. Л. І. Леві,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.
Received (Надійшла) 14.03.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 03.04.2019

Регулирование скоростей электроприводов универсальной реверсивной клетки прокатного стана

Н. К. Бороздин, Е. Д. Калашник

Поставленная задача решается тем, что в способе регулирования скоростей главных электроприводов реверсивной универсальной клетки прокатного стана, который включает измерение расхода горизонтальных и вертикальных валков, диаметров вертикальных и горизонтальных валков, окружной скорости ведущих горизонтальных валков, расчет по проходам при прокатке заготовки обхватов, углов затяжки, расширения, вытяжки в горизонтальных и вертикальных валках, задача окружных скоростей ведущих горизонтальных валков и в зависимости от значений рассчитанных параметров прокатки изменение задания на окружную скорость известных валков. Предлагается способ, который позволит предотвратить аварийные режимы, увеличит срок службы электрического и механического оборудования, приблизит процесс к условиям свободной прокатки, а следовательно снизит нагрузку на электрооборудование и тем самым обеспечит экономию электроэнергии. Вывод. Предложенный способ может быть реализован на слябинге 1150 на металлургических комбинатах. При этом в составе схемы остаются без изменения горизонтальные валки, вертикальные валки, электропривод горизонтальных валков, электропривод вертикальных валков и существующая система управления главным электроприводом универсальной клетки. Но в канал задания частоты вращения валков дополнительно включается программно-технический комплекс с комплектом устройств связи с объектом, который реализует обработку сигналов от датчиков и осуществляет необходимые расчеты технологических параметров прокатки, задач окружных скоростей горизонтальных и вертикальных валков при затягивании в режиме одиночной прокатки и в режиме одновременной прокатки в горизонтальных и вертикальных валках.

Ключевые слова: прокатный стан, универсальная клетка, вертикальные и горизонтальные валки, датчик окружной скорости.

Speed control of electric drives universal reverse stand rolling mill

M. Borozdin, E. Kalashnik

The problem is solved by a method of speed regulation main electric reversing universal rolling mill stand, which includes flow measurement of horizontal and vertical rollers, vertical and horizontal diameters of the rolls, the peripheral speed of the leading horizontal rollers, calculation the aisles when rolling billet girth tightening corners, expansion, hoods in the horizontal and vertical rolls, the task of leading the circumferential velocity of the horizontal rolls and depending on the values of the calculated parameters of rolling change jobs to a peripheral speed of the rolls known. A method is proposed will prevent emergency modes, increase the life of electrical and mechanical equipment, bring the process to the free-rolling conditions, therefore it will reduce the load on the electrical equipment and provide energy savings. Conclusion. The proposed method can be implemented on slab 1150 at metallurgical combines. In this case, the horizontal rollers, vertical rollers, electric drive of horizontal rollers, electric drive of vertical rolls and the existing control system of the main electric drive of a universal cage remain unchanged. But in the channel of the problem of the frequency of rotation of rods additionally includes a software and hardware complex with a set of communication devices with the object, which implements the processing of signals from the sensors and carries out the necessary calculations of technological parameters of rolling, tasks of the circular velocities of horizontal and vertical rolls in the drag, in mode single rolling and simultaneous rolling in horizontal and vertical rolls.

Keywords: rolling mill, universal stand, vertical and horizontal rollers, the peripheral speed of the sensor.

В. В. Борщ, О. Б. Борщ, В. О. Ханюков, Я. В. Олійник

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ЕНЕРГООЩАДНИЙ ІНКУБАТОР ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ТА ПРИСАДИБНИХ ГОСПОДАРСТВ

Проаналізовані виробничі можливості сучасного парку промислових, фермерських та домашніх інкубаторів; визначені основні технічні проблеми їх конструкції. Недосконале обладнання вітчизняних побутових та практична відсутність фермерських інкубаторів а також відносно висока їх енергозатратність суттєво стримують виробництво продукції сільського птахівництва. На основі аналізу рівняння теплопередачі через стінки огорожувальної конструкції інкубатора визначені основні чинники, що суттєво впливають на втрати теплової енергії ним. Зроблений висновок про зменшення теплових втрат шляхом виготовлення огорожувальної конструкції інкубатора на основі сучасних теплоізоляційних матеріалів та заміни електромеханічної системи обертання інкубаційного матеріалу. Описано конструкцію оригінального енергоефективного інкубатора, що може бути виготовлений як у фермерському так і побутовому виконаннях і використаний на малих фермерських та присадибних господарствах. Для автоматичного локального та дистанційного керування параметрами мікроклімату інкубатора розроблена «інтелектуальна» автоматична система. Використання персонального комп'ютера в комплексі з мережею приладів «ТРЦ 02 Універсал⁺» вітчизняного виробництва дозволяє представляти вимірювані значення параметрів технологічного процесу інкубації в цифровій і графічній формах, а також локально та дистанційно керувати параметрами. В якості механізму перевертання інкубаційного матеріалу використаний лоток з гравітаційним перевертанням, що зменшує споживання електроенергії та спрощує процес перевертання інкубаційного матеріалу.

Ключові слова: інкубатор, огорожувальна конструкція, теплообмін, мікроклімат, давач, автоматична система, мікроконтролер, вентилятор, повітрообмін, нагрівач, лоток.

Вступ

Постановка проблеми. З появою важливої галузі сільського господарства - птахівництва виникла потреба створення пристроїв для здійснення інкубації штучним шляхом за допомогою інкубаторів. Сучасний інкубатор є високотехнологічною системою, що дозволяє отримувати високий відсоток виведення курчат з мінімальними затратами ручної праці.

З розвитком в Україні фермерських господарств пов'язане збільшення об'ємів продукції птахівництва в сільській місцевості. Виведення домашніх птахів у невеликих кількостях на малих фермерських та присадибних господарствах неможливе без застосування інкубаторів.

Успішна інкубація яєць залежить від підтримки й забезпечення оптимальних значень температури, вологості, повітрообміну всередині інкубатора та періодичного перевертання яєць, тощо [1, 2]. Виконання вказаних операцій в автоматизованому режимі суттєво спрощує процес їх оптимізації, підвищує ефективність та якість роботи інкубатора й знижує собівартість продукції. Останній чинник суттєво залежить від рівня енергоощадності інкубатора.

Промислові інкубатори типу «Універсал» та ГУП-Ф-45/ГУВ-Ф-15 мають низку недоліків, серед яких дороге електронне обладнання іноземного виробництва, відсутність можливості дистанційного керування технологічним процесом, нерівномірність розподілу температури всередині інкубаційної камери, а також низка технічних недоліків.

Сучасне інкубаційне обладнання провідних світових компаній Petersime Incubator Co (Бельгія), Linko (Данія), NatureForm Hatchery Systems (США), Viktoria (Італія). «Pas Reform Hatchery Technologies» (Нідерланди), «Petersime» (Бельгія), «Jamesway» (Ка-

нада), Nature Form (США), «Hatch Tech» (США) тощо відрізняється підвищеною функціональністю та відповідає всім вимогам птахівників. Повна автоматизація інкубаторів дозволяє звести участь людини в технологічному процесі інкубації до мінімуму, однак вартість обладнання вказаних компаній суттєво перевищує вартість аналогічного вітчизняного обладнання, що суттєво стримує його застосування [1].

Наразі відома низка конструкцій побутових інкубаторів для малих сільських виробників продукції птахівництва. Це інкубатори «Double Micro Battery 90», «Курочка ряба ІБ-130», «Теплуша», «Наседка ІБ-140», «Тандем-80 + Вологість» та інші [1].

Вітчизняні побутові інкубатори для застосування в присадибних господарствах типу ІБМ-30, МІ-30 та ін. мають недосконале обладнання для створення мікроклімату в об'ємі інкубатора та контролю й керування параметрами технологічного процесу інкубації. Недосконалим та енергозатратним є також і механізм перевертання яєць [2].

Мета досліджень. З урахуванням зростання об'ємів продукції птахівництва на малих фермерських та присадибних господарствах перед авторами поставлені завдання:

– проаналізувавши рівняння теплопередачі визначити чинники, що суттєво впливають на втрати теплової енергії інкубатором;

– суттєво зменшити теплові втрати шляхом впровадження огорожувальної конструкції інкубатора, виготовленої на основі сучасних теплоізоляційних матеріалів;

– розробити й виготовити макет універсального фермерського (об'єм більше 250 яєць) інкубатора та макет універсального побутового (об'єм менше 200 яєць) інкубатора;

– розробити систему автоматичного керування параметрами мікроклімату об'єму інкубатора;

– розрахувати та підібрати основні компоненти автоматичної системи керування вітчизняного виробництва;

– розробити просту, надійну та енергоощадну конструкцію пристрою для перевертання інкубаційного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Добре відомо, що при проходженні електричного струму I через резистивні нагрівачі повітря інкубатора на протязі часу τ в останніх виділяється кількість теплоти Q_1 , що визначається рівнянням [4]:

$$Q_1 = I^2 \cdot R \cdot \tau. \quad (1)$$

На певному етапі розвитку ембріона яйце виділяє кількість теплоти Q_2 , аналітичне визначення якої практично неможливе.

Одночасно з виділенням тепла нагрівачами Q_1 та ембріонами Q_2 присутні втрати теплоти через стінки огорожувальної конструкції інкубатора; кількість теплоти, обумовлена тепловим випромінюванням та кількістю теплоти, що надходить в об'єм інкубатора з припливним повітрям.

Втрати теплоти через стінки огорожувальної конструкції визначаються двома чинниками – шляхом теплопередачі та тепловим випромінюванням.

Втрати теплоти Q_3 шляхом теплопередачі через стінки огорожувальної конструкції визначаються рівнянням, Дж [4]:

$$Q_3 = \frac{1}{R} \cdot F \cdot (T_2 - T_1) \cdot \tau, \quad (2)$$

де R – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$; F – загальна площа поверхні стінок конструкції інкубатора, м^2 ; T_1 – температура внутрішньої та зовнішньої поверхонь, $^\circ\text{C}$; τ – період передачі теплоти через огорожувальну конструкцію інкубатора, с.

Кількість теплоти Q_4 , обумовлена тепловим випромінюванням [3] визначається рівнянням, Дж:

$$Q_4 = c_0 \cdot \varepsilon_{np} \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \tau, \quad (3)$$

де $c_0 = 5,67 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; ε_{np} – приведений ступінь чорноти випромінюючої та поглинаючої поверхонь.

Кількість теплоти Q_5 , що надходить в об'єм інкубатора з припливним повітрям [3], Дж:

$$Q_5 = c \cdot L \cdot \rho \cdot (t_g - t_3) \cdot \tau, \quad (4)$$

де c – теплоємність повітря, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; L_{CO_2} – повітрообмін в інкубаторі, $\text{м}^3/\text{с}$; ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; t_g, t_3 – температура внутрішнього та зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$.

При роботі інкубатора в оптимальному режимі спостерігається тепловий баланс:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (5)$$

Основна частина

Сконструйований і виготовлений діючий макет інкубатора, що може бути виготовлений у фермерському та в побутовому виконанні. Схема макету представлена на рис. 1.

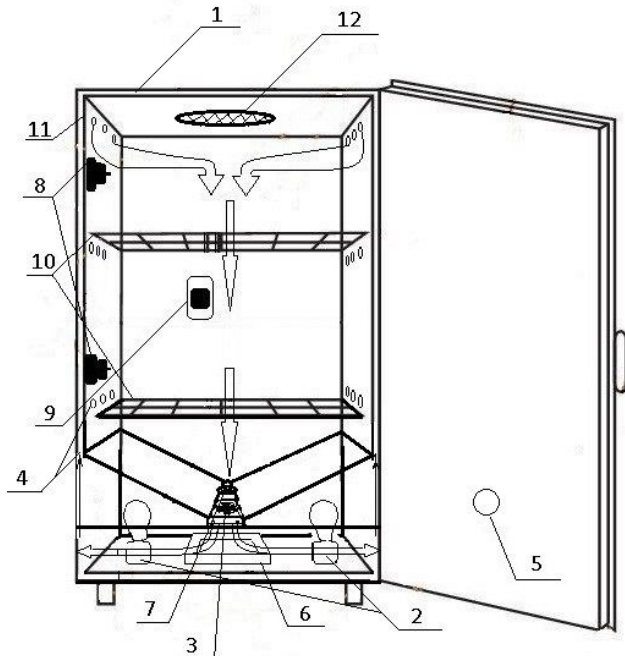


Рис. 1. Конструкція макета інкубатора

Резистивними нагрівачами повітря інкубатора слугують інфрачервоні лампи розжарювання 2. Вимірювальні перетворювачі температури 8 контролюють її значення у двох зонах об'єму.

Для забезпечення мінімальних втрат тепла через корпус інкубатора Q_3 об'єм між його подвійними стінками заповнений мінеральною ватою на синтетичному зв'язуючому - теплоізоляційним матеріалом, що характеризується низьким коефіцієнтом теплопровідності λ [3].

Зменшення коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційного матеріалу ($R = \delta/\lambda$) досягнуте завдяки покриттю внутрішніх подвійних стінок шумоізолюючим атмосферостійким теплоізолюючим термостійким латексом [4].

Одним з основних параметрів, який суттєво впливає на розвиток ембріонів в інкубаторі, є кількість вуглекислого газу, що виділяється в його об'ємі. При перевищенні допустимого значення концентрації вуглекислого газу в об'ємі інкубатора процеси розвитку ембріонів завмирають.

Дотримання допустимого значення концентрації вуглекислого газу забезпечується безперервною циркуляцією повітря в об'ємі інкубатора, що створює двошвидкісний вентилятор 3 через повітряний канал в корпусі 4, бокова стінка 11 якого має низку отворів; запропоноване інженерне рішення забезпечує оптимальний повітрообмін у технологічному об'ємі інкубатора та створює оптимальні умови

рівномірного обігріву інкубаційних яєць. Вентилятор забезпечує також роботу припливно-витяжної вентиляції через технологічні отвори 5 та 12.

Для вибору вентилятора та його електродвигуна розраховуємо повітрообмін в об'ємі інкубатора. Величина повітрообміну за вуглекислим газом [5] в об'ємі інкубатора L_{CO_2} , м³/год, визначається співвідношенням:

$$L_{CO_2} = \frac{G_{CO_2}}{k_{вуд} - k_{ex}}, \quad (6)$$

де G_{CO_2} – кількість вуглекислого газу, що виділяється в об'ємі інкубатора, л/год; $k_{вуд}$ – концентрація вуглекислого газу в повітрі, який видаляється з інкубатора, л/м³; k_{ex} – концентрація вуглекислого газу в повітрі, що подається в інкубатор, л/м³.

З урахуванням технічних вимог до інкубаторів [5], рекомендацій та результатів досліджень Інституту птахівництва УААН значення кратності повітрообміну інкубатора залежить від виду птахів, терміну розвитку ембріонів і перебуває в межах від 2 до 20 (при цьому максимальне значення кратності повітрообміну дорівнює 24).

Об'єм інкубаційної камери виготовленої авторами макета інкубатора (фермерський варіант) становить 1 м³ і тому, беручи до уваги те, що вентилятор 3/4 своєї продуктивності витрачає на переміщення повітря всередині інкубаційного об'єму, потрібно, з урахуванням коефіцієнта запасу, обрати вентилятор, витрати повітря якого не менші ніж 90 м³/год.

З врахуванням посиленого виділення ембріонами вуглекислого газу на останній стадії інкубації для забезпечення розрахункового повітрообміну доцільно встановити двошвидкісний вентилятор ВЕНТС 150 МА 01, максимальна продуктивність котрого становить 110 м³/год.

Згідно довідника [6], потужність електродвигуна (кВт) вентилятора при нехтуванні зміни густини повітря визначається співвідношенням

$$P = k_3 \cdot \frac{3,6 \cdot p \cdot L}{\eta_{заг}}, \quad (7)$$

де p – тиск повітря, що створюється вентилятором, Па; L – витрати повітря, м³/год.

Загальний ККД вентиляторної установки становить:

$$\eta_{заг} = \eta_в \cdot \eta_{пр} \cdot \eta_{пер}, \quad (8)$$

де $\eta_в$ – ККД вентилятора; $\eta_{пр}$ – ККД привода; $\eta_{пер}$ – ККД передачі.

Коефіцієнт запасу k_3 прийемо рівним 1,1.

Розрахунок дає значення величини потужності електродвигуна, що становить 7 Вт. Двигун потужністю 7,6 Вт розрахований на безпечну напругу живлення 12 В ступеня захисту IP 24, яким укомплектований вентилятор, придатний для приведення в рух обраного вентилятора.

Для контрольованого та керуваного зволоження атмосфери інкубатора використовуються ванна з водою 6, генератор туману 7 та вимірювальний перетворювач вологості 9.

Інкубаційний матеріал закладається в лотки 10. Для забезпечення природного (горизонтального) способу вкладання яєць у лоток інкубатора, оптимального режиму перевертання яєць навколо центру маси, зменшення аеродинамічного опору потокам теплого повітря та підвищення енергоощадності пристрою періодичного перевертання інкубаційного матеріалу за рахунок використання енергії гравітаційного поля макет інкубатора укомплектований лотком з гравітаційним перевертанням [7].

Для забезпечення перевертання яєць без затрат електричної енергії лоток устатковується в напрямні, розміщені на стінках інкубатора, під кутом 6^0 до горизонтальної поверхні та завантажуються інкубаційним матеріалом, що пояснює рис.2.

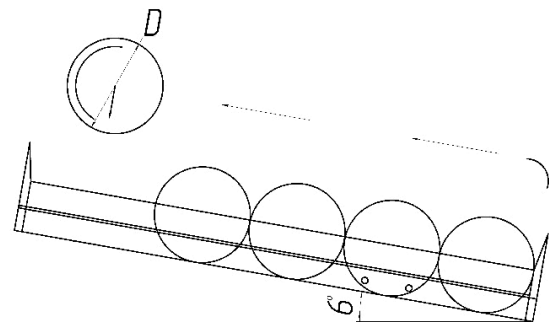


Рис. 2. Лоток інкубатора з гравітаційним перевертанням (вигляд з боку)

В установленний термін, визначений необхідною умовою для оптимального розвитку плоду яйця, діаметром D переноситься вручну з нижньої частини лотка у верхнє звільнене місце, що дозволяє решті яєць під дією гравітаційного поля вільно перекочуватися по паралельних стрижнях на звільнену відстань D , забезпечуючи проходження поверхнею кожного яйця шляху, який дорівнює $\pi D/2$, та їх перевертання на кут 180^0 .

Система автоматичного керування параметрами мікроклімату об'єму інкубатора створена на основі програмованого цифрового приладу «ТРЦ 02 Універсал⁺».

Структурна схема системи для автоматичного вимірювання, локального та дистанційного керування температурою, вологістю повітря та вмістом вуглекислого газу наведена на рис. 3.

На вхід першого двоканального приладу «ТРЦ 02 Універсал⁺» подаються електричні сигнали ϵ_1 та ϵ_2 від термодатчиків, що вимірюють температуру в нижній і верхній зонах об'єму інкубатора та перетворюються за допомогою аналого-цифрового перетворювача в цифрову форму.

Сигнали, значення яких зображуються на цифровому індикаторі, обробляються мікроконтролером приладу, порівнюються з величиною сигналів задавачів та керують вихідними оптосимісторами двох каналів приладу.

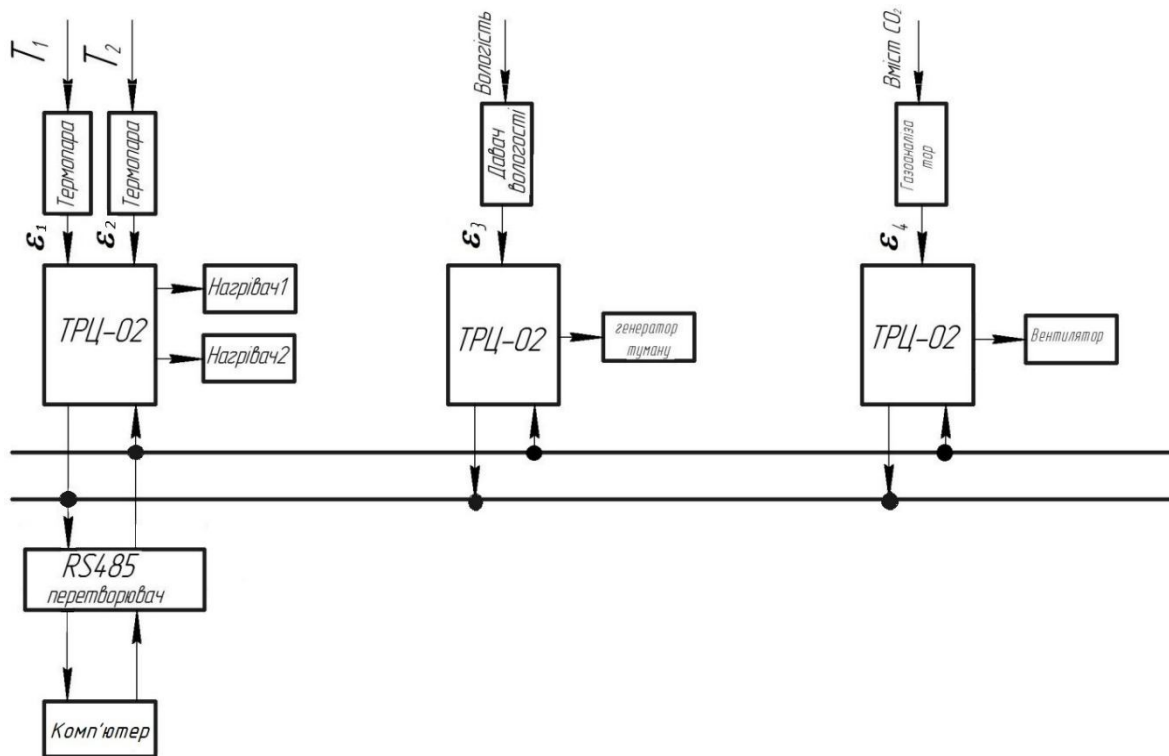


Рис. 3. Структурна схема системи для автоматичного вимірювання та керування параметрами мікроклімату в об'ємі інкубатора

Режим неперервного керування температурою здійснюється за допомогою нагрівача повітря у вигляді чотирьох електричних інфрачервоних ламп розжарювання.

Другий прилад «ТРЦ 02 Універсал⁺» керує вологістю атмосфери.

Для безпосереднього вимірювання вологості повітря обраний вимірювальний перетворювач вологості ДВ-2, із чутливим елементом НІН 4000 фірми «Hontywell», принцип дії котрого ґрунтується на зміні відносної діелектричної проникності терморезистивного полімеру, що заповнює простір між двома платиновими обкладинками ємнісної структури.

Електричний сигнал ε_3 від вимірювального перетворювача вологості обробляється приладом аналітично.

Як виконавчий механізм, що під'єднаний до виходу приладу «ТРЦ 02 Універсал⁺» та підтримує задану вологість повітря інкубатора, використаний ультразвуковий генератор туману.

Третій прилад «ТРЦ 02 Універсал⁺» керує повітрообміном в об'ємі інкубатора. Електричний сигнал ε_4 від газоаналізатора, що вимірює вміст вуглекислого газу, також обробляється приладом, який керує роботою двохшвидкісного вентилятора для підтримки заданого вмісту вуглекислого газу у вказаному об'ємі. При збільшенні концентрації вуглекислого газу «ТРЦ 02 Універсал⁺» включає підвищену швидкість обертання вала вентилятора, що призводить до прискореного виводу вуглекислого газу з інкубаційного об'єму та забезпечує збагачення повітря об'єму інкубатора киснем.

Розроблені автоматична система керування та програмне забезпечення дають можливість операти-

вного локального та дистанційного керування технологічним процесом інкубації яєць, забезпечуючи його оптимальні умови.

Підключений до мережі персональний комп'ютер (див. рис. 3) за допомогою перетворювача інтерфейсу RS-485 [8] на основі розробленого програмного забезпечення дозволяє представляти вимірювані значення температури та вологості в цифровій і графічній формах, а також локально та дистанційно керувати технологічними процесами, пов'язаними з інкубацією яєць за допомогою Інтернет мережі.

Висновки

Сконструйований і виготовлений діючий енергоощадний макет інкубатора, що може бути виготовлений як у фермерському так і в побутовому виконаннях.

В якості пристрою періодичного перевертання інкубаційного матеріалу використаний енергоощадний гравітаційний лоток, що забезпечує природний (горизонтальний) спосіб укладання яєць, оптимальний режим перевертання яєць навколо центру маси, зменшення аеродинамічного опору потокам теплого повітря та підвищення енергоощадності пристрою періодичного перевертання інкубаційного матеріалу за рахунок використання енергії гравітаційного поля.

Виконано розрахунок однієї з основних систем технологічного процесу інкубації яєць – системи збагачення киснем технологічного об'єму.

Розроблена система автоматичного керування параметрами мікроклімату на основі вітчизняного цифрового приладу «ТРЦ 02 Універсал⁺», що дозво-

ляє забезпечувати та підтримувати оптимальні параметри мікроклімату в інкубаторі.

Підключення персонального комп'ютера до мережі приладів «ТРЦ 02 Універсал⁺» дозволяє

представляти вимірювані значення параметрів технологічного процесу інкубації в цифровій і графічній формах, а також локально та дистанційно керувати ними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія виробництва продукції птахівництва: підручник для студентів вищих навчальних закладів/ Бородай В.П., Сахацький М.І., Вертійчук А.І. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2006. – 360 с.
2. Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов: учебное пособие – СПб.: Лань, 2006. – 224 с.
3. ДБН В.2.6-2006 Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 73 с.
4. Патент UA 63680 Україна, МПК (2011.01) C09D 5/00. Шумоізолюючий атмосферостійкий теплоізолюючий термостійкий латекс (ШАТТЛ) / С.С. Костюкевич; заявл. 12.08.2011., опубл. 10.10.2011. – Бюл. № 19.
5. ГОСТ 21056 – 75. Инкубаторы. Технические требования.
6. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоиздат, 1983. – 616 с.
7. Патент UA 131989 Україна, МПК A01K 41/06. Лоток інкубатора з гравітаційним перевертанням / В.В. Борщ, О.Б. Борщ, О.В. Шульга, О.І. Власенко, В.П. Велешук; заявл. 30.07.18., опубл. 11.02.2019. – Бюл. № 3.
8. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. (2019) Design and Analysis of Low-Transition Address Generator. In: Zimale F., Enku Nigussie T., Fanta S. (eds) Advances of Science and Technology. ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 274. Springer, Cham, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_19

Рецензент: д-р ф.-м. наук, проф. О. І. Власенко,
Інститут фізики напівпровідників

імені В.С. Лашкарьова НАН України, Київ.

Received (Надійшла) 16.01.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Энергосберегающий инкубатор для фермерских и приусадебных хозяйств

В. В. Борщ, Е. Б. Борщ, В. О. Ханюков, Я. В. Олійник

Проанализированы производственные возможности современного парка промышленных фермерских и домашних инкубаторов; определены основные технические проблемы их конструкции. Несовершенное оборудование отечественных бытовых и практическое отсутствие фермерских инкубаторов а также относительно высокая их энергозатратность существенно сдерживают производство продукции сельского птицеводства. На основе анализа уравнения теплопередачи через стенки ограждающей конструкции инкубатора определены основные факторы, которые существенно влияют на потери тепловой энергии им. Сделан вывод об уменьшении тепловых потерь путем изготовления ограждающей конструкции инкубатора на основе современных теплоизоляционных материалов и замены электромеханической системы вращения инкубационного материала. Описаны конструкцию оригинального энергоэффективного инкубатора, который может быть изготовлен как в фермерском так и бытовом исполнениях и использован на малых фермерских и приусадебных хозяйствах. Для автоматического локального и дистанционного управления параметрами микроклимата инкубатора разработана «интеллектуальная» автоматическая система. Использование персонального компьютера в комплексе с сетью приборов «ТРЦ 02 Универсал⁺» отечественного производства позволяет представлять измеряемые значения параметров технологического процесса инкубации в цифровой и графической формах, а также локально и удаленно управлять параметрами. В качестве механизма переворачивания инкубационного материала использован лоток с гравитационным переворачиванием, что уменьшает потребление электроэнергии и упрощает процесс переворачивания инкубационного материал.

Ключевые слова: инкубатор, ограждающая конструкция, теплообмен, микроклимат, датчик, автоматическая система, микроконтроллер, вентилятор, нагреватель, лоток.

Energy saving incubator for farmers and personal households

V. Borshch, O. Borshch, V. Khaniukov, Y. Oliinyk

The production facilities of the modern park of industrial, farm and home incubators are analyzed; the basic technical problems of their design are determined. The imperfect equipment of domestic domestic and practical absence of farm incubators as well as their relatively high energy consumption significantly restrain the production of agricultural poultry production. On the basis of the analysis of the heat transfer equation through the walls of the enclosing structure of the incubator, the main factors that significantly affect the thermal energy loss are determined. The conclusion is made on the reduction of thermal losses by making the enclosure design of the incubator on the basis of modern heat-insulating materials and replacement of the electromechanical system of the rotation of the incubation material. The design of an original energy-efficient incubator, which can be made both in farm and household implements and used on small farms and farms, is described. For the automatic local and remote control of the microclimate of the incubator an "intelligent" automatic system is developed. The use of a personal computer in conjunction with the network of devices "TRC 02 Universal⁺" of domestic production allows representing the measured values of the parameters of the process of incubation in digital and graphical forms, as well as locally and remotely control the parameters. As a mechanism for inverting the incubation material, a tray with gravitational turning is used, which reduces electricity consumption and simplifies the process of turning the incubation material.

Keywords: incubator, fencing structure, heat exchange, microclimate, sensor, automatic system, microcontroller, fan, air exchange, heater, tray.

В. Б. Кононов¹, О. Б. Котов², А. Д. Полянська¹

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

² Державне підприємство “Чугуєвський авіаційний ремонтний завод”, Чугуєв, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОМІЖНИХ КОНТРОЛЬНИХ ПЕРЕВІРОК ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗРАЗКІВ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНОЇ АПАРАТУРИ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Предметом вивчення в статті є проміжні контрольні перевірки, що використовуються для підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки. **Метою статті** є обґрунтування доцільності проведення проміжних контрольних перевірок щодо забезпечення підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки. **Задача, що вирішується**, обґрунтування технічних рішень, впровадження яких в практику вимірювання дозволять підвищити метрологічну надійність зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки. В статті розглядається: вплив проміжних контрольних перевірок на основні показники експлуатації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки (ймовірність безвідмовної роботи та коефіцієнт готовності), з застосуванням марківської моделі. **Висновки:** запропоновані технічні рішення підвищення метрологічної надійності зразків авіаційної техніки доцільно використовувати на основі методу проміжних контрольних перевірок, за їх допомогою доцільно оперативно коректувати тривалість міжповірного інтервалу перевірки реального поточного стану метрологічної надійності зразків авіаційної техніки.

Ключові слова: міжповірочні інтервал, метрологічна надійність, авіаційна техніка.

Вступ

Постановка задачі. Ймовірність вимірювальної інформації про контрольовані параметри авіаційної техніки, яка одержується за допомогою зразків контрольно-перевірочної апаратури, багато в чому визначається її метрологічною справністю та впливає на ефективність й безпеку застосування авіаційної техніки.

Основним методом підтримки метрологічне справного стану зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки у цей час є їх метрологічне обслуговування – повірка (калібрування), яке здійснюється через певні міжповірочні інтервали. У свою чергу, вирішення наукової задачі визначення оптимальної тривалості міжповірочних інтервалів зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки як правило, пов'язане з науковим завданням – оцінкою ефективності запропонованого методу. Ця оцінка може бути отримана або за наслідками експериментального дослідження або шляхом застосування відповідних методів моделювання, зокрема імітаційного, досліджуваних процесів що визначає актуальність розглядаємого питання, описом якого й присвячена стаття.

Аналіз літератури. Принципи й організаційні основи метрологічного забезпечення, а також роль й місце метрологічного забезпечення Збройних Сил України, викладено в статтях [1, 2], літературі [3–7]. Математичні моделі визначення кількості замовлень на гарантоване метрологічне обслуговування зразків озброєння та військової техніки з урахуванням їх важливості викладено в статті [1]. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення викладено в статті [2]. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в ускладнених умовах

викладені в [3–7]. Математичні методи, що використовуються при розробці математичних моделей, наведені в [8–16]. Нажаль в розглянутих джерелах питання, які пов'язані з процесом обґрунтування доцільності проведення проміжних контрольних перевірок щодо забезпечення підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, не розглядалися.

Метою статті є обґрунтування доцільності проведення проміжних контрольних перевірок щодо забезпечення підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки.

Основний матеріал

Аналіз відомих методів і методик коректування міжповірочних інтервалів засобів вимірювальної техніки, показав, що підвищення їх метрологічної надійності, як правило, пов'язано з проведенням певних технічних заходів, залученням додаткових матеріальних, людських і фінансових ресурсів, що істотно знижує ефективність практично всіх існуючих методів. Стосовно зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки – це науково-технічне завдання ускладнене ще і важливою особливістю їх експлуатації, необхідністю підтримки необхідного значення коефіцієнта готовності зразків контрольно-перевірочної апаратури, що входять в комплект відповідного зразка авіаційної техніки. Тому дослідження можливості істотного збільшення основних показників надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки та ймовірність безвідмовної роботи й коефіцієнта готовності, що досягається за допомогою проведення проміжних контрольних перевірок, є продовженням досліджень, що проводилися в даній науковій області.

Проведемо дослідження впливу проміжних контрольних перевірок на основні показники експлуатації

платуації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, (ймовірність безвідмовної роботи та коефіцієнт готовності), з застосуванням марківської моделі.

Для оцінки впливу проміжних контрольних перевірок зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки на зміну її ймовірності безвідмовної роботи та коефіцієнта готовності було використано дві моделі експлуатації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки: відома модель, із заданими параметрами експлуатації й вдосконалена модель, за рахунок введення в початкову модель нового стану – проміжної контрольної перевірки. Граф переходів зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки із стану в стан, а саме удосконаленої марківської моделі експлуатації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки що наведено на рис. 1, запишемо в вигляді диференціального рівняння (1):

$$\dot{P}(t) = |\lambda| \cdot P(t), \quad (1)$$

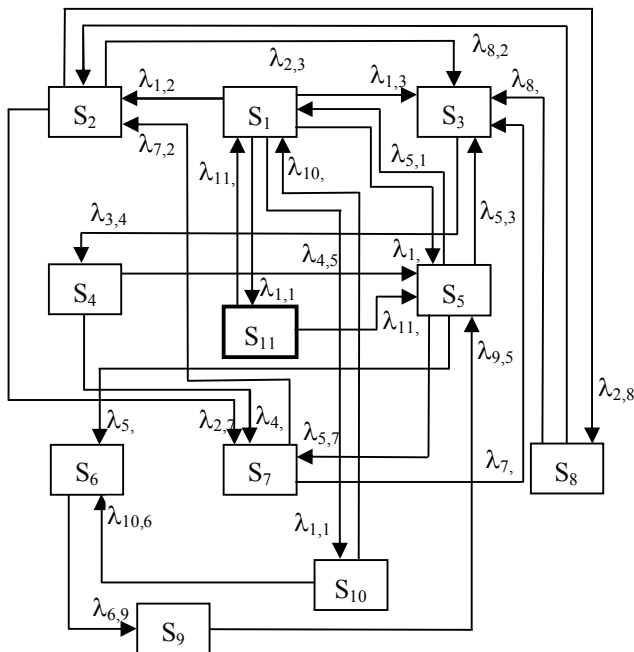


Рис. 1. Удосконалена марківська модель експлуатації зразків КПА авіаційної техніки

де $\dot{P}(t)$ – матриця-стовпець перших похідних по часу ймовірностей станів моделі експлуатації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки; $P(t)$ – матриця-стовпець ймовірностей станів моделі експлуатації; $|\lambda|$ – матриця переходів моделі експлуатації.

В цьому графі враховані такі стани зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки:

S₁ – зразки контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки справні й знаходяться в експлуатації;

S₂ – настала скрита метрологічна відмова зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, до закінчення її міжповірочного інтервалу;

S₃ – настала явна відмова зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки;

S₄ – відновлення (ремонт) несправного зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки;

S₅ – перевірка зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки;

S₆ – справний зразок контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, знаходиться в черзі на ремонт (брак його перевірки);

S₇ – перевірка зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, з метрологічною відмовою;

S₈ – самоперевірка зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, (при наявності метрологічної відмови);

S₉ – відновлення (помилка 1 роду) справного зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки – помилковий ремонт зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки;

S₁₀ – самоперевірка зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки;

S₁₁ – проміжна контрольна перевірка зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки.

В цьому рівнянні інтенсивності переходів приймають такі значення:

$$\lambda_{1,1} = -(\lambda_{я} + \lambda_{м} + T_{мну}^{-1} + T_{сн}^{-1} + T_{пкн}^{-1});$$

$$\lambda_{2,2} = -(\lambda_{я} + T_{мну}^{-1} + T_{сн}^{-1});$$

$$\lambda_{3,3} = -\lambda_{р}; \quad \lambda_{4,4} = -\tau_{р}^{-1};$$

$$\lambda_{5,5} = -(\lambda_{я} + \lambda_{м} + \tau_{н}^{-1}); \quad \lambda_{6,6} = -\tau_{рл}^{-1};$$

$$\lambda_{7,7} = -\tau_{н}^{-1} + \lambda_{я}; \quad \lambda_{8,8} = -\tau_{сн}^{-1};$$

$$\lambda_{9,9} = -\lambda_{вп}; \quad \lambda_{10,10} = -\tau_{сн}^{-1};$$

$$\lambda_{11,11} = -\tau_{пкн}^{-1}; \quad \lambda_{1,5} = \lambda_{2,7} = T_{мну}^{-1};$$

$$\lambda_{1,2} = \lambda_{м}; \quad \lambda_{2,3} = \lambda_{я};$$

$$\lambda_{1,10} = \lambda_{2,8} = T_{сн}^{-1}; \quad \lambda_{1,11} = T_{мну}^{-1};$$

$$\lambda_{3,4} = \lambda_{р}; \quad \lambda_{3,7} = \lambda_{я} + (1 - \beta_{н})\tau_{н}^{-1};$$

$$\lambda_{3,8} = (1 - \beta_{сн})\tau_{сн}^{-1}; \quad \lambda_{4,7} = \beta_{р}\tau_{р}^{-1};$$

$$\lambda_{5,4} = (1 - \beta_{р})\tau_{р}^{-1}; \quad \lambda_{11,1} = (1 - \alpha_{н})\tau_{н}^{-1}.$$

Розв'язання рівняння (1) відносно ймовірностей P₁ – P₁₁ (для сталого режиму) дозволяє отримати залежності цих ймовірностей відносно різних параметрів експлуатації та обслуговування зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки.

Отримані значення ймовірностей перебування зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, в станах, що розглянуті для моделей, які порівнюються, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення ймовірностей перебування зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки

Стан моделі експлуатації зразків КПА	Ймовірність перебування зразків КПА в відповідних станах	Значення ймовірностей	
		Для відомої моделі експлуатації зразків КПА	Для удосконаленої моделі експлуатації зразків КПА
S ₁	P ₁	0,859	0,905
S ₂	P ₂	0,042	0,013
S ₃	P ₃	0,02	0,011
S ₄	P ₄	1,031×10 ⁻⁵	1,086×10 ⁻⁵
S ₅	P ₅	0,021	0,011
S ₆	P ₆	0,013	5,002×10 ⁻³
S ₇	P ₇	3,067×10 ⁻³	3,231×10 ⁻³
S ₈	P ₈	4,415×10 ⁻³	7,061×10 ⁻³
S ₉	P ₉	4,151×10 ⁻⁴	3,061×10 ⁻³
S ₁₀	P ₁₀	0,037	0,012
S ₁₁	P ₁₁	---	0,03
Коефіцієнт готовності зразків КПА	$K_2 = \frac{P_1}{P_1 + P_2}$	0,953	0,986

Як видно з наведених в таблиці значень, практично по всіх основних станах зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки вдосконалена модель дозволяє досягти значного поліпшення показників надійності. Так, ймовірність знаходження зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки в справному стані у вдосконаленій моделі, в порівнянні з початковою відомою моделлю, підвищилася з 0,859 до 0,905, що задовольняє вимогам, які висуваються не тільки до технічних вимірювань, але і до важливіших вимірювань, наприклад, в системі передачі розміру фізичної величини.

Максимальний ефект досягається в підвищенні метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки а саме, за рахунок частішої та якіснішої профілактики технічного і метрологічного стану зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, більш ніж в 3 рази зменшується ймовірність перебування зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, в стані прихованої – метрологічної відмови (S₂), і майже в 2 рази – ймовірність перебування в стані явної відмови (S₃).

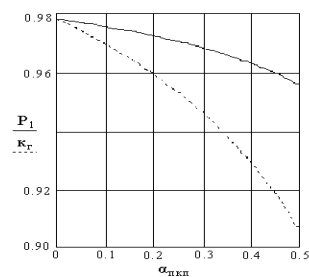


Рис. 2. Вплив помилок першого роду проміжних контрольних перевірок зразка КПА на ймовірність безвідмовної роботи

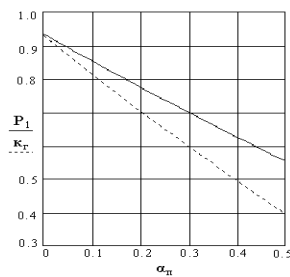


Рис. 3. Вплив помилок першого роду повірки зразка КПА на ймовірність безвідмовної роботи

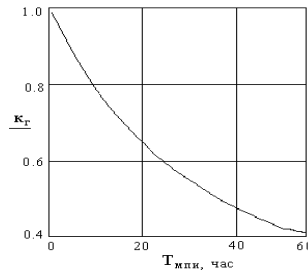


Рис. 4. Вплив періодичності метрологічного обслуговування зразка КПА на коефіцієнт готовності (для удосконаленої моделі експлуатації зразка КПА)

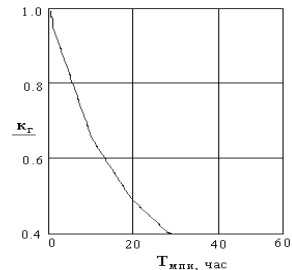


Рис. 5. Вплив періодичності метрологічного обслуговування зразка КПА на коефіцієнт готовності (для відомої моделі експлуатації зразка КПА)

Істотне поліпшення досягається і по другому з основних показників надійності – коефіцієнту готовності. Його значення у вдосконаленій моделі експлуатації зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки підвищується з 0,953 до 0,986, тобто на 3,5%.

Наочніше динаміка зміни даних показників надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, надається на графіках, що побудовані базуючись на отриманих значеннях (рис. 2-5) і відображають залежність коефіцієнта готовності зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, від найбільш важливих параметрів процесу їх експлуатації. Так, з рис. 2-3 видно, що збільшення значення помилки 1 роду, що допускається при проведенні проміжних контрольних перевірок зразків та контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, не спричиняє за собою такого значного погіршення коефіцієнта готовності та ймовірності безвідмовної роботи зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, в порівнянні з впливом аналогічної помилки, що допускається при проведенні його перевірки.

Наприклад, при значенні помилки 1 роду проміжних контрольних перевірок $\alpha_{\text{пкп}} = 0,1$ значення ймовірності безвідмовної роботи зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, $P_1(\alpha) = 0,976$, а значення коефіцієнта його готовності $K_T = 0,97$. Для того ж значення помилки 1 роду, перевірки зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, що допускається при проведенні, значення ймовірності безвідмовної роботи зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, $P_1(\alpha) = 0,86$, а значення коефіцієнта його готовності $K_T = 0,82$. При цьому динаміка зміни (зменшення) значень вказаних показників надійності в першому випадку (рис. 2) носить не такий критичний характер, в порівнянні з другим випадком (рис. 3). А саме, при збільшенні помилки 1 роду, що допускається при проведенні проміжних контрольних перевірок, в інтервалі від 0 до 0,5 зменшення ймовірності безвідмовної роботи зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки складає близько 3,2 % (з 0,988 до 0,956), а зменшення значення коефіцієнта його готовності складає приблизно 8,1 % (з 0,988 до 0,908). При такому ж збільшенні помилки 1 роду, що припускається при калібруванні зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки зменшення ймовірності безвідмовної роботи зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки й озброєння, склало близько 40 % (з 0,94 до 0,56) і зменшення значення коефіцієнта його готовності склало приблизно 57 % (з 0,94 до 0,4).

На рис. 4, 5 показано вплив збільшення інтервалу періодичності проведення метрологічного обслуговування зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки (по суті, тривалість міжповірного інтервалу) на зниження його коефіцієнта готовності. Дана залежність була розрахована для двох випадків (варіантів) експлуатації зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки:

– у першому випадку – відповідно до вдосконаленої моделі, коли на додаток до його планового метрологічного обслуговування проводяться проміжні контрольні перевірки його метрологічного стану;

– в другому випадку – з його плановим метрологічним обслуговуванням, але без додаткової пере-

вірки його технічного (метрологічного) стану (відповідно до відомої моделі).

Як видно з наведених графіків (рис. 4, 5), наявність проміжних контрольних перевірок зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, істотно підвищує її коефіцієнт готовності. Так, для відомої моделі отримано (рис. 5): при збільшенні $T_{\text{мпн}}$ до 10 ч значення коефіцієнта його готовності зменшується до 0,65, а при $T_{\text{мпн}} = 20$ ч значення коефіцієнта його готовності складе 0,48. За наявності проміжних контрольних перевірок (рис. 4) коефіцієнт його готовності відповідно для $T_{\text{мпн}} = 10$ ч зменшується лише до 0,78, а при $T_{\text{мпн}} = 20$ ч значення коефіцієнта його готовності складе 0,65. Отже, проведення проміжних контрольних перевірок зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки, дозволяє при заданому рівні коефіцієнта готовності обґрунтовано збільшувати його міжповірочний інтервал.

Висновки

1. Авторами обґрунтовано доцільність проведення проміжних контрольних перевірок для підвищення метрологічної надійності зразків контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки.

2. Враховуючи, з одного боку, ефект (істотний приріст показників надійності зразка контрольно-перевірочної апаратури авіаційної техніки й озброєння, що використовуються в операції Об'єднаних сил, а також мінімально матеріальні, фінансові та людські ресурси, що витрачаються для цього), що досягається, простоту організації і реалізації методу підвищення його метрологічної надійності на основі проведення проміжних контрольних перевірок, а з іншого боку, незначний вплив на показники його надійності помилок 1-го і 2-го роду, можна однозначно говорити про достатньо високу ефективність підвищення його метрологічної надійності.

3. Запропоновані технічні рішення підвищення метрологічної надійності зразків авіаційної техніки здійснюється на основі методу проміжних контрольних перевірок, за їх допомогою доцільно оперативно коректувати тривалість міжповірного інтервалу перевірки реального поточного метрологічного надійності стану зразків авіаційної техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кононов В.Б., Бурцева В.В. Математичні моделі визначення кількості замовлень на гарантоване метрологічне обслуговування зразків озброєння та військової техніки з урахуванням їх важливості Системи обробки інформації: зб. наук. пр. ХНУПС. – Вип.1 (147). – Харків, 2017. – С. 88–92.
2. Кононов В.Б. Методика прогнозування можливостей метрологічних підрозділів з відновлення пошкоджених засобів вимірювальної техніки військового призначення //Авиационно-космическая техника и технология. – Харків: НАУ ХАИ—2011.-№ 8 (85) -С.231 – 234.
3. Кононов В.Б., Науменко А.М., Водолажко О.В., Коваль О.В., Кондрашова І.І. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО.- Навчальний посібник. - Харків: ХНУПС, 2017. – С. 288.
4. Кононов В.Б. Застосування електричних вимірювань засобами вимірювальної техніки в умовах проведення АТО: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018. – 392 с.
5. Кононов В.Б. Instrumentation and general principles of sensors. Part 1: навч. посіб./ В.Б. Кононов, А.М. Науменко, О.В. Коваль та ін.. – Х.:ХНУПС, 2018.-64 с.
6. Організація метрологічного забезпечення військ (сил). Ч. 1 : навч. посіб. / І. Б. Кузнецов, П. М. Яблонський. – К. : НУОУ, 2009. – 356 с.

7. Організація застосування пересувних засобів метрологічного обслуговування: навч. посіб. / І. Б. Кузнецов, О. В. Ярошенко. – К. : НУОУ, 2009. – 356 с.
8. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>
9. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
10. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
11. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
12. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>
13. Gomathi B, Karthikeyan N K, Saravana Balaji B, "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Volume 13, Issue 1-3, 2018, pages 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
14. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>
15. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., Manikandan V. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.
16. Кузнецов І. Б. Марценківський В. Т., Ярошенко О. В., Буяло О. В., Проценко В. О. Удосконалення парку пересувних лабораторій вимірювальної техніки як фактор підвищення оперативності та ефективності метрологічного обслуговування складних систем // Збірник наукових праць Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Вип. 32. – К. : ВІКНУ, 2011. – С. 33–46.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. І. Кондрашов,
Національний технічний університет

“Харківський політехнічний інститут”, Харків

Received (Надійшла) 18.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 11.03.2019

Обоснование целесообразности промежуточных контрольных проверок для повышения метрологической надёжности образцов Контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники

В. Б. Кононов, А. Б. Котов, А. Д. Полянская

Предметом изучения статьи являются промежуточные контрольные проверки, что используются для повышения метрологической надёжности образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники. **Целью статьи** является обоснование целесообразности проведения промежуточных контрольных проверок для обеспечения повышения метрологической надёжности образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники. **Задачей** является обоснование технических решений, внедрение которых в практику измерений позволят повысить метрологическую надёжность образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники. В статье рассматривается: влияние промежуточных контрольных проверок на основные показатели эксплуатации образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники. (вероятность без отказной работы и коэффициент готовности), с использованием марковской модели. **Выводы:** предложенные технические решения повышения метрологической надёжности образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники осуществляется на основе метода промежуточных контрольных проверок, при его помощи целесообразно оперативно корректировать длительность межпроверочного интервала проверки реального текущего состояния метрологической надёжности образцов контрольно-проверочной аппаратуры авиационной техники.

Ключевые слова: межпроверочный интервал, метрологическая надёжность, авиационная техника.

Justification of the expediency of intermediate control checks for improvement the reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment

V. Kononov, O. Kotov, A. Polianska

The subject of the study of the article are intermediate control checks that are used to improve metrological reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment. **The purpose** Justification of the expediency of intermediate control checks for improvement the reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment. **The task** is to substantiate technical solutions, the introduction of which in the practice of measurement will improve metrological reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment. The article discusses the impact of intermediate control checks on the main indicators of the operation of samples of control and test equipment of aviation equipment (probability of failure and availability) using the Markov model. **Conclusions:** proposed technical solutions of the improvement metrological reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment carried out based on the method intermediate control check, with its help, it is advisable to promptly adjust the duration of the verification interval for checking the actual current state of metrological reliability of samples of control and test equipment of the aviation equipment.

Keywords: intermediate control checks, metrological reliability, aviation equipment.

Н. М. Куравська, М. О. Попов, Д. С. Шелякін, Р. О. Плошко

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИНХРОННОЇ ЧАСТОТИ ІЗ СКЛАДУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ

В статті розглядається спосіб модернізації перетворювача синхронної частоти, заснований на удосконаленні підшипникових вузлів. Де енергетичні втрати в підшипниках складаються в основному з втрат на тертя, що виникають внаслідок проковзування в місцях контакту тіл кочення з кільцями і сепаратором, недосконалою якістю матеріалу тіл кочення і кільця а також механічних втрат змащувальному матеріалі. Вони не є постійними у часі і визначаються конструкцією підшипника, режимами його роботи і мастила, а тому потужність в деякій мірі витрачається на подолання тертя в підшипнику. **Мета статті.** Визначення впливу коефіцієнта тертя підшипників на роботу перетворювачів частоти та надати пропозиції, щодо модернізації перетворювачів синхронної частоти. **Висновки.** Запропоновані нові підшипники суттєво знижують коефіцієнт тертя при цьому збільшуючи час напрацювання перетворювачів синхронної частоти. Завдяки модернізації ПСЧ можливо забезпечити стабільність частоти перетвореної напруги та забезпечити потрібну надійність в електропостачанні та зменшити втрати майже 1,5 рази. Запропоноване технологічне рішення удосконалення ПСЧ з новими типами підшипників, вони мають суттєвий недолік пов'язаний з труднощами, які можуть виникнути при виготовленні, але мають порівняно високий строк служби. Удосконалення підшипника закладається у зміні конструкції зі зберіганням технічних вимог до них, але вже без сепаратора та мастил (змащення).

Ключові слова: перетворювач синхронної частоти, коефіцієнт тертя підшипників, механічні втрати, безперебійність, збільшення напрацювання перетворювачів синхронної частоти.

Вступ

Постановка проблеми. Участь Збройних Сил України в операції об'єднаних сил (ООС) та подальша інтеграція Збройних Сил України в структури НАТО підтверджуються важливістю модернізації зразків озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ (ЗРВ) та відносяться до першочергових завдань розвитку Збройних Сил України.

Система електропостачання є одною з важливих ланок, що забезпечує високу бойову готовність зенітних ракетних комплексів. Гарантоване, якісне, економне та безпечне постачання електричною енергією озброєння та військової техніки є внеском у підтримання постійної бойової готовності та боєздатності військ (сил). Вимоги до надійності систем електропостачання військових об'єктів постійно зростають за рахунок розвитку та використання складної обчислювальної техніки.

Потрібну надійність та мобільність електропостачання забезпечують автономні джерела живлення, на ряду з перетворювачами синхронної частоти (ПСЧ). Такі перетворювачі повинні забезпечувати необхідні параметри змінного струму, а тому при виборі ПСЧ, необхідно порівнювати їх технічні дані, що мають бути враховані в переліку переваг. Одним з головних механізмів, на що треба не менш звертати увагу є підшипниковий вузол, який може істотно погіршувати енергетичні показники в ПСЧ.

Аналіз літератури. В відомій літературі багато уваги приділяється системі управління ПСЧ, але не розглядається проблема з підшипниковими вузлами. Більшість робіт, особливо [1–4] вказує на необхідність вдосконалити систему діагностування та захисту ПСЧ. Математичні методи, необхідні для досягнення результату, описані у [5–13].

Мета статті. Визначення впливу коефіцієнта тертя підшипників на роботу перетворювачів частоти та надати пропозиції, щодо модернізації перетворювачів синхронної частоти.

Основна частина

Взагалі ПСЧ можуть бути побудовані за різними структурними схемами. Принципи їх побудови визначаються вимогами відповідальних електроприймачів по надійності, безперебійності та якості електропостачання. Вибір конкретного типу ПСЧ визначається її цільовим призначенням та особливостями експлуатації. Розглядаючи питання удосконалення ПСЧ доцільно застосувати часові показники, а саме масу – m , питомий об'єм – V , вартість – C та ККД – η . Запропоновані характеристики визначаємо з урахуванням даних про систему електропостачання при цьому мають місце такі вирази (1):

$$\begin{aligned} m &= m_{nc} + m_{ncs} + m_{nep}; V = V_{nc} + V_{ncs} + V_{nep}; \\ C &= C_{nc} + C_{ncs} + C_{nep}, \end{aligned} \quad (1)$$

де m_{nc}, V_{nc}, C_{nc} – питомі характеристики маси, об'єму та вартості ПЧ; $m_{ncs}, V_{ncs}, C_{ncs}$ – питомі характеристики маси, об'єму та вартості управління ПСЧ; $m_{nep}, V_{nep}, C_{nep}$ – питомі характеристики маси нових підшипників, об'єму та вартості перетворювачів частоти у складі системи автономного електропостачання.

Аналіз техніко-економічних характеристик ПСЧ в системі автономного електропостачання об'єктів із застосуванням співвідношень дозволяє визначити шляхи удосконалення ПСЧ живлення з новими підшипниками. Кожна з ПСЧ має свої переваги та недоліки, які визначаються вимогами відповіда-

льних електроприймачів до якості електроенергії, надійності та безперебійності електропостачання. В свою чергу показники якості електроенергії суттєво залежать від способу зв'язку установки з основним джерелом, від енергетичних характеристик електромашинного перетворювача, величини кінетичної енергії, що накопив маховик, а також його конструктивних характеристик.

Розглянемо більш детально можливі шляхи удосконалення ПСЧ-50 з маховичними накопичувачами енергії. Раніш було з'ясовано, що за способом зв'язку з основним джерелом всі існуючі схемні рішення ПСЧ з маховичними накопичувачами енергії можливо розподілити їх на дві групи: ПСЧ паралельного підключення та ПСЧ послідовного підключення. ПСЧ в кожній з цих груп відрізняються складом обладнання, типом електромашинних перетворювачів і алгоритмами управління.

Загальними недоліками ПСЧ з маховичними накопичувачами енергії паралельного підключення є безпосередній вплив на функціонування відповідальних електроприймачів якості електроенергії, яка надходить від зовнішньої мережі. В той же час в ПСЧ послідовного підключення відсутній електричний зв'язок електроприймачів з зовнішньою мережею і якість електроенергії зовнішньої мережі безпосередньо не впливає на роботу відповідальних електроприймачів, однак їм притаманні такі недоліки, як:

- менша, ніж в мережі, частота струму генератора, обумовлена ковзанням синхронного двигуна;
- збільшена потужність синхронного двигуна, що викликана прагненням пом'якшити вплив коливань напруги і частоти мережі на споживачі і зменшити ковзання електродвигуна з метою підвищення верхнього значення частоти струму генератора;
- недостатньо економічне живлення електроприймачів, тому що останні отримують електроенергію не безпосередньо від зовнішньої мережі, а через каскад двигун-генератор.

Другою важливою задачею є забезпечення потрібного рівня надійності, що по-перше провал частоти можливо знизити шляхом моменту інерції маховика, що досягається збільшенням його маси. По-друге, зменшення маси маховика досягається, як підвищенням частоти обертанням, так і збільшенням діапазону зменшення частоти обертання. Однак, в підшипниках на основі синхронних машин підвищення частоти обмежено конструктивно-технологічними і електромагнітними можливостями електромашинних перетворювачів, що застосовуються, а збільшення діапазону зміни частоти обмежено показниками якості виробленої напруги. Розглядаючи задачу удосконалення електромашинних силових перетворювачів, як підвищення надійності та безперебійності і якими способами досягти очікуємі результати де мають місце втрат напруг що обумовлені в підшипникових вузлах ПСЧ. У ПСЧ є необхідність у використанні підшипників з чудовими експлуатаційними характеристиками. Такі характеристики, як підвищена частота обертання, високий ступінь точності обертання, висока жорсткість системи, мале тепловиділення, а також низькі рівні шуму і

вібрацій, – це лише деякі з переваг, якими повинні володіти ці підшипники.

Підшипники кочення що в даний момент стоять на синхронних перетворювачах частоти призначення як вже з часом експлуатації можуть тільки частково відповідати цим вимогам. Для задоволення цих вимог необхідно аналізувати сучасний асортимент прецизійних підшипників.

Прецизійні підшипники відкривають перед виробниками обладнання і кінцевими користувачами нові можливості по оптимізації робочих параметрів їх обладнання. Але ці підшипники мають різні переваги, які залежать від серії і сфери застосування, але для всіх прецизійних підшипників характерні високі частоти обертання і вантажопідйомність, тривалий термін служби, збільшені інтервали техобслуговування і низьке енергоспоживання а також має великий недолік це дуже висока вартість на виготовлення спеціального призначення.

Під довговічністю роботи підшипника беремо до уваги максимально можливу кількість обертів, які виконають тіла кочення навколо осі підшипника до моменту появи ознак зносу матеріалу на кільцях або безпосередньо на тілах кочення з супутніми змінами в його роботі (шум, надмірна перегрів і, в кінцевому рахунку, руйнування виробу).

Два майже однакових за маркуванням підшипника можуть істотно відрізнятися [1, 14] за показником довговічності, тому застосовується розрахунок цього параметра по ISO 281, а в якості бази береться основна довговічність (яка надається терміном роботи (шум, надмірна перегрів і, в кінцевому рахунку, руйнування виробу). Рівняння розрахунку основної довговічності виглядає наступним чином:

$$L_{10} = (C/P)^p \text{ або } C/P = (L_{10})^{1/p} \quad (2)$$

де L_{10} - основна довговічність; C — динамічні показники kN ; P — еквівалентне динамічне навантаження, kN ; p — індекс, в залежності від конструкції, для кулькових підшипників $p = 3$, для роликів $p = 10/3$

В табл. 1 нижче приведена залежність довговічності в 10^6 обертів у відповідності з $n_{об}$.

Таблиця 1 – Залежність довговічності L_{10} від частоти обертання $n_{об}$ кулькових підшипників

№	L_{10} , год	n , об /хв	
		3600	4300
1	2000	5,94	6,36
2	4000	7,30	7,82

Енергетичні втрати в підшипниках складаються в основному з втрат на тертя, що виникають внаслідок проковзування в місцях контакту тіл кочення з кільцями і сепаратором, недосконалою якістю матеріалу тіл кочення і кілець а також механічних втрат змащувальному матеріалі. Вони не є постійними у часі і визначаються конструкцією підшипника, режимами його роботи і мастила, а тому потужність в деякій мірі витрачається на подолання тертя в підшипнику. Підшипники мають у складі кульки [3, 4, 13], що знаходяться між кільцями де вони необхідні для зниження тертя між рухливими ділянками

ми де ще сепаратор теж впливає на опір кочення. Але якщо використовувати кульки без сепаратора, вони будуть наздоганяти і проходити тертя один з одним, що навпаки призведе до підвищенню тертя. В результаті, любі підшипники потребують змазки, а деякі підшипники без сепараторів обмежені у швидкості обертання із-за підвищеного тертя. Таке явище представляє собою особливий вид тертя з виникненням на одній з обох поверхонь тонкої пластичної плівки метала, в якій виникає зсувна деформація. Що виникає при наявності синтетичних мастил, прикладом є високонавантаженим вузлом тертя сталі по бронзі, на котрому з'являється шар міді товщиною $s < 1$ мкм. При цьому коефіцієнт тертя ковзання $TP < 0,01$, на порядок стає меншим.

Переходячи в теплоту, ці втрати викликають підвищення температури підшипникових вузлів. Вони не є постійними в часі і визначаються конструкцією підшипника, режимами його роботи і мастила. Потужність $P_{тр}$ (Вт), що витрачається на подання тертя в підшипнику (1)

$$P_{mp} = 0,10477 T_{mp} n, \quad (4)$$

де $T_{тр}$ – момент тертя, Нм; n – частота обертання.

За підрахунками нового підшипника зробили висновок, що він буде відповідати тим же технічним параметрам, але з меншим коефіцієнтом тертя і як наслідок більшим часом напрацювання.

Наближено оцінити момент тертя при дії результуючого навантаження, що не перевищує 10-20% динамічного навантаження:

$$T_{mp} = f_{mp} F_{pez} \cdot d / 2, \quad (5)$$

При аналізі зроблено висновок, що якщо проблема тільки в терті кульок, то можливо зробити так щоб вони не зустрічалися. Тобто, таким чином щоб у зовнішньому кільці заглиблення, то кульки, проходячи ці виїмки, будуть уповільнюватися, а за цим

прискорюватися. У результаті цього «рваного» ритму кульки не здоганяють один одного, і не мають тертя. В такій конструкції не потрібні: мастильні речовини та сепаратор.

З табл. 2 видно, що запропонований нами підшипник має такий же зовнішній та внутрішній діаметр $d_{зов.}$, $d_{вн.}$, тобто на базі 76-310К вносимо деякі конструктивні зміни які підвищують безвідмовність, довговічність. Де безвідмовність роботи перетворювачів повинна забезпечуватися без місцевого обслуговування періодами по 4 000 год за умови обов'язкового обслуговування через 2000 год вузли підшипникові електромашинних перетворювачів типу АТО, АТТ. Довговічність гарантійний термін експлуатації - 5 років з дня введення об'єкта в експлуатацію в межах гарантійного терміну зберігання; призначений ресурс до списання 35 000 год для ресурсних перетворювачів). Таким чином удосконалюючи підшипниковий вузол ми подовжуємо термін гарантійної експлуатації та збільшуємо час напрацювання без технічного обслуговування.

Висновки

1. Запропонований такий підшипник суттєво знижує коефіцієнт тертя при цьому збільшуючи час напрацювання ПСЧ.

2. Завдяки модернізації ПСЧ можливо забезпечити стабільність частоти перетворюваної напруги та забезпечити потрібну надійність в електропостачанні та зменшити втрати майже 1,5 рази.

3. Запропоноване технологічне рішення удосконалення ПСЧ з новими типами підшипників, вони мають суттєвий недолік пов'язаний з труднощами, які можуть виникнути при виготовленні, але мають порівняно високий строк служби.

4. Удосконалення підшипника заключається у зміні конструкції зі зберіганням технічних вимог до них, але вже без сепаратора та мастил (змащення).

Таблиця 2. Технічні характеристики підшипника 76-310К на базі ПСЧ-50, ПСЧ-15

	Тип підшипника	$d_{зов.}$, мм	$d_{вн.}$, мм	$n_{ном}$ обертання(при рідкому змащенню)	$n_{ном}$ при пластичному змащенню	$n_{ном}$ без змащення	$T_{пер.}^{\circ}$ С	$F_{тр}$
1	76-310К	180	85	4300	3600	–	45	0,008
2	Підшипник нового зразка	180	85	–	–	4300	60	0,002

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Перетворювальна техніка. Кононов Б.Т., Лагутін Г.І., Нечаус А.О., Ручка О.О. Харків: ХУНПС, 2018. – 478 с.
2. Малыш А.Н. Способы получения трехфазного переменного тока повышенной частоты и их сравнительный анализ, Система обробки інформації.ХУПС, 2007. Вип. 5(63). С. 73-76.
3. Лушик В.Д. Совмещенные электрические машины и аппараты. – К.: Техника, 1993. – 203 с.
4. Попов В.И. Электромагнитное совмещение преобразователей частоты. – М.: Энергия, 1980. – 176 с.
5. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>
6. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
7. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
8. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>

9. Gomathi B, Karthikeyan N K, Saravana Balaji B, "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", International Journal of Business Intelligence and Data Mining, Volume 13, Issue 1-3, 2018, pages 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
10. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>
11. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., Manikandan V. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.
12. Самойленко Б.Ф., Кононов Б.Т., Скворцов Ю.А. и др. Системы автономного электроснабжения. Учебник. – МО СССР, 1989. – 386 с.
13. Шакарян Ю.Г. Вопросы теории синхронной машины с двумя системами статорных обмоток // *Электричество*. – 1996. – № 11.
14. Диагностика и техническое обслуживание машин.: учебник для студентов высших учебных заведений / [Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И. и др.]. – К. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б. Г. Любарський,
 Національний технічний університет
 «Харківський політехнічний інститут», Харків
 Received (Надійшла) 08.02.2019
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Анализ преобразователей синхронной частотой из состава вооружения и военной техники для их модернизации с учетом опыта операции объединенных сил

Н.М. Куравська, М.О. Попов, Д.С. Шелякин, Р.О. Плошко

В статье рассматривается способ модернизации преобразователя синхронной частоты, основанный на совершенствовании подшипниковых узлов. Нужную надежность и мобильность электроснабжения обеспечивают автономные источники питания, наряду с преобразователями синхронной частоты (ПСЧ). Такие преобразователи должны обеспечивать необходимые параметры переменного тока, а потому при выборе ПСЧ, необходимо сравнивать их технические данные, которые должны быть учтены в перечне преимуществ. Одним из главных механизмов, на что надо не меньше обратить внимание подшипниковый узел, который может существенно ухудшать энергетические показатели в ПСЧ, где энергетические потери в подшипниках состоят в основном из потерь на трение, возникающие вследствие проскальзывания в местах контакта тел качения с кольцами и сепаратором, несовершенной качеством материала тел качения и колец а также механических потерь смазочном материале. Они не являются постоянными во времени и определяются конструкцией подшипника, режимами его работы и смазки, а поэтому мощность в некоторой степени расходуется на преодоление трения в подшипнике. **Цель статьи.** Определение влияния коэффициента трения подшипников на работу преобразователей частоты и предоставить предложения по модернизации преобразователей синхронной частоты. **Выводы.** Предложены новые подшипники существенно снижают коэффициент трения при этом увеличивая время наработки преобразователей синхронной частоты. Благодаря модернизации ПСЧ возможно обеспечить стабильность частоты преобразуемого напряжения и обеспечить нужную надежность в электроснабжении и уменьшить потери почти 1,5 раза. Предложенное технологическое решение усовершенствования ПСЧ с новыми типами подшипников, они имеют существенный недостаток связан с трудностями, которые могут возникнуть при изготовлении, но имеют сравнительно высокий срок службы. Совершенствование подшипника заключается в изменении конструкции с сохранением технических требований к ним, без сепаратора и масел (смазки).

Ключевые слова: преобразователь синхронной частоты, коэффициент трения подшипников, механические потери, бесперебойность, увеличение наработки преобразователей синхронной частоты.

Analysis of converters synchronous frequency with the composition of weapons and military equipment for their modernization, taking into account the experience of environmental protection

N. Kuravska, M. Popov, D. Shelyakin, R. Ploshko

The article discusses a method for upgrading a synchronous frequency converter based on the improvement of bearing assemblies. The necessary reliability and mobility of power supply is provided by autonomous power sources, along with synchronous frequency converters (PRN). Such converters should provide the necessary parameters of alternating current, and therefore when choosing a frequency inverter, it is necessary to compare their technical data, which should be taken into account in the list of advantages. One of the main mechanisms, on which it is necessary to pay attention to the bearing unit, which can significantly worsen the energy performance in the frequency response system. Where the energy losses in bearings consist mainly of friction losses resulting from slipping at the points of contact of the rolling bodies with rings and separator, the imperfect quality of the material of the rolling bodies and rings, as well as mechanical losses of the lubricant. They are not constant in time and are determined by the design of the bearing, its modes of operation and lubrication, and therefore the power is to some extent spent on overcoming friction in the bearing. **The purpose of the article.** Determination of the influence of the coefficient of friction of bearings on the work of frequency converters and provide suggestions for the modernization of transducers of synchronous frequency. **Conclusions.** New bearings are proposed to significantly reduce the coefficient of friction while increasing the operating time of synchronous frequency converters. Thanks to the modernization of the PSF it is possible to ensure the stability of the frequency of the converted voltage and provide the necessary reliability in the supply of electricity and reduce losses by almost 1,5 times. The proposed technological solution to improve the PSF with the new types of bearings, they have a significant drawback due to the difficulties that may arise in the manufacture, but have a relatively high life span. Improvement of the bearing is reserved for changing the design with the storage of technical requirements for them, but without a separator and lubricants (lubrication).

Keywords: synchronous frequency converter, bearing friction coefficient, mechanical losses, uninterrupted operation, increase in operating time of synchronous frequency converters.

М. В. Мезенцев, М. Й. Заполовський, М. В. Липчанський

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО УПРАВЛІННЯ

Розглянуті питання розробки та дослідження моделей систем автоматичного керування (САК) електропередачею дизель-поїзда з електроприводом змінного струму. Проведено огляд літературних джерел на задану тематику та аналіз існуючих підходів до розв'язання. Розглянуті як стандартні алгоритми керування окремих контурів системи управління так і варіанти з використанням методів цифрового управління. Побудовані математичні моделі, структурні схеми моделей контурів САК електропередачі, запропоновані рекурентні співвідношення для окремих контурів управління, проведено моделювання їхнього функціонування. Отримані аналітичні співвідношення, які можуть бути використані для розробки структури САК електропередачі дизель-поїзда і розрахунку її параметрів при забезпеченні певного критерію якості. Визначені параметри САК вихідної напруги інверторів (каналу формування струму) асинхронного електродвигуна, які забезпечують задану якість керування та допустимі межі зміни параметрів САК.

Ключові слова: системи автоматичного керування, електропередача, електропривод змінного струму, алгоритми управління, дизель-поїзд, математична модель, рекурентні співвідношення.

Вступ

Огляд робіт, присвячених задачі розробки систем керування електропередачами локомотивів та дизель-поїздів з електроприводом змінного струму показує, що в даний час значна увага приділяється створенню оптимальних систем управління на основі сучасних досягнень проектування з використанням методів оптимізації, нечіткої логіки, нейрокомп'ютерних технологій, орієнтованих на побудову не аналогових, а цифрових систем управління (ЦСУ), які забезпечують функціонування як його самого, так і підсистем окремо. Ця тенденція має місце не тільки в Україні, але і країнах ближнього і далекого зарубіжжя [1–4].

ЦСУ дозволяють реалізувати більш складні принципи керування згідно запропонованих алгоритмів – векторне керування, керування за нейронними технологіями, реалізацію оптимальних законів керування і т. п. [4–6]. Крім того ЦСУ відрізняється перевагою цифрових елементів у порівнянні з аналоговими – великою завадостійкістю, простотою і зручністю в цифровому заданні програми функціонування тих чи інших регуляторів системи управління, тенденцією до зниження габаритів і вартості систем, до підвищення надійності і ступеня інтеграції цифрових вузлів.

Тому розробка систем керування на основі методів управління та моделей для їх дослідження є актуальною задачею.

Постановка задачі і аналіз відомих публікацій

Для рішення завдань розробки ЦСУ, зокрема алгоритмів управління, присвячено значне число публікацій [2, 5, 7–10] та зазвичай використовується математичне моделювання, сучасні методи теорії автоматичного керування та оптимізації, прогресивні інформаційні технології, технічні засоби реалізації на базі мікропроцесорної техніки компонент систем автоматичного керування.

Алгоритми управління зв'язані з формуванням певних законів керування окремих контурів електропередачі дизель-поїзда. Структура ЦСУ загалом аналогічна структурам аналогових систем керування, тому синтез регуляторів ЦСУ простіше проводити за методикою для аналогових систем, а результати використовувати для їхньої параметризації та розробки алгоритмів (рекурентних співвідношень). Показники якості синтезованих ЦСУ можливо визначати за допомогою моделювання [10].

Математичний опис (математичні моделі) цифрових (дискретних) систем проводиться в основному двома методами: рівняннями в кінцевих різностях; z -функціями (z -перетворенням Лапласа). Метод оцінки властивостей ЦСУ можливо проводити на основі загальної передавальної функції як аналогової системи та наступному z -перетворенні цієї функції і рішення отриманого рівняння (рекурентного співвідношення) методом моделювання.

Розглянутий підхід використано при розробці цифрової системи управління електропередачі дизель-поїзда з електроприводом змінного струму. На першому етапі – за допомогою моделювання з використанням пакету Mat Lab уточнені структура і параметри регуляторів контурів системи управління згідно заданих якісних показників щодо забезпечення умов функціонування об'єкта в цілому, на другому етапі – на основі z -перетворення отримані алгоритми (рекурентні співвідношення) для контурів системи управління. Детальний опис отримання рекурентного співвідношення в роботі приведено для контуру системи керування блоком зворотного зв'язку регулятора формування струму електродвигуна електроприводу дизель-поїзда, який є визначальним в структурі системи автоматичного керування електропередачі дизель-поїзда та визначає період дискретизації сигналів управління, виходячи з умов забезпечення стійкості функціонування системи та її реалізації засобами мікропроцесорної техніки.

Що до першого етапу, то за допомогою моделювання з використанням пакету MatLab уточнені

структура і параметри регуляторів контурів системи управління згідно заданих якісних показників, результати досліджень приведено в роботах [3, 8, 9].

Метою даної роботи є розробка математичних моделей, алгоритмів (рекурентних співвідношень) для реалізації контурів регуляторів системи управління електропередачі дизель-поїзда з електроприводом змінного струму, визначення періоду дискретизації сигналів управління за умов використання сучасних засобів мікропроцесорної техніки, визначення параметрів системи автоматичного управління, які забезпечують задану якість керування і допустимі межі зміни параметрів САР, проведення досліджень та отримання якісних характеристик роботи систем управління в процесі моделювання з використанням пакету MatLab.

Основна частина

З аналізу системи управління електропередачі дизель-поїзда виходить, що найбільш критичною системою в процесі функціонування являються регулятор вихідної напруги інверторів електроприводу. Його модель може бути представлена сукупністю моделей каналу струму і каналу потужності. Ці канали призначені для формування сигналу керуючого впливу по вихідній напрузі інверторів.

У режимі тяги без врахування процесів боксування сигнал управління регулятора вихідної напруги інверторів U_i формується відповідно до закону:

$$U_i = (\min(U_1, U_2)) / (T_1 p + 1), \quad (1)$$

де $U_1 = K_1 U_3 (1 + 1/T_2 p)$; $U_2 = K_2 U_4 (1 + 1/T_2 p)$; T_1, T_2, T_3, K_1, K_2 – відповідно постійні часу та коефіцієнти підсилення; U_3, U_4 – сигнали помилок (різностного сигналу завдання та сформованого сигналу зворотного зв'язку) відповідного каналу (струму або потужності). Формування сигналу завдання виконується на основі номера позиції контролера машиніста.

Співвідношення (1) визначає який з каналів формування струму або потужності функціонує в даний момент часу з використанням пропорційно-інтегрального закону управління. Можливо використання й інших законів управління.

Постільки структури каналів струму та потужності ідентичні, то алгоритми (рекурентні співвідношення) за умови використання аналогічних перетворень (методів інтегрування) також будуть мати однакові структури. Відрізнитися будуть тільки параметрами (коефіцієнтами підсилення та постійними часу) відповідних елементів структурних схем, які визначаються на етапі дослідження аналогових структур системи керування.

Структурна схема моделі електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму, приведена на рис. 1.

Значення вихідних параметрів структурної схеми (конструктивні параметри) наступні:

$$K_6=95; K_7=6.7; K_8=0.017; K_9=2; \\ T_1=0.1; T_2=1; T_3=0.016; T_4=0.007.$$

Величини K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 – визначались в процесі дослідження. При цьому досліджувану структуру САР можна представити наступним чином. Вона складається з блоку завдання, формувача сигналу керування (пропорційно-інтегрального регулятора, фільтра й задатчика інтенсивності), об'єкта керування (моделі електроприводу), блоку формування сигналу зворотного зв'язку (датчики, масштабуючі підсилювачі, фільтри).

За допомогою блоку завдання формується сигнал управління, що відповідає певній позиції контролера машиніста й характеризується швидкістю його наростання.

Математичні моделі електропередачі по каналу формування струму представлені передавальними функціями $W_1(p) - W_6(p)$.

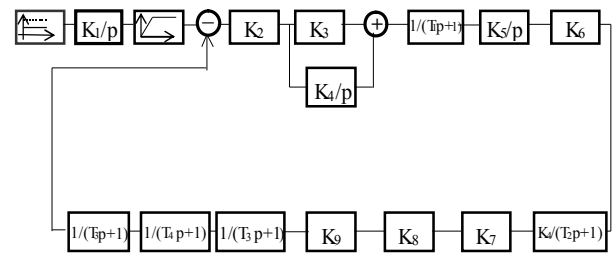


Рис. 1. Структурна схема моделі електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму

Блок формування завдання $W_1(p)$, в якого входним сигналом є значення номера позиції контролера машиніста:

$$W_1(p) = K_1 / p. \quad (2)$$

Блок пропорційно-інтегрального регулятора $W_2(p)$:

$$W_2(p) = K_2(K_3 + K_4 / p). \quad (3)$$

Блок фільтра сигналів пропорційно-інтегрального регулятора $W_3(p)$:

$$W_3(p) = 1 / (T_1 p + 1). \quad (4)$$

Блок задавальника інтенсивності $W_4(p)$:

$$W_4(p) = K_5 / p. \quad (5)$$

Особливістю блока задавальника інтенсивності є те, що він має перемінну структуру в процесі функціонування. В залежності від знаку похідної входного сигналу – різні значення коефіцієнта K_5 , який впливає на якісні показники об'єкта управління.

Блок об'єкта управління (електроприводу дизель-поїзда) $W_5(p)$:

$$W_5(p) = K_6 / (T_2 p + 1). \quad (6)$$

Блок датчиків та фільтра сигналів елементів зворотного зв'язку $W_6(p)$:

$$W_6(p) = K_7 K_8 K_9 / ((T_3 p + 1)(T_4 p + 1)(T_5 p + 1)). \quad (7)$$

Моделі блоків, які описуються передавальними функціями (2)–(7), з однієї сторони використовувались для уточнення структури та визначення параметрів елементів схеми моделі електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму, з іншої –

для отримання алгоритмів (рекурентних співвідношень).

У процесі досліджень використовувався метод багаторазового прогону моделі (зміна визначених параметрів) і отримання перехідних процесів з наступним їхнім аналізом.

На першому етапі проводилися дослідження САР з метою уточнення структури та визначення параметрів регулятора каналу формування струму, відповідно до схеми, приведеної на рис. 1. Основна увага приділялася питанням, пов'язаними з адекватністю розроблених моделей і визначенням параметрів САР, що забезпечують задану якість регулювання. При цьому показниками якості виступали величина перерегулювання, час перехідного процесу, число перерегулювання, значення швидкодії.

В результаті досліджень уточнені структурні схеми каналів формування струму, підтримки сталості потужності, обмеження максимального значення напруги живлення та визначені параметри контурів керування. Значення параметрів для САР каналу формування струму, які задовольняють критерію якості та блоку формування сигналу зворотного зв'язку (блок фільтрів) безпосередньо приведені на структурній схемі моделі (рис. 2).

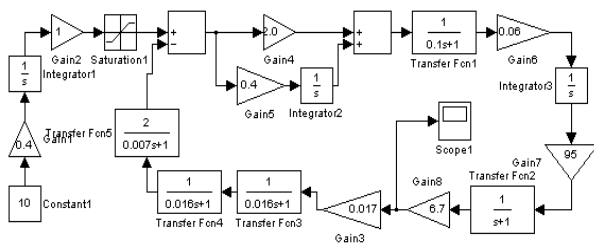


Рис. 2. Структурна схема моделі електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму

Питання, які розглядаються в даній роботі, спрямовані безпосередньо на розробку алгоритмів (рекурентних співвідношень) функціонування складових системи управління електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму.

Як було відмічено раніше, детальний опис отримання рекурентного співвідношення приведено для контуру системи керування блока зворотного зв'язку регулятора формування струму електроприводу, який є загальним для каналів САР, найбільш складним за структурою та визначальним в системі автоматичного керування електропередачі дизель-поїзда. Крім того визначено період дискретизації сигналів управління, виходячи з умов забезпечення стійкості функціонування системи та її реалізації засобами мікропроцесорної техніки.

Структурна схема блоку фільтрації, математична модель якого описується передавальною функцією $W_6(p)$ (вираз (7)) системи управління електропередачі дизель-поїзда, приведена на рис. 3.

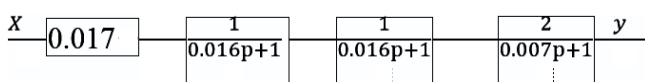


Рис. 3. Структурна схема блоку фільтрації сигналів

Позначимо: $k_1 = 0.017$; $k_2 = 2$; $T_1 = 0.016$; $T_2 = 0.016$; $T_3 = 0.007$. Тоді, відповідно до структурної схеми (рис. 3) та прийнятих позначень, отримаємо:

$$Y = k_1 k_2 / ((T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)) X; \quad (8)$$

$$Y(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1) = k_1 k_2 X. \quad (9)$$

Перетворимо вираз (9):

$$Y[p^3 + T_{10} p^2 + T_{11} p + T_{12}] = k_3 / T_{13} X, \quad (10)$$

де $T_{10} = (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) / T_1 T_2 T_3$; $k_3 = k_1 k_2$.

$T_{11} = (T_1 + T_2 + T_3) / T_1 T_2 T_3$; $T_{12} = 1 / T_1 T_2 T_3$; $T_{13} = T_1 T_2 T_3$;

Можна записати:

$$Y p^3 + Y T_{10} p^2 + Y T_{11} p + Y T_{12} = k_4 X; \quad (11)$$

$$\text{або} \quad Y''' + T_{10} Y'' + T_{11} Y' + T_{12} Y = k_4 X. \quad (12)$$

де $k_4 = k_3 / T_{13}$.

Для знаходження рекурентного співвідношення використаємо поняття імпульсної передавальної функції $H[z]$ та методику використання операторів інтегрування (I) і диференціювання (D). Тоді із (12) отримаємо:

$$D^3 Y + T_{10} D^2 Y + T_{11} D Y + T_{12} Y = k_4 X. \quad (13)$$

Приведемо вираз (13) до оператора інтегрування (I). Отримаємо:

$$Y + T_{10} I Y + T_{11} I^2 Y + T_{12} I^3 Y = k_4 I^3 X. \quad (14)$$

Операцію інтегрування виконаємо за правилом прямокутників, для якого інтегрування в операторній формі запису має вид:

$$I = \tau / (z - 1), \quad (15)$$

де τ – крок інтегрування.

Тоді рівняння (14) прийме вид:

$$Y(1 + T_{10} \tau / (z - 1) + T_{11} \tau^2 / (z - 1)^2 + T_{12} \tau^3 / (z - 1)^3) = \tau^3 / (z - 1)^3 k_4 X. \quad (16)$$

Перетворимо рівняння (16). Отримаємо:

$$Y[z^3 + z^2(10\tau - 3) + z(T_{11} \tau^2 - 2T_{10} \tau + 3) + (1 + T_{10} \tau - T_{11} \tau^2 + T_{12} \tau^3)] = \tau^3 k_4 X. \quad (17)$$

В результаті імпульсна передавальна функція має вигляд:

$$H[z] = \tau^3 k_4 / [z^3 + z^2(10\tau - 3) + z(T_{11} \tau^2 - 2T_{10} \tau + 3) + (1 + T_{10} \tau - T_{11} \tau^2 + T_{12} \tau^3)]. \quad (18)$$

З рівняння (17) знайдемо рекурентне співвідношення для блоку фільтрації сигналів:

$$Y_n = \tau^3 k_4 X_{n-3} - [(10\tau - 3) Y_{n-1} + (T_{11} \tau^2 - 2T_{10} \tau + 3) Y_{n-2} + Y_{n-3} (1 + T_{10} \tau - T_{11} \tau^2 + T_{12} \tau^3)]. \quad (19)$$

Використовуючи дану методику знайдені рекурентні співвідношення і для інших елементів схеми електропередачі дизель-поїзда по каналу формування струму згідно структурної схеми, приведеної на рис. 2.

Блок формування завдання $W_1(p)$:

$$Y_n = \begin{cases} Y_{n-1} + 0.4\tau X_{n-1}, & \text{якщо } Y_n < N; \\ N, & \text{якщо } Y_n \geq N, \end{cases} \quad (20)$$

де N – величина вхідного сигналу блоку формування завдання.

Блок пропорційно-інтегрального регулятора $W_2(p)$:

$$Y_n = Y_{n-1} + k_2 (k_3 X_n - (k_3 - k_4 \tau) X_{n-1}), \quad (21)$$

де $k_2 = 2.5$; $k_3 = 1$; $k_4 = 0.2$.

Блок фільтру сигналів пропорційно-інтегрального регулятора $W_3(p)$:

$$Y_n = (1 - a\tau)Y_{n-1} + a\tau X_{n-1}, \quad (22)$$

де $a = 1/T_1$; $T_1 = 0.1$.

Блок задавальника інтенсивності $W_4(p)$:

$$Y_n = Y_{n-1} + k_5 \tau X_{n-1}, \quad (23)$$

де $k_5 = \begin{cases} 0.02, & \text{якщо } Y_n - Y_{n-1} \geq 0; \\ 0.2, & \text{якщо } Y_n - Y_{n-1} < 0. \end{cases}$

В рівняннях (19) – (23) невідомою величиною є значення періоду дискретизації (кроку інтегрування) τ . Знайти величину τ можливо виходячи з поняття стійкості дискретних систем управління (система стійка, якщо полюси імпульсної передавальної функції знаходяться в середині кола, радіус якого менше 1). Знайдемо значення τ для рекурентного співвідношення блоку фільтрації сигналів. Як показали дослідження в процесі моделювання, якщо виконати фільтр двохелементним з еквівалентними значеннями параметрів, то характер перехідного процесу в замкнутій системі регулювання практично не змінюється. Перевірку правильності розрахунку значення τ перевірено за допомогою моделювання при використанні трьохелементного фільтра в замкнутій системі регулювання, в відповідності до структурної схеми, яка приведена на рис. 1.

Для знаходження величини кроку інтегрування τ для двохелементного фільтра отримана імпульсна передавальна функція, яка в кінцевому варіанті має вигляд:

$$H(z) = C_3 \tau^2 / (z^2 - z(2 - C_1 \tau) + (1 - C_1 \tau + C_2 \tau^2)), \quad (24)$$

де $C_1 = T_4 / T_3$; $C_2 = 1 / T_3$; $C_3 = k_3 / T_3$.

Для конкретних значень k_i та T_i ($i \in \{1, 2, 3\}$) знайдені коефіцієнти C_i мають наступні значення:

$$C_1 = 205.36; C_2 = 8928.57; C_3 = 303.57.$$

Знаменник імпульсної передавальної функції має вигляд:

$$z^2 - z(2 - C_1 \tau) + (1 - C_1 \tau + C_2 \tau^2) = (z - \alpha_1(\tau))(z - \alpha_2(\tau)). \quad (25)$$

Забезпечення стійкості рекурентного співвідношення виконується за умови:

$$|\alpha_1(\tau)| < 1, |\alpha_2(\tau)| < 1.$$

Із (25) знайдемо корені полінома:

$$z^2 - z(2 - C_1 \tau) + (1 - C_1 \tau + C_2 \tau^2) = 0. \quad (26)$$

Рішення рівняння (26) дає корені:

$$\alpha_1(\tau) = (1 - 62\tau); \alpha_2(\tau) = (1 - 142\tau).$$

Тоді: $\tau_1 = 0.017$; $\tau_2 = 0.007$.

Обираємо: $\tau = \min(\tau_1, \tau_2) = 0.007$ с.

Результати моделювання підтвердили працездатність запропонованих рекурентних співвідношень та рекомендоване значення періоду дискретизації, що може бути використано при розробці цифрової системи управління електропередачі з електроприводом змінного струму локомотивів та ди-

зель-поїздів з використанням засобів мікропроцесорної техніки.

На рис. 4 приведені перехідні процеси, що відповідають струму ТАД при зміні одного з параметрів (коефіцієнта підсилення) САР (коефіцієнта К3 інтегральної складової пропорційно-інтегрального закону управління) за умови використання операції інтегрування за правилом прямокутників (методом Ейлера) при значенні кроку інтегрування $\tau = 0.007$ с. Процес носить стійкий характер і не суперечить поняттям теорії управління щодо характеру поведінки якісних показників в залежності від коефіцієнту підсилення. Критичне значення кроку інтегрування $\tau = 0.015$ с., при якому процес носить явно нестійкий характер.

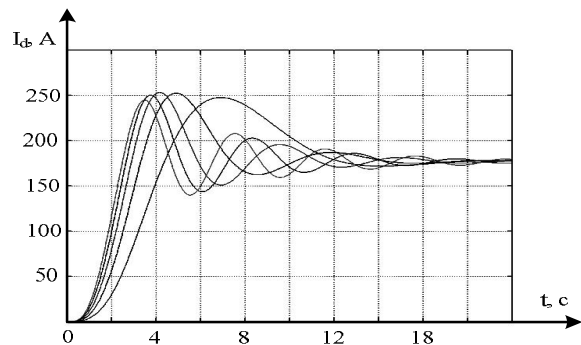


Рис. 4. Залежності струмів ТАД при зміні коефіцієнта K_3

Висновки

1. На основі аналітичного огляду існуючих алгоритмів та систем автоматичного керування електропередачі дизель-поїзда з тяговим електроприводом змінного струму запропоновані структурні схеми регуляторів контурів САР електропередачі та їх математичні моделі для дослідження системи управління з метою визначення параметрів регуляторів за умови забезпечення певних критеріїв якості та розробки алгоритмів (рекурентних співвідношень).

2. Отримані аналітичні співвідношення у вигляді рекурентної форми для реалізації алгоритмів управління (регулятора вихідної напруги інверторів (каналу формування струму)) можуть бути використані при побудові системи управління за допомогою засобів мікропроцесорної техніки, що дозволить створення цифрової системи управління електропередачею дизель-поїзда згідно сучасних тенденцій.

3. Запропоновані математичні моделі, які реалізовані у вигляді машинної моделі і проведені за її допомогою дослідження, розроблені алгоритми (рекурентні співвідношення) показали перспективність такого підходу при проектуванні сучасних систем управління електропередачі локомотивів та дизель-поїздів з тяговими електроприводами змінного струму.

4. Визначені параметри системи автоматичного управління вихідної напруги інверторів (каналу формування струму) асинхронного електродвигуна, які забезпечують задану якість керування (час пе-

рехідного процесу, величину перерегулювання, число перерегулювання, значення швидкодії), допустимих меж зміни параметрів САР та значення періоду дискретизації (кроку інтегрування) за умови реалізації отриманих рекурентних співвідношень засобами мікропроцесорної техніки.

5. На підставі досліджень, які проведені шляхом моделювання показано, що структури регуляторів із значеннями параметрів, що пропонуються, задовольняють вимогам щодо працездатності в робочому проміжку швидкостей та можливих навантажень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Horstmann D. 100 Jahre Entwicklung der Antriebsstechnik für elektrische Bahnen. Teil 2 / D. Horstmann, R. Wagner, W-D. Weigel // Elek. Bahnen. – 2003. – No 7. – P. 338 – 345.
2. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов / [Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Заполовский Н.И., Леонов С.Ю.]. – Х.: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. – 248 с.
3. Заполовський М.Й. Синтез управлін для оптимізації динамічних процесів електроприводу змінного струму / М.Й. Заполовський, В.В. Скороделов, М.В. Мезенцев // Системи управління, навігації та зв'язку. – Вип. 4(50). Полтава. 2018. С. 38-41.
4. Грибко В.В. Мікропроцесорні системи керування електроприводами / В.В. Грибко, В.Ю. Кучерук, О.М. Возняк – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 146 с.
5. Isermann R. Digital Control Systems: Volume 1: Fundamentals, Deterministic Control / R. Isermann – Springer Science & Business Media, 2013. – 336 p.
6. Dressler Helmuk MICAS – Microcomputer für Fahrzeuge // Elektrische Bahnen. – 1981. – Vol. 79. – №12. – P. 411 – 417.
7. Поповіч М.Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / М.Г. Поповіч, О.Ю. Лозинський. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
8. Заполовський М.Й. Розробка та дослідження алгоритмів цифрової системи автоматичного регулювання (САР) електропередачі дизель-поїзда / М.Й. Заполовський, О.К. Пермяков // Тези доповідей шостої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації» - Черкаси-Баку-Бельсько-Бяла-Харків-2018. – С. 60.
9. Заполовський Н.И. К вопросу разработки цифровой системы автоматического регулирования электропередачи дизель-поезда / Н.И. Заполовский, О.К. Пермяков // «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» - Полтава-Баку-Харків-Жиліна - 2018. – С. 10.
10. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления / А.А. Ерофеев – СПб.: Политехника, 2001. – 302 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г. А. Кучук,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків
Received (Надійшла) 11.03.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 03.04.2019

Разработка и исследование системы управления электропередачи дизель-поезда на основе методов цифрового управления

Н. И. Заполовский, Н. В. Мезенцев

Рассмотрены вопросы разработки и исследования моделей систем автоматического управления (САУ) электропередачей дизель-поезда с электроприводом переменного тока. Проведен обзор литературных источников по заданной тематике и анализ существующих подходов к решению. Рассмотрены как стандартные алгоритмы управления отдельных контуров системы управления так и варианты с использованием методов цифрового управления. Построенные математические модели, структурные схемы моделей контуров САУ электропередачи, предложены рекуррентные соотношения для отдельных контуров управления, проведено моделирование их функционирования. Полученные аналитические соотношения, которые могут быть использованы для разработки структуры САУ электропередачи дизель-поезда и расчета ее параметров при обеспечении определенного критерия качества. Определены параметры САУ выходного напряжения инверторов (канала формирования тока) асинхронного электродвигателя, обеспечивающих заданное качество управления и допустимые пределы изменения параметров САУ.

Ключевые слова: системы автоматического управления, электропередача, электропривод переменного тока, алгоритмы управления, дизель-поезд, математическая модель, рекуррентные соотношения.

Development and research of diesel power train transmission control system based on digital control methods

M. Zapolovsky, M. Mezentsev

The questions of development and research of models of automatic control systems (ACS) of electric power transmission of a diesel train with electric actuator of an alternating current are considered. A review of literary sources on a given topic and an analysis of existing approaches to the decision is made. Both standard control algorithms for separate control system contours and variants using digital control methods are considered. The constructed mathematical models, structural schemes of the models of circuits of ACS, proposed recurrence ratios for the individual control loops, carried out the modeling of their functioning. The obtained analytical relations which can be used for the development of the structure of the electric power transmission line of the diesel train and the calculation of its parameters when providing a certain quality criterion. The parameters of the ACS of the output voltage of the inverters (current generation channels) of the asynchronous electric motor are determined, providing the specified quality of control and allowable limits of change of parameters of the ACS.

Keywords: automatic control systems, power transmission, AC electric drive, control algorithms, diesel train, mathematical model, recurrence relations.

O. Shefer, B. Topikha, V. Shefer, O. Zhurkin

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

OPTIMIZATION OF ELECTRIC ENERGY USE IN TELECOMMUNICATION OBJECTS UNDER THE CONDITIONS OF NON-LINEAR LOADING

The article deals with an improved method of optimization of the usage of electric energy in the object of telecommunication provided constant and variable non-linear load. The mentioned method deals with contradictions, which stands in the need of increasing fundamental harmonic, which causes problems in the practical implementation and reduction of the current with high harmonics of nonlinear variable load. It was established that a weighty part of telecommunication equipment is a non-linear load, operation of which leads to significant network distortions. The classification of negative factors, associated with the emergence of higher harmonics of currents and voltages and methods of their suppression was given. To optimize the transmission of electricity in the nonlinear load it was proposed to use a special power supply, which further need to be enabled in electrical circuit and then it provides compensation of the higher harmonics of nonlinear current. Scheme solutions of optimizers of transmission of electric energy to the non-linear load with constant and variable parameters were presented. The structure and algorithm of the method of optimization of electricity, which deals with determination of the amplitude and phase of harmonics of non-linear load by the method of fast conversion of Fourier and formation of signal control by the active filter of harmonics, were determined. **Conclusion.** Due to the application of the method of optimization of transmission and usage of electric energy, which takes into account changes in nonlinear load and harmonic current parameters, the quality of electric energy usage is increased and the nominal mode of operation of telecommunication objects is provided.

Keywords: telecommunications, non-linear load, active filter, optimization, harmonious component.

Introduction

Formulation of the problem. Telecommunication systems and network technologies are currently used in any subject matter of the society. The current level of complexity of telecommunication equipment is constantly rising.

For each telecommunication object, the nominal parameters of electric energy (frequency, voltage, current, etc.) are determined, therefore the required quality of electric power must be provided for normal operation [1].

In practice, telecommunication systems and networks must overcome a number of problems associated with fluctuations, failures and power outlets; noises of various origin, including high-frequency, as well as a number of interferences, in particular impulse ones.

In the case of linear loading and harmonic modes of operation, optimization processes of this mode were conditioned by the presence of the reactive power and its compensation with the help of special reactive elements in the electric circuit.

However, the process of optimization is significantly complicated in the case of distortions of the form of voltage, which is related to the harmonic components of current consumed by nonlinear load [2].

Negative impact on the quality of electric energy, in general, is carried out by consumers with a nonlinear characteristic. It is a distortion of the form and, as a consequence, the emergence of higher harmonics, not only on the clamps of consumers, but also throughout the network electricity supply.

Analysis of recent achievements and publications. A significant proportion of telecommunication equipment is a nonlinear load, the exploitation of which leads to significant network distortions [3].

The overall negative effect of nonlinear consumer leads to distortion of voltage, which, in turn, can cause communication network failures, impairs the synchronization of telecommunication devices, and causes high heating of equipment and a number of other unwanted effects [2, 3].

The set of negative factors, in accordance with [4], can be divided into instantaneous and long-term effects.

The immediate problems are caused by the distortion of the form of supply voltage of telecommunication objects, the voltage drop in distribution networks, the effect of higher harmonics, resonant phenomena at the frequencies of these harmonics, and also with leaks in telecommunication networks.

Long-term problems include increased heating of distribution network cables and shortened service life of telecommunication equipment through the intensification of thermal and electrical aging insulation.

The negative factors include the unjustified triggering of the safety equipment due to additional heating internal elements of the devices protection.

In accordance with [512], the following methods of suppressing the higher harmonic components of voltages and currents exist:

- a) changing the topology of the network;
- b) the usage of passive protective filters in networks;
- c) usage of active filters;
- d) usage of devices with automatic stabilization of the form of voltage (current).

The first method is not a universal one for reducing the distortion of the form of power parameters, since the frequency characteristic of the system does not depend on the configuration of its network, but also on the

change in the nature and magnitude of the nonlinear load.

The usage of passive filters, in addition to its main function - reactive power compensation, can offset one of the harmonious components. It depends on the oscillation circuit settings.

The usage of devices with automatic stabilization of the form of voltage and current is based on the stabilization of the instantaneous values of these parameters. So it is a so-called filter of input voltage, the usage of which from an economic and technical point of view is not always appropriate.

The most promising solution, in terms of technical implementation, performance indicators and cost criteria, is the use of active filters [13].

The purpose of the article is the guidance of an improved method for optimizing the use of electric energy, based on active filters, under non-linear load conditions.

The main part

To estimate the power efficiency of energy transmission of power supply with the alternating current, the power factor $\cos \varphi$ is used.

Optimization of the energy transfer process occurs at the expense of the increase of the power factor, which leads to increase of active power, reduction of losses in transmission lines and generator systems, increase of the efficiency of the transmission system as a whole.

To estimate the power transfer efficiency of the alternating current of power supply, the power factor $\cos \varphi$ is used. Optimization of the energy transfer process occurs at the expense of the increase of the power factor, which leads to increase of active power, reduction of losses in transmission lines and generator systems, increase of the efficiency of the transmission system as a whole.

The degree of distortion is determined by the ratio of the acting value of the higher harmonics to the acting value of the first harmonic k_i (sinusoidal distortion coefficient), according to [3, 5], as well as the coefficient of the amplitude k_a -relation of the peak value of the current to its current value.

Under the conditions of nonlinear loading, the process of energy transfer in the electric circuit is complicated. At harmonic voltage, the current in the electric circuit is inharmonious; the difference between the total power and the active and reactive is not equal to zero. The relationship between powers in the supply chain of a telecommunication object is as follows:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + T^2, \quad (1)$$

where T – the power of "distortions" that occur in the electric circuit in the presence of a non-dropping forms of voltage and current.

Thus, the optimization of the mode of transmission of electricity at nonlinear voltages is reduced to ensuring the uniformity of the forms of current and voltage and the equality of their phases.

This mode is characterized by the maximum average power entering the load, the circle $T = 0, Q = 0$.

Under conditions of non-harmonic current in its spectrum the harmonics of higher frequencies, which cause the change in the shape of the current are combined. Provided the harmonic voltage of the source of electric energy:

$$u(t) = V_m \cos(\omega t + \Psi_n);$$

$$i_n(t) = \ell_0 + \ell_{m1} \cos(\omega t + \Psi_1) + \ell_{m2} \cos(\omega t + \Psi_2) + \dots$$

In this case, the active power is determined only by the basic harmonic

$$P = U_1 \cdot \ell_1 \cdot \cos \varphi_1, \quad (2)$$

At the same time, we have:

$$\ell = \sqrt{\ell_0^2 + \ell_1^2 + \ell_2^2 + \dots}; \quad (3)$$

$$U = U_1.$$

Expressing active power through voltage and current, we obtain:

$$P = U_1 \cdot \ell_1 \cdot \cos \varphi_1 = U \cdot I \cdot \frac{I_1}{I} \cdot \cos \varphi_1 = U \cdot I \cdot d \cdot \cos \varphi_1 = U \cdot I \cdot \lambda, \quad (4)$$

where

$$\lambda = k_d \cdot \cos \varphi_1 < \cos \varphi_1;$$

k_d – is called the distortion factor, since

$$k_d = I_1 / I.$$

So, we can make intermediate conclusions:

1. During the transmission of electric energy in a nonlinear load, the appearance of higher harmonics of current leads to a decrease in active power.

2. In order to increase the efficiency of the transmission of electricity, it is necessary to increase the basic harmonic I_1 , or to reduce the currents of higher harmonics.

With a nonlinear load, the optimization scheme may look like it is shown in Fig. 1.

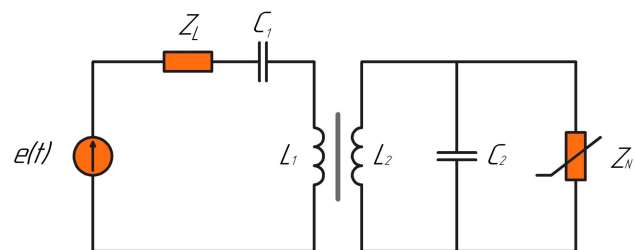


Fig. 1. Optimization of electric power transmission to nonlinear load

In the conditions of setting the contours C_1-L_1 and C_2-L_2 in resonance to the frequency of the first harmonic, in the transmission line of the electric energy, the amplitude of the first harmonic I_1 increases, in comparison with the amplitude of the harmonics of higher

frequencies ($J_2, J_3 \dots$). As a result, the active power that is passed to the consumer increases.

To optimize the transmission of electricity in a nonlinear load, we will also proceed from the possibility of implementing special current sources that are additionally included in the electric circuit and provide an optimal mode of operation (Fig. 2), where:

$$i(t) = I_{m1} \cos(\omega t + \psi_1);$$

$$j_0 = I_0;$$

$$j_2 = I_{m2} \cos(2\omega t + \psi_2);$$

$$j_k = I_{mk} \cos(k\omega t + \psi_k).$$

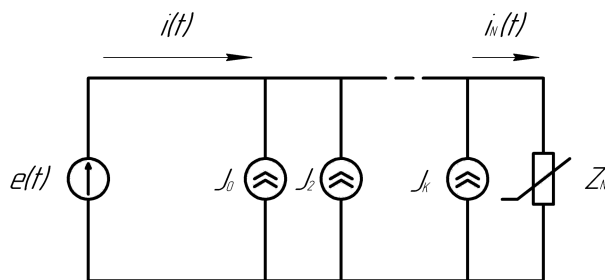


Fig. 2. Optimizer of transmission of electricity to nonlinear load with constant parameters

According to the first law of Kirchoff we have:

$$i(t) = i_n - j_0 - j_2 - \dots - j_k = I_{m1} \cos(\omega t + \psi_1).$$

The principle of the optimizer is based on the introduction of harmonic current to reduce the harmonics in this network. The current form $i_n(t)$ becomes close to the form $i(t)$, which helps to optimize the transfer of energy from the power supply to the load.

The quality of transmission optimization and the use of electric energy will depend on the number of compensating current sources (active filters) and on the degree of compliance with the parameters of their currents, parameters of higher harmonics.

Over time, the nonlinear load parameters can vary widely, which leads to a change in the parameters of harmonics of non-harmonic current.

This circumstance necessitates the continuous control of the compensator of harmonics of the current of a nonlinear load [13, 14].

The scheme of optimizing the use of electricity by nonlinear load with variable parameters has the form presented in Fig. 3.

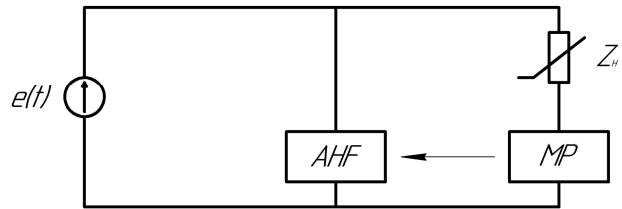


Fig. 3. Optimizer of transmission of electric energy nonlinear load with variational parameters

The metric of the harmonics parameters (MP) according to the Fourier transform algorithm determines the amplitude and the initial phase of each of the harmonics of the current of the nonlinear element and generates a control signal that is fed to an active harmonic filter (AHF).

The work of this filter corresponds to the work of controlled current sources (Fig. 2), which produce currents with parameters corresponding to the parameters of harmonics of current nonlinear load.

Consequently, the condition of optimizing the transmission and use of electric energy in the nonlinear load - to the consumer is fulfilled.

Conclusions

Due to the application of the method for optimizing the transmission and use of electric energy, which takes into account changes in the nonlinear load and harmonic current parameters, it has been shown that the quality of optimization of the use of electricity will depend on the number of current sources and the degree of compliance of their parameters with the higher harmonics.

Improving the quality of utilization of electric energy in telecommunication objects, in general, leads to the creation of conditions for their normal operation and the provision of telecommunication services to the proper quality.

REFERENCES

1. Hagan, R. C. *Electrical Power Systems Quality* / McGranaghan, M. F., Beaty H. W. – McGraw-Hill, 1996. – 265 p.
2. Soloduha Ya. Yu. *Reactive power in networks with non-sinusoidal currents and static devices for its compensation* / Ya. Yu. Soloduha – M.: Informehlektro, 1981. – 88 p.
3. Naumkin I.B. Influence of nonlinear load on the quality of electric power / I.B. Naumkin, I.N. Paskar, V.M. Zavyalov// *Herald KuzSTU*. – 2015. – no 4. – pp. 75-81.
4. Emanuel A.E., Wang X. Estimation of loss of life of power transformers supplying nonlinear loads // *IEEE Trans, on Power App. and Syst.* — 1985. — PAS- 114. - no 3. — pp. 628-636
5. I. M. Nejdawi. Harmonic Trend in the USA: A Preliminary Survey., A. E. Emanuel, Pileggi M. J., Corridori R. D. Archambeault // *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 14, 4, 1999, pp. 1488-1494.
6. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
7. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., Manikandan V. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.

8. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. (2019) Design and Analysis of Low-Transition Address Generator. In: Zimale F., Enku Nigussie T., Fanta S. (eds) *Advances of Science and Technology. ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 274. Springer, Cham, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_19
9. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>.
10. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
11. Kosenko V. Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network / V. Kosenko // Сучасні інформаційні системи (Advanced Information Systems). – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 4-9. – doi: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01>
12. Kuchuk G., Kharchenko V., Kovalenko A., Ruchkov E. Approaches to selection of combinatorial algorithm for optimization in network traffic control of safety-critical systems. *East-West Design & Test Symposium (EWDTS)*. 2016. Pp. 1-6. doi:<https://doi.org/10.1109/EWDTS.2016.7807655>.
13. Tamahin, G. V. Optimization of transmission of electric energy from sources to nonlinear load / G. V. Tamahin, V. D. Dzivickij // Control, Navigation and Communication Systems. – Poltava: Polt NTU, 2017. – No. 3 (43). – pp.31-33.
14. Serov N. I. Q-conditional symmetry of a nonlinear two-dimensional heat-conduction equation / Serov N. I., Tulupova L. O., Ichanska N. V. // Ukr. Mat. Zh. - 2018. - 70, № 6. - pp. 846-849.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. А. Машков,

Університет Я. Євангелісти Пуркіне в Устінад-Лабем, Прага, Чехія

Received (Надійшла) 15.12.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.02.2019

Оптимізація використання електроенергії в об'єктах телекомунікацій за умов нелінійного навантаження

О. В. Шефер, Б. В. Топіха, В. О. Шефер, О. Р. Журкін

У статті розглядається удосконалений метод оптимізації використання електричної енергії в об'єктах телекомунікацій, за умов постійного та змінного нелінійного навантаження. Зазначений метод розв'язує протиріччя, котре полягає у необхідності збільшення основної гармоніки, що викликає проблеми під час практичної реалізації і зменшення струму вищих гармонік нелінійного варіативного навантаження. Встановлено, що вагома частка телекомунікаційного обладнання являє собою нелінійне навантаження, експлуатація котрого призводить до суттєвих мережевих спотворень. Наведена класифікація негативних факторів, пов'язаних із появою вищих гармонік струмів і напруг та методи їх пригнічення. Для оптимізації передачі електроенергії у нелінійне навантаження запропоновано використовувати спеціальні джерела струму, котрі додатково вмикаються в електричне коло і забезпечують компенсацію вищих гармонік. Наведені схемні рішення оптимізаторів передачі електроенергії до нелінійного навантаження із постійними та варіативними параметрами. Визначена структура та алгоритм методу оптимізації використання електроенергії, котрий полягає у визначенні амплітуди і фази гармонік нелінійного навантаження за методом швидкого перетворення Фур'є та формуванні сигналу керування активним фільтром гармонік. За рахунок застосування методу оптимізації передачі та використання електричної енергії, котрий враховує зміни нелінійного навантаження та параметри гармонійного струму, підвищується якість використання електричної енергії та забезпечується номінальний режим роботи об'єктів телекомунікацій.

Ключові слова: телекомунікації, нелінійне навантаження, активний фільтр, оптимізація, гармонійна складова.

Оптимизация использования электроэнергии в объектах телекоммуникаций в условиях нелинейной нагрузки

А. В. Шефер, Б. В. Топиха, В. А. Шефер, А. Р. Журкин

В статье рассматривается усовершенствованный метод оптимизации использования электрической энергии в объектах телекоммуникаций, в условиях постоянной и переменной нелинейной нагрузки. Указанный метод решает противоречия, связанные с необходимостью увеличения основной гармоники, что вызывает проблемы при практической реализации, и уменьшением тока высших гармоник нелинейной вариативной нагрузки. Установлено, что значительная доля телекоммуникационного оборудования представляет собой нелинейную нагрузку, эксплуатация которого приводит к существенным сетевым искажениям. Приведена классификация негативных факторов, связанных с появлением высших гармоник токов и напряжений, а также методы их подавления. Для оптимизации передачи электроэнергии к нелинейной нагрузке, предложено использовать специальные источники тока, которые дополнительно включаются в электрическую цепь и обеспечивают компенсацию высших гармоник. Приведены схемные решения оптимизаторов передачи электроэнергии к нелинейной нагрузке с постоянными и вариативными параметрами. Определена структура и алгоритм метода оптимизации использования электроэнергии, который заключается в определении амплитуды и фазы гармоник нелинейной нагрузки по методу быстрого преобразования Фурье и формировании сигнала управления активным фильтром гармоник. За счет применения метода оптимизации передачи и использования электрической энергии, который учитывает изменения нелинейной нагрузки и параметры гармонического тока, повышается качество использования электрической энергии и обеспечивается номинальный режим работы объектов телекоммуникаций.

Ключевые слова: телекоммуникации, нелинейная нагрузка, активный фильтр, оптимизация, гармоническая составляющая.

Anoushirvan Rashidinia¹, S. Gavrilenko¹, M. Pochebut², O. Sytnikova²

¹National Technical University “KPI”, Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, Ukraine

SOFTWARE SECURITY OVERVIEW

The article analyzes the main threats and problems of software protection. Methods for protecting information, their advantages and disadvantages are considered, and the possibility of using existing tools to protect software is studied. The possibility of improving and using a number of software protection methods against active fraud attacks was brought. Type of attacks exists and why protection is necessary was specified. Furthermore, we discussed several states of the art protection techniques which can be used in software to protect against analysis and tampering attacks. Analyzed such methods: Client-Server Solutions, Code Encryption, Code Diversity, Code Obfuscation, White-Box Cryptography, Tamper Resistant Software, Software Guards, Oblivious Hashing. Although we considered all these possible techniques separately, it is possible to combine these techniques into one solution.

Keywords: software protection methods, type of attacks, threats for software.

Introduction

With the increase of software flaws, there is a rise in the demand for security embedding to achieve the goal of secure software development in a more efficient manner. Any software is intended to recognize, prevent, stop and fix the damage caused by others on your computer or network can be called security software.

Problems of Software Protection. The main problem in the context of software security appears when software is given to remote hosts. Once this is done, the owner practically loses all control over the product. And from that moment on malicious users or malicious software [1, 2] can harm and intervene the local software. Chow et al. called these type of attacks white-box attacks [3, 4] because in this model the attacker has full access to the system. This means that the malicious user or program can execute the program, observe the memory, processor, and registers, and change bytes during execution, etc. Therefore, protection against analysis and tampering of code is necessary.

Attacks, on software. Two common attacks on software are tampering and reverse engineering. Tampering is attacks that aim to change the functionality of the software while reverse-engineering techniques try to analyze the software in order to understand its behavior.

Software attacks can be either static or dynamic. In a white box environment, all these techniques can be used. Due to that, software security requires improvement. The only things that might keep an attacker using these techniques are time and resource constraints. This means that if it takes a lot of memory and computing power to analyze a certain piece of code, this code has higher practical security to resist attacks.

Software Protection. The software can be protected in many ways. It can depend on trusted hardware, which is hardware based protection. Or it can rely on its own implementation and the underlying software, which is called software-based protection.

Some techniques are the combination of both. The main benefit of software-based protection techniques is the low cost and compatibility with existing systems. In this Study, our main focus is on software-based protection.

The quality of security in an application consists of the required immunity of the application against reverse engineering (analyze) or tampering attacks. Here, we specify this level in more detail:

- **Vulnerability:** Open systems, such as a desktop, a notebook or a mobile device are much more vulnerable to attacks than closed systems, such as servers behind a firewall.

- **Value of content:** Depending on the kind of application and its content (code and/or data) varies the type of attacks and the number of methods and resources used for attacking the software.

- **Content lifetime:** Content or properties with a longer lifetime require a higher level of security.

- **Security life cycle:** The security of an application can be designed to be periodically renewable. Systems without upgrade possibilities need a higher security level than systems with regular upgrades.

- **Sensitivity for global attacks:** Global attacks are attacks affecting the whole system. This is achievable when the code includes a ‘global secret’, for example, a constant key or data at a fixed location for each user. In this case, the attacker can develop an automated attack and spread it through the Internet.

The actual security level is always a compromise between the need for security and the way to implement this security.

Software Security Techniques

In the following sections we try to summarize techniques to protect code against malicious users and programs. This can be protection against either analysis or either tampering.

Client-Server Solutions: One of the earliest methods to protect critical software was to keep it running at the owner side instead of the user side.

Critical software was not disseminated to unstable hosts but maintained on a well-protected server. The protection of the server depends on as well as network, hardware, and software security (the operating system). The code itself is often not guarded by any other techniques. By this setup, the services are distributed not the software itself. From an attacker's perspective, the server will be seen as a black box that can be reached by sending queries and receiving replies.

The main drawback of client-server systems is that the server or the network bandwidth becomes a bottleneck, causing services to be temporarily unavailable. Although this can be resolved by upgrading network infrastructure, a new model has been proposed, called partial client-server. In this design, the sensitive code is divided into a critical and a non-critical part. The critical part needs to be protected and is, therefore, run at the server side, the non-critical part is distributed and is run at the client side. The benefit is that the load of the service is now better spread over the clients and the server. The code running at the server side can also be substantially smaller, although some extra overhead is needed to support communication between the client part and the server part. This directly shows the main problem. At first sight this model seems to unload the server, nevertheless, in practice, the client part and the server part have a highly interactive communication so that once more the bandwidth becomes a bottleneck. Although client-server was one of the first and still commonly used methods to preserve software from attacks, it actually tackles the problem by protecting the server and not the software running on it.

Code signing: Some languages (for example C) have no security mechanisms in line that check code before execution, therefore, these languages, in particular, are very sensitive to tampering attacks changing the program in a way that its computations cannot be trusted any longer.

To bypass the tampering of a program, its code needs to be protected during transmission and storage. Each time the program executes it should check and verify its integrity to detect tampering. Signing techniques [5] are most suitable for this type of checking. The owner can sign the software and the user can validate the signature appended to the software. This is already the case with some Windows drivers that are signed by Microsoft and verified by the user at installation time [6]. One could extend and automate this process so that the signature is verified at each execution of the program. For example, software guards [7] do not sign the code with a key but verify a calculated checksum with a stored one.

The downside is that without extra security measures in place the code and the signature are still vulnerable to intervention. If the signature scheme is known, one could simply change the code to its own needs, recompute the signature and restore the old signature by the new one. The verification module would then just verify the new signature and would not assume any tampering. The main reason for this vulnerability is that the signature and the verification module are not signed themselves.

Code Encryption: Additional to code signing, designers can also encrypt code during transmission and storage [8–11]. Tools such as cryptographic wrappers encrypt the code of a software application in order to avoid attackers gaining access to the software. It protects software against static reverse-engineering and tampering attacks. For example, an attacker cannot see the code and therefore not make any structured changes when the code is stored on a disk or transmitted over a network. Note that an attacker can always flip random bits and what will result in a corrupted application.

During program execution parts of the code will be decrypted 'on the fly' with a secret key. Unfortunately, at that moment the code appears, in memory for example, so that it is able to intercept. The intercepted code can then be debugged, decompiled, etc. This is the main vulnerability of this technique and furthermore makes the presence of a secret key this technique less suitable for distribution.

Even if the code or the data remains encrypted [12], an attacker can recognize what happens during runtime if bits in the encrypted code or data or flipped. This technique is also known as fault analysis [13]. Encrypted and polymorphic viruses [14–16] perform similar techniques. An encrypted virus encrypts at each new generation the body with a unique key. This is essential to avoid detection through string analysis searching for specific byte signatures. In front of the body, a decryption routine is added to secure that the virus body gets decrypted on the fly during execution. Nonetheless, if the encryption routine remains unchanged, scanning for signatures is still possible. For that, encrypted viruses evolved and added a mutation engine ensuring that for each new generation also the decryption routine has changed. This kind of viruses is therefore called polymorphic viruses. Note that the decryption routine can, of course, be protected with other analysis tackling techniques. Once a virus is decrypted and stored in memory, it will choose a new key, encrypt the new variant and add a modified decryption routine.

Code Diversity: The last month's viruses and worms [2] become a hot topic in the media. Triggered by these virus outbreaks discussions often mention the choice of operating system. This actually refers to the problem why viruses spread so successful. One reason could be that the software community is evolving to a 'monotone' distribution, meaning that most people use the same type of operation systems, containing the same type of bugs. This is one of the reasons why viruses, whom most of the time try to exploit only one bug at a time, are so successful.

Without arguing about safe operating system design and implementation, we can state that just as in nature diversity is stronger to resist threats such as viruses and worms. It also offers extra protection against global attacks because once software images are diversified, a common attack might be a lot harder to set up and only parts of the software community might be vulnerable.

Forrest et al. sketch the analogy between diversity in computer systems and diversity in biological systems [17]. Guided by this idea computer code could be

randomized, without changing the functionality or losing much user-friendliness or performance. Their paper presents some preliminary results on randomizing stack layouts by increasing certain slots with a random time 8 bytes. Such a simple modification could harden a program instance better against standardized buffer overflow attacks.

Another technique to battle buffer overflow attacks, called address obfuscation, is also based on the idea of code diversity [18]. This technique randomizes the code and data sections on the stack by randomizing all the base and start addresses, locations of routines and static data and introducing gaps between objects. More on buffer overflow protection techniques can be found in [19, 20].

Code Obfuscation: Object-oriented programming is used everywhere because it offers various advantages to read, adapt or extend the code. However, this way of programming in modules leaves many traces into an executable and reverse-engineers will exploit these traces as good as possible to reconstruct the original source code [21]. Therefore, programmers developed several techniques to maximally obscure the internals of a program so that analysis becomes very difficult. The most common technique to do is code obfuscation. This technique applies one or more transformations to code that make the code more resistant to analysis and tampering but preserve its functionality. Obfuscated code can then be distributed to untrusted hosts without risking to be reverse engineered soon.

Code obfuscation is used more and more due to the need for embedded software protection. It is originally designed for languages such as Java because Java bytecode is very sensitive for code analysis. This means it is easy to recover original Java source files out of Java bytecode files. Many Java obfuscators [22, 23] (and deobfuscators) have therefore been designed. Also .NET obfuscators [24] are becoming common on the Internet. Nevertheless, C/C++ obfuscators are very rare and difficult to find. Although, C and C++ are very common and widely used languages.

Wroblewski [25] and Mambo et al. [26] propose code obfuscation on an instruction level, e.g. Assembly code. This has certain advantages. First, the code does not have to be compiled anymore, which facilitates integrity checks and hashing of code. This is one of the reasons why software guards [7, 27] are implemented on an assembly level. Second, transforming on an instruction level instead of on a high level is often preferred for watermarking [28].

White-Box Cryptography: In past few years, attacks have been performed to extract key information out of RSA and even DES implementations. Boneh, Demillo, and Lipton have come up with a method for RSA [25], Biham and Shamir have continued this method for DES [13]. These new attacks focus on the extraction of the secret key embedded in a cryptographic implementation and are a new threat in security.

In August 2002, Chow et al. defined this new thread model, the white-box attack context or malicious host attack context as follows:

- Full-privileged attack software shares a host with cryptographic software, having complete access to the implementation of algorithms;
- Dynamic execution (with instantiated cryptographic keys) can be observed;
- Internal algorithm details are completely visible and alterable at will.

The attacker's objective is to extract the cryptographic key, e.g. for use on a standard implementation of the same algorithm on a different platform. Obfuscation alone does not help against this threat, because obfuscated cryptographic algorithms store parts of the secret key in the malicious hosts' memory and can thus be extracted.

Chow et al. proposed a new technique to secure cryptographic algorithms against white-box attacks, called white-box cryptography. This technique is based on the idea that an encryption function E_K with key K can be replaced by an equivalent function $E'_K = G.E_K.F^{-1}$ in which F is an input encoding and G is an output encoding. The strength of this substitution is that none of the implementation components computes the function E_K for a key K . An attacker would first have to analyze E_K and isolate the encoding functions F and G before he can analyze E_K to find the secret key K .

Due to the introduced functions F and G , it is possible to inject sufficient 'randomness' in the implementation so that finding and extracting the key is becoming hard. So far the only practical disadvantages of white-box cryptography are the code size and the extra execution time.

Tamper Resistant Software: Tamper resistant software requires very skilled programmers working on a binary or source code level to embed 'booby traps' for tamper detection in software. A good tamper resistant code always has a dual function. First, the code needs to identify undesired changes and second the program needs to fail in case of tampering.

Aucsmith came up with one of the first papers on tamper-resistant software (TRS) [30]. He proposed a tamper-resistant software architecture which bundles many of the previously mentioned techniques in order to realize a tamper-resistant software implementation. His technique is a combination of four principles:

1. Disperse secrets in both time and space.
2. Obfuscation of interleaved operations.
3. Installation unique code.
4. Interlocking trust.

These principles have also been applied as a base for ideas such as code diversity, software guards, code obfuscation, etc. Aucsmith's architecture consists of two parts namely integrity verification kernels (IVKs) and an interlocking trust mechanism. An IVK is a small, armored section of code to embed in a larger program. The IVK has mainly two functions:

1. Verifying the integrity of code segments of programs.
2. Communicating with other IVKs in order to accomplish these functions securely.

It is organized in cells, which are decrypted at runtime and thus define the smallest level of granularity

which is ever exposed unencrypted. The encryption of cells is made in a pseudo-random order based on generator function. Moreover, each IVK contains one or more keys. A secret key to sign and a public key to verify signatures made on other code segments.

The second part of the TRS architecture is the interlocking trust mechanism. It consists out of IVKs, an integrity verification protocol, and a system integrity program. These three parts operate together in an interlocking trust mechanism based on mutual integrity verification [30].

Software Guards: Chang et al. defined small pieces code that checksum code fragments [7]. Measuring an integrity checksum can be done by for example CRC [31]. Using a complex, nested network, these guards are able to verify each other's

Code plus the program code itself and repair it if necessary. In this way, tampering of the program is extended to detecting the complete agent network, this means identifying, localizing and eliminating the whole network of guards and then tapering the actual program code itself. A guards graph and its placement in a control flow graph (CFG).

The drawback of this method of software protection is that it is hard to automate and thus depends on one's programming skills. As a result, the support cost will be very high. Moreover, this technique does not offer any protection against dynamic analysis attacks.

The new study from Horne et al. attempts to extend and automate this technique [27] to enhance tamper resistance of programs. Their techniques are based on testers and correctors. The testers, code in Assembly, are included at the source code level, while

the correctors are included in the object code. The values of the correctors and some watermark values are computed at installation time, ending in a watermarked, self-checking, fully functional program [27, 32, 33].

Oblivious Hashing: As a response to the idea of software guards checking only static code, Chen et al. insinuated an oblivious hashing (OH), a method that allows certain computation of a hash value of the actual execution [34, 35]. The approach is to hash the execution trace of a piece of code, enabling to confirm the run-time behavior of the software. Hashing instructions are mixed with the original code and take results of previous instructions and apply them to hash values stored in memory. Assignment results and control flow results achieve most of the dynamic behavior of a program, for that, it is adequate to hash only assignments and control flows.

Oblivious hashing has two important application domains. First, it is able to be used to give local software tamper resistance and second, it has the capacity to be used for remote code authentication. In a white box model, local software should render its own security so that remote code authentication is not an option [35].

Conclusion

In this study, we went through the problem of software protection. Type of attacks exists and why protection is necessary was specified. Furthermore, we discussed several states of the art protection techniques which can be used in software to protect against analysis and tampering attacks. Although we considered all these possible techniques separately, it is possible to combine these techniques into one solution.

REFERENCES

1. Intro to spyware. http://www.spywareguide.com/txt_intro.php.
2. R. E. Mahan. Malicious Software, http://www.tricity.wsu.edu/htmls/cs427/public_html/Ch%2013%20Malicious%20Software.pdf.
3. H. J. S. Chow, P. Eisen and P. van Oorschot. A White-Box DES Implementation for DRM Applications. In Proceedings of 2nd work ACM Workshop on Digital Rights Management (DRM 2002), November 18 2002.
4. H. J. S. Chow, P. Eisen and P. van Oorschot. White-Box Cryptography and an AES Implementation. In Proceedings of the Ninth Workshop on Selected Areas in Cryptography (SAC 2002), 2002.
5. A. Menez, P. van Oorschot, and S. Vanstone. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, Inc., 1997.
6. Microsoft Corporation. Digital signature benefits for windows users, 2002.
7. H. Chang and M. J. Atallah. Protecting software codes by guards. ACM Workshop on Digital Rights Management (DRM 2001), LNCS 2320:160–175, 2001.
8. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1–6, DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335>
9. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. Optimized Secure Scan Flip Flop to Thwart Side Channel Attack in Crypto-Chip. *International Conference on Advances of Science and Technology*, ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. Vol 274. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_34
10. Porkodi V., Sivaram M., Mohammed A.S., Manikandan V. Survey on White-Box Attacks and Solutions. *Asian Journal of Computer Science and Technology*. Vol. 7, Is. 3. pp. 28–32.
11. Manikandan V, Porkodi V, Mohammed AS, Sivaram M, "Privacy Preserving Data Mining Using Threshold Based Fuzzy cmeans Clustering", *ICTACT Journal on Soft Computing*, Volume 9, Issue 1, 2018, pp.1813-1816. DOI: [10.21917/ijsc.2018.0252](https://doi.org/10.21917/ijsc.2018.0252)
12. T. Sander and C. F. Tschudin. On Software Protection via Function Hiding. In Proceedings of the Second Workshop on Information Hiding, LNCS 1525:111–123, 1998.
13. E. Biham and A. Shamir. Differential Fault Analysis of Secret Key Cryptosystems. *Advances in Cryptology: Crypto '97*, LNCS 1294:513–525, 1997.
14. Symantic. Understanding and Managing Polymorphic Viruses. <http://www.symantec.com/avcenter/reference/striker.pdf>.
15. P. Szor and P. Ferrie. Hunting for Metamorphic, September 2001. <http://www.peterszor.com/metamorp.pdf>.
16. T. Yetiser. Polymorphic Viruses. <http://vx.netlux.org/texts/html/polymorf.html>.

17. S. Forrest, A. Somayaji, and D. H. Ackley. Building Diverse Computer Systems. In Proceedings of the Sixth Workshop on Hot Topics in Operating Systems, pages 67–72, 1997.
18. D. C. D. Sandeep Bhatkar and R. Sekar. Address obfuscation: an efficient approach to combat a broad range of memory error exploits. In Proceedings of the 12th USENIX Security Symposium, pages 105–120, August 2003.
19. C. Cowan, P. Wagle, C. Pu, S. Beattie, and J. Walpole. Buffer Overflows: Attacks and Defenses for the Vulnerability of the Decade. <http://www.immunix.org/StackGuard/discex00.pdf>.
20. I. Simon. A Comparative Analysis of Methods of Defense against Buffer Overflow Attacks, January 2000. <http://www.mcs.csuhayward.edu/~simon/security/boflo.html>
21. C. Cifuentes and K. Gough. Decompiling of binary programs. Software – Practice & Experience, 25(7):811–829, 1995.
22. Z. KlassMaster. The second generation java obfuscator. <http://www.zelix.com/>.
23. P. Solutions. Dasho - the premier java obfuscator and efficiency enhancing tool. <http://www.preemptive.com/products/dasho/>.
24. P. Solutions. Dotfuscator - the premier .NET obfuscator and efficiency enhancing tool. <http://www.preemptive.com/products/dotfuscator/>.
25. G. Wroblewski. General Method of Program Code Obfuscation. PhD thesis, Wroclaw University of Technology, Institute of Engineering Cybernetics, 2002.
26. M. Mambo, T. Murayama, and E. Okamoto. A tentative approach to constructing tamper-resistant software. In Proceedings of New Security Paradigms Workshop, pages 23–33, 1997.
27. B. Horne, L. R. Matheson, C. Sheehan, and R. E. Tarjan. Dynamic SelfChecking Techniques for Improved Tamper Resistance. In Proceedings of Workshop on Security and Privacy in Digital Rights Management 2001, pages 141–159, 2001.
28. J. P. Stern, G. Hachez, F. Koeune, and J.-J. Quisquater. Robust object watermarking: Application to code. In Information Hiding, pages 368–378, 1999.
29. D. Boneh, R. A. DeMillo, and R. J. Lipton. On the Importance of Eliminating Errors in Cryptographic Computations. Journal of Cryptology: the journal of the International Association for Cryptologic Research, 14(2):101–119, 2001.
30. D. Aucsmith. Tamper resistant software: an implementation. Information Hiding, 1174:317–333, 1996.
31. R. N. Williams. Welcome to the Sci.Electronics. A painless guide to CRC error detection algorithms, 1993. http://www.repairfaq.org/filipg/LINK/F_crc_v3.html
32. Yogesh Awasthi, R P Agarwal, B K Sharma, "Intellectual property right protection of browser based software through watermarking technique", International Journal of Computer Applications, vol. 97, no. 12, 2014, pp. 32-36.
33. Yogesh Awasthi, R P Agarwal, B K Sharma, "Two Phase Watermarking for Security in Database", International Journal of Computing, vol. 4, no. 4, 2014, pp. 821-824.
34. Kuchuk G.A. An Approach To Development Of Complex Metric For Multiservice Network Security Assessment / G.A. Kuchuk, A.A. Kovalenko, A.A. Mozhaev // Statistical Methods Of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proc. Int. Conf., October 13-14, 2010.– Kiev: NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP, 2010. – P. 158 – 160.
35. Y. Chen, R. Venkatesan, M. Cary, R. Pang, and S. S. an Mariusz Jakubowski. Oblivious hashing: a stealthy software integrity verification primitive. In Information Hiding, 2002.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. Г. Семенов,
 Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків
 Received (Надійшла) 04.02.2019
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 21.03.2019

Обзор программного обеспечения безопасности

Аноушиван Рашидіна, С. Ю. Гавриленко, М. В. Почебут, О. А. Ситникова

В статье проведен анализ основных угроз и проблем защиты программного обеспечения. Рассмотрены методы защиты информации, их достоинства и недостатки, а также проведены исследования возможности использования существующих средств для защиты программного обеспечения. Показана возможность усовершенствования и использования ряда методов защиты программного обеспечения от активных атак и фальсификации. Для каждого существующего типа атаки указаны необходимые меры защиты. Кроме того, рассмотрены несколько современных методов защиты, которые можно использовать в программном обеспечении для защиты от атак анализа и взлома программы. Проанализированы такие методы: клиент-серверные решения, шифрование кода, разнесение кода, обфускация кода, криптография White-Vox, программное обеспечение для защиты от несанкционированного доступа, защита программного обеспечения, остаточное хеширование. Хотя все эти методы рассмотрены отдельно, можно объединить их для совместного использования для программного обеспечения безопасности.

Ключевые слова: методы защиты программного обеспечения, тип атак, угрозы программному обеспечению.

Огляд програмного забезпечення безпеки

Аноушиван Рашидіна, С. Ю. Гавриленко, М. В. Почебут, О. О. Ситнікова

У статті проведено аналіз основних загроз і проблем захисту програмного забезпечення. Розглянуто методи захисту інформації, їх переваги і недоліки, а також проведені дослідження можливості використання існуючих засобів для захисту програмного забезпечення. Доведена можливість удосконалення і використання ряду методів захисту програмного забезпечення від активних атак та фальсифікації. Для кожного існуючого типу атаки вказані необхідні заходи захисту. Крім того, розглянуті кілька сучасних методів захисту, які можна використовувати в програмному забезпеченні для захисту від атак аналізу і злому програми. Проаналізовано такі методи: клієнт-серверні рішення, шифрування коду, рознесення коду, обфускація коду, криптографія White-Vox, програмне забезпечення для захисту від несанкціонованого доступу, захист програмного забезпечення, залишкове хешування. Хоча всі ці методи розглянуті окремо, можна об'єднати їх для спільного використання для програмного забезпечення безпеки.

Ключові слова: методи захисту програмного забезпечення, тип атак, загрози програмному забезпеченню.

A. Hafiak¹, S. Yastreba², O. Nosach¹, E. Borodina¹

¹ Poltava National Technical Yuriy Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

² Poltava National University of Food Technologies branch, Poltava, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY AS A COMPONENT OF IMPROVING THE TRAINING QUALITY FUTURE SPECIALISTS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The study and solution of the problem of informatization of higher education, which is that as a result, global rationalization of intellectual activity in education through the use of artificial intelligence should be achieved in order to increase the efficiency and quality of training specialists to the level of information culture. Ability to use artificial intelligence systems in the learning process allows you to have an idea of the object of knowledge, and helps to master all the diversity and complexity of relationships characteristic of real processes, trace the dynamics of these relationships when changing external and internal factors. The article analyzes the use of information technologies as a factor for improving the quality of training of future specialists in higher education institutions and the actual problems of professional training of specialists and ways of their solution. The types of innovative teaching methods in higher educational institutions are investigated and the role of information and social technologies in education is considered. The peculiarities of the programmed educational facilities are revealed and the directions of use of information technologies in the educational environment are substantiated. The stated goal set the task: to analyze the possibilities of modern information educational technologies and to investigate the development of the concept of pedagogical innovation as an innovation in the field of pedagogy; to determine the possibilities of using artificial intelligence systems in order to implement a differentiated approach to students with different levels of training; to identify promising directions in the field of application of information technologies in the process of training future specialists in higher education institutions.

Keywords: information society, artificial intelligence systems, information system, information technologies, institution of higher education.

Introduction

Today, in the era of the process of transforming society into the global information space, the focus of which is based on the development of competences of future specialists, on the other hand, it is possible to analyze the problem of considering contemporary approaches to the organization of educational processes. Among the main characteristics of the information society, they consider first of all the growth of the role of information in modern life, an increase in specialists employed in the field of information technology.

Also noteworthy is the problem of improving the global information space, with the possibility of access to the information resources of the world and the constant updating of the processes of informatization and the place of information technologies in public relations.

It is clear that the information society significantly influenced the methodology of modern education. Today there are additional requirements for the education system in the process of preparing future specialists, which leads to the permanent solution of non-standard tasks. So, in such a system, the first place is occupied by innovative methods of preparing students in the system of higher education, which today is impossible without the use of modern information technologies [1–12].

Exploring the development of the information society, it should be noted that this process is based on a constant increase in the volume of information and knowledge, intellectual information technologies, and is supported by the constant growth of the professional skills of future specialists [12–21]. The results of these

and other studies require new technologies and types of education, professional and other competencies, supports the process of continuous improvement of knowledge and skills of industry professionals.

In this regard, the study of information technology as a factor in improving the quality of training future specialists in higher education institutions is absolutely relevant.

Main part

Today, during the comprehensive development of information technologies, it is impossible to imagine the educational process without using IT forms, methods and means of training, new types of educational activities and interaction of subjects of the educational process. The main task of a higher educational institution in the process of preparing future specialists at the present stage is to train specialists who are able to respond in a timely and mobile manner to the changes occurring in the world and be able to use knowledge in their own professional activities. That is why innovative methods of training are widely used to prepare students for professional activities, the basis of which is resource-oriented training. Such methods should include creative learning, problem-based learning, learning through collaboration, interactive learning, the project method, and the like.

Information technologies in higher education institutions in the process of preparing future specialists are most often used for: efficient use of information resources; optimization and automation of information processes; development of production technologies for use in electronic telecommunications systems; increase the intellectual potential of society;

use of information modeling methods in research works, which allows to carry out and analyze difficult or dangerous situations; use of information modeling methods, global processes, space information monitoring.

Today, the educational system has introduced new technologies for the presentation of educational material, types of educational activities, which allows us to consider and analyze the theoretical and methodological foundations of this problem. Very promising is the use of artificial intelligence in education. In many foreign countries, studying the discipline "Systems of artificial intelligence" in secondary school is optional or as part of the school curriculum. Immediately after the theoretical study, they conduct practical exercises aimed at better understanding and mastering the program. This is done in order to give young people not only the necessary basic knowledge of the subject, but also to maximize their creative abilities and imagination.

Considering the possibility of using artificial intelligence, it should be noted research on the replacement of the teacher with a robot. Indeed, the idea of teachers with artificial intelligence, powerful knowledge, the ability to quickly respond to the constant change of information and other high-quality technical and technological indicators deserves attention, but, according to many researchers, for the effectiveness of student-centered learning, the present requires many human qualities.

Analysis of various aspects of the problem allows identifying innovations in the field of pedagogy, such as purposeful, progressive improvement, introducing certain innovations in the educational environment, both technical and technological, improving the characteristics of its individual components and the educational system as a whole. The dissemination and use of information technology, in its principle and method of perception, is closest to the traditionally existing one: the user knows exactly what he gets, but he doesn't know if he needs it in such a volume. Accelerating the development of modern information technologies contributes to the transition to the information society and is the main factor informatization of all spheres of human activity, and above all education [2, 3].

Analysis of recent research allows to identify promising areas in the field of application of artificial intelligence systems in the educational process: modern methods and strategies for selecting content, methods and organizational forms of education; the creation of the newest methodical training systems oriented towards the development of the students' intellectual potential; the formation of skills quickly, mobile, independently acquire knowledge, to carry out information and training activities; modern education management mechanism based on the use of information and teaching materials; creation of a single information space using artificial intelligence; self-education, in particular advanced training using information technologies; distance education, cloud technologies in education, etc. [5, p. 75].

Additional requirements for teachers put forward the current comprehensive development of science and technology; the use of information, telecommunications, multimedia and other technologies to manage the educational process is becoming relevant.

It is computer technologies of education, which occupy an important place among innovative technologies, provide for the wide use of computer, information and telecommunication technologies, which ensure effective interaction between the teacher and the student. They will help improve teaching by pointing out teachers for their shortcomings in classes with students. With their effective use, modern technologies become a valuable tool for the teacher, helping, by analyzing the learning style, strategy and overall progress of the student, find the most optimal learning strategies to improve his level of theoretical and practical knowledge.

The place of information and social technologies in education, which provide for the general computerization of students and teachers at the level, makes it possible to solve the following tasks constantly increasing. It is about the possibility of access to the necessary information at any time and in any place; continuous development, use of managed informational educational resources; development of a common information space of educational resources and access to it for all participants in the educational process. It is clear that the use of artificial intelligence systems can be considered effective methods of teaching, and helps teachers to teach classes in the best way, to present information or to give tasks. In the course of the educational process, the opportunity to adhere to the lesson plan can be used, without shying away from an additional explanation of the material, which is regulated by the time allotted. But one should pay attention to the peculiarities of the listener's perception of the material, and, if necessary, repeat the information, give an example. Attention also requires the speed of teaching and perception of the material, and, if necessary, the listener should be able to adjust it by technical means to improve the quality of the educational process.

Modern forms of education are characterized by their comprehensive combination, namely, interactivity and cooperation in the learning process. New learning theories are constantly being introduced, such as constructivism, student-oriented education, knowledge-oriented education, learning without temporal and spatial boundaries. Today, the use of artificial intelligence in educational processes is quite limited, but there is a tendency of its constant growth, which will lead to a whole low research and recommendations in the future. Researchers believe that the latest educational software, despite its powerful technical and technological component, is not able to completely replace teachers, but can be an important means of the educational process. Artificial intelligence in education has great potential for a meaningful improvement of the existing methods of study in institutions of higher education.

Different approaches to the definition of educational technology, using artificial intelligence systems, can be described as a set of ways to implement curricula and training programs, is a system of forms, methods and means of education, ensures the achievement of educational goals. Information educational technologies arise through the use of computer technology, therefore, the educational environment in which educational information technologies are carried out, determine working with its many components. Today, in educational technologies in institutions of higher education they understand the system of scientific and engineering knowledge, as well as the methods and means used to create, collect, transmit, store and process information in the subject area of higher education. Among the main components of the educational environment are distinguished: technical, organizational and methodological, and software and technical. Separate attention should be paid to the analysis of the relationship between the efficiency of curriculum implementation and the degree of integration of the corresponding artificial intelligence systems in them.

An important task is to implement the problem of informatization of higher education, which is that as a result, global rationalization of intellectual activity in society should be achieved through the use of artificial intelligence in order to increase the efficiency and quality of training to the level of information culture achieved in developed countries. So, the use of artificial intelligence systems in the learning process allows not only to give students information about the object of management, but also helps them to realize the diversity and complexity of relationships characteristic of real enterprises, to trace the dynamics of these relationships when external and internal factors change.

The possibilities of using artificial intelligence to make the learning process manageable and intuitive are huge, but student-centered learning in higher education institutions requires a combination of human and artificial intelligence. This makes it possible to build modern educational technologies that provide for the formation of students of an extraordinary thinking, creative approach to learning, and therefore the learning process should be based not on a process using standard techniques, but based on an understanding of the causal relationships of phenomena and processes, significantly increases its motivation and performance. The task of using artificial intelligence systems in training should be considered as an auxiliary source of information.

Based on the importance of information technology in the educational process, it is advisable to consider software for educational purposes, which should perform a number of functions: efficiency and visualization of learning, simulation of processes and phenomena, individualization of the learning process, monitoring and correction of learning outcomes, the formation of the ability to make the right decisions and like that Much attention is paid to the analysis of the capabilities of modern Internet technologies with the

comprehensive use of virtual online laboratories, where experiments are carried out on virtual or remote in space equipment. It should be noted the positive results of world experience in using the latest technologies in distance learning, which refers to the form of education in which the teacher and the student are at a distance, with case-technology, TV-technology, network and other learning technologies being the modern tools.

In modern conditions of informatization of society, the main directions of using artificial intelligence systems in a learning environment are the organization of training based on a combination of all teaching methods, pedagogical and information technologies of training, as well as expansion of opportunities for improving the quality of education using modern information technologies. Artificial intelligence systems in education are not only means of learning, but also qualitatively new technologies in training competitive specialists, because during the period of study at the university, the foundations of professionalism are laid, the skills of independent professional activity, the ability to think creatively, to quickly and efficiently solve the tasks are formed (fig. 1).

Today, in the era of the development of artificial intelligence, information, computer, communication, audiovisual and other technologies are considered separately. It is more expedient to analyze their influence on educational processes in the interaction, where modern technologies using artificial intelligence are organically included in the educational process for the implementation of new educational models.

Conclusions

New features that have emerged with the advent and use of the capabilities of artificial intelligence systems allow you to implement the learning process, helping to most effectively master the material being studied. An additional task is to create an accessible alternative for obtaining knowledge for students who do not have access or opportunities for quality training assistance.

One of the definitions of the information educational environment makes it possible to consider it as an information system combining with the help of network technologies, software and hardware, organizational, methodological and mathematical software designed to increase the efficiency and accessibility of the educational process of training specialists.

In this case, the advantage is the ability of students and teachers to freely refer to structured teaching materials and multimedia complexes, where, in addition to the availability of educational material, it is necessary to provide the student with the opportunity to communicate with the teacher and receive advice online. The possibility of personal development and professional growth remains important for students; therefore, today there is a growing need for the use of innovative teaching methods in the development of artificial intelligence systems.

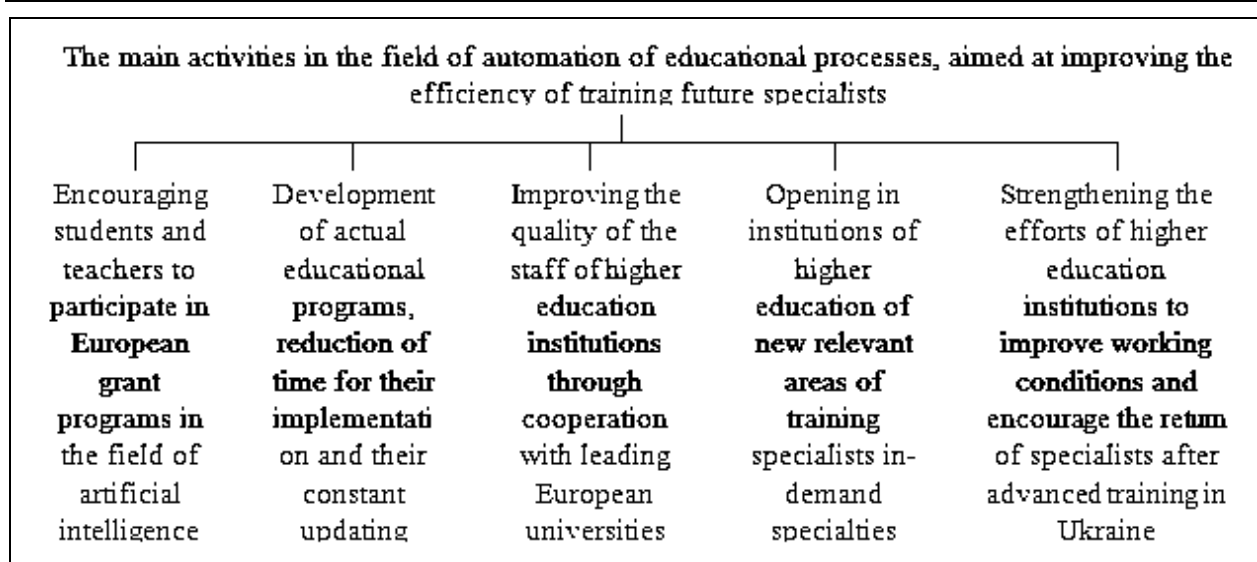


Fig. 1. Ways to improve the efficiency of training future specialists

In the educational process of higher educational institutions, the use of innovative teaching methods in the conditions of the development of information technologies allows to significantly improve the quality of training of future specialists.

The need to introduce innovative teaching methods in the process of professional training of future specialists, using modern technological capabilities, requires further scientific research and implementation.

REFERENCES

1. Hafiak A.M. Metodolohichni osnovy avtomatyzovanoi informatsiinoi systemy // Hafiak A.M., Tkalenko I.O. – Tezy 67-yi naukovoї konferentsii profesoriv, vykladachiv, naukovykh pratsivnykiv, aspirantiv ta studentiv universytetu. Tom 2. (Poltava, 15 kvitnia po 15 travnia 2015 r.) – Poltava: PolNTU, 2015. – S. 116 – 117.
2. Lepa N.N. Ynformatsyonnye tekhnolohyy analiza dannykh / N.N. Lepa, R.N. Lepa, N.S. Tkachenko // Matematychni modeli ta informatsiini tekhnolohii v sotsialno-ekonomichnykh ta ekolohichnykh systemakh: Materialy druhoi mizhnarodnoi konferentsii. – Luhansk: Vyd-vo SNU, 2010. – S. 196–199.
3. Lepa R.N. Ynformatsyonnye tekhnolohyy v pryniatyy upravlencheskykh reshenyi / R.N. Lepa, Yu.Yu. Pyshchenko // Ekonomycheskye problemy u perspektivy stablyzatsyy ekonomyky Ukrainy. – Donetsk: YЭP NAN Ukrainy, 2010. – S. 338-351.
4. Meliukhyn Y.S. Formy hosudarstvennoho rehulyrovanyia protsessov ynformatyzatsyy / Y.S. Meliukhyn // [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/07a0d724f36c7688c3257711003e9e95>.
5. Ovcharov S. Aktualni problemy profesiinoi pidhotovky uchyteliv informatyky / S.Ovcharov // Zb. nauk. pr. PDP. Seriya: Pedahohichni nauky. – Poltava: PDP, 2011. Vyp. 2. – S. 73-77.
6. Osmolovskaia I.M. Innovatsii ta pedahohichna praktyka/ I.M. Osmolovskaia // Narodna osvita. - 2010. - # 6. - S. 182-188.
7. Symonenko N.N. Upravlyenye obrazovatel'nymy usluhamy s pryumenenyem ynnovatsyonnykh metodov obucheniya / N.N. Symonenko // Vestnyk Tykhookeanskoho hosudarstvennoho unyversyteta. — 2012. — # 2. — S. 201—206.
8. Formuvannya u studentiv umin anhlomovnoho profesiinoho spilkuvannya z vykorystanniam novitnykh informatsiinykh tekhnolohii [Elektronnyi resurs]. - Rezhym dostupu: http://osvita.ua/school/lessons_summary/edu/technology/24423/
9. Kononets N. V. Pedahohichni innovatsii vyshchoi shkoly: resursno-oriientovane navchannya / Nataliia Kononets // Pedahohichni nauky : zb. nauk. prats. – Poltava, 2012.– Vyp. 54.– S. 76–80.
10. Hafiak A.M. Osoblyvosti rozvytku rynku informatsii ta industrii informatiinykh tekhnolohii v umovakh yedynoho informatsiinoho prostoru / A.M. Hafiak // Visnyk natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Seriya: Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnolohii. – L.: «Vydavnytstvo LP», 2013. – Vyp. 771. – S. 24 – 28.
11. Hafiak A.M. Problemy stvorennia avtomatyzovanoi informatsiinoi systemy upravlinnia personalom / A.M. Hafiak // Ekonomika ta suspilstvo». – 2017. – #13 . – Mukachevo: Elektronne naukove fakhove vydannia "EKONOMIKA TA SUSPILSTVO", 2018.
12. Merlac V. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hypercovergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conference Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv, May 24-27, 2018. – P. 136-140. DOI: [10.1109/DESSERT.2018.8409114](https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114)
13. Semenov S. Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm / S. Semenov, O. Sira, N. Kuchuk // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2018. – № 2/4(92). – P. 39-466 DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127210>
14. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
15. Saravana Balaji B., Karthikeyan N.K., Raj Kumar R.S. Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation. *Computers & Electrical Engineering*, 2018. Vol. 69, P. 435-446, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>

16. Saravana Balaji B, Mohamed Uvaze Ahamed, Eswaran C, Kannan R, "Prediction-based Lossless Image Compression", Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics (Springer), Volume 30, No 1, 2019, pp.1749 – 17961, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00665-5_161
17. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. (2019) Design and Analysis of Low-Transition Address Generator. In: Zimale F., Enku Nigussie T., Fanta S. (eds) Advances of Science and Technology. ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 274. Springer, Cham, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_19
18. Gafiyak A.M Problems of information support of the educational services quality management system // Gafiyak A.M., Kropyvnytskyi S.V. // SWorldJournal. Issue 12. Mart 2017. - "Scientific world" Ltd., 2017 - С. 253-255.
19. Hafiak A.M. Osoblyvosti vprovadzhennia osvيتnikh veb-resursiv / A.M. Hafiak, S.V. Kropyvnytskyi // Sbornyk nauchnykh trudov SWorld. Tekhnicheskoye nauky. Vypusk 4(41). Tom 2. – Yvanovo: Nauchnyy myr, 2016 – S. 46-50.
20. Hafiak A.M. Vykorystannia avtomatyzovanykh veb-resursiv dlia zabezpechennia yakosti osvيتnikh posluh / A.M. Hafiak, S.V. Kropyvnytskyi // Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli – 2016. – #1 (73), ch.1. – Poltava: PUET, 2016. - S.120-125.
21. Hafiak A.M. Rozrobka kliient-rozkladu vyshchoho navchalnoho zakladu / A.M. Hafiak, Myziura M., Husak Viktor, Husak Volodymyr, Khoseini S.// Tezy 70-yi naukovoї konferentsii profesoriv, vykladachiv, naukovykh pratsivnykiv, aspirantiv ta studentiv universytetu. Tom 2. (Poltava, 19 kvitnia - 19 travnia 2018 r.) – Poltava: PoltNTU, 2018. – S. 167 – 168.

Рецензент: д-р техн. наук, доц. О. В. Шефер,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Полтава
Received (Надійшла) 23.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Информационные технологии как составляющая повышения качества подготовки будущих специалистов в учреждениях высшего образования

А. М. Гафияк, С. П. Ястреба, О. Б. Носач, Е. А. Бородина

Исследования и решение проблемы информатизации высшего образования, которое заключается в том, что в результате должна быть достигнута глобальная рационализация интеллектуальной деятельности в образовании за счет использования искусственного интеллекта с целью повышения эффективности и качества подготовки специалистов до уровня информационной культуры. Возможность использования систем искусственного интеллекта в процессе обучения позволяет иметь представление об объекте познания, и помогает усвоить все многообразие и сложность связей, характерных для реальных процессов, проследить динамику этих связей при изменении внешних и внутренних факторов. В статье проанализировано использование информационных технологий, как фактора повышения качества подготовки будущих специалистов в учреждениях высшего образования и актуальные проблемы профессиональной подготовки специалистов и пути их решения. Исследована виды инновационных методов обучения в высшем учебном заведении и рассмотрена роль информационно-социальных технологий в образовании. Выявлены особенности программных средств учебного назначения и обоснованы направления использования информационных технологий в учебной среде. Поставленная цель определила задачи: проанализировать возможности современных информационных образовательных технологий и исследовать развитие понятия педагогической инновации как нововведению в области педагогики; определить возможности применения систем искусственного интеллекта с целью реализации дифференцированного подхода к студентам с разным уровнем подготовки; определить перспективные направления в области применения информационных технологий в процессе подготовки будущих специалистов в учреждениях высшего образования.

Ключевые слова: информационное общество, системы искусственного интеллекта, информационная система, информационные технологии, учреждение высшего образования

Інформаційні технології як складова підвищення якості підготовки майбутніх фахівців у закладах вищої освіти

А. М. Гафіяк, С. П. Ястреба, О. Б. Носач, О. О. Бородіна

Дослідження та розв'язок проблеми інформатизації вищої освіти, яке полягає в тому, що в результаті повинна бути досягнута глобальна раціоналізація інтелектуальної діяльності в освіті за рахунок використання штучного інтелекту з метою підвищення ефективності та якості підготовки фахівців до рівня інформаційної культури. Можливість використання систем штучного інтелекту у процесі навчання дозволяє мати уявлення про об'єкт пізнання, і допомагає засвоїти все різноманіття і складність зв'язків, характерних для реальних процесів, простежити динаміку цих зв'язків при зміні зовнішніх і внутрішніх факторів. У статті проаналізовано використання інформаційних технологій, як фактору підвищення якості підготовки майбутніх фахівців у закладах вищої освіти та актуальні проблеми професійної підготовки фахівців та шляхи їх вирішення. Досліджено види інноваційних методів навчання у вищому навчальному закладі та розглянуто роль інформаційно-соціальних технологій в освіті. Виявлено особливості програмних засобів навчального призначення та обґрунтовано напрямки використання інформаційних технологій у навчальному середовищі. Поставлена мета визначила завдання: проаналізувати можливості сучасних інформаційних освітніх технологій та дослідити розвиток поняття педагогічної інновації як нововведенню в галузі педагогіки; визначити можливості застосування систем штучного інтелекту з метою реалізації диференційованого підходу до студентів з різним рівнем підготовки; визначити перспективні напрями в галузі застосування інформаційних технологій в процесі підготовки майбутніх фахівців у закладах вищої освіти.

Ключові слова: інформаційне суспільство, системи штучного інтелекту, інформаційна система, інформаційні технології, заклад вищої освіти.

G. Golovko, Ye. Chaika, M. Luchko

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

UPDATE THE COMPUTER NETWORK AT THE ENTERPRISE «MAGNETIK CORPORATION»

The subject matter of the article is the process of matching the optimal solutions for improving the local computer network. **The purpose** is to update the existing local computer network of the enterprise Magnetic Corporation. **The task** is to justify the opportunity for using various types of network applications and components. Having applied knowledge about the characteristics of each viewing items' properties, the obtained results are used to enter them into a single network. **To summarize the conclusions:** in order to maximize network productivity the local computer network with a dedicated server was selected, i.e. star topology, that has led to an increase in network security and an increase in the speed of fixing problems in any workstation without affecting the overall network health.

Keywords: network, topology, network operation system, network software.

Introduction

Perhaps the modern Internet is the largest engineering system created by a person. It contains millions of connected computers, communication lines and switches; with billions of users connected through various data communication devices. Let's take into account that the Internet is so large and has that many different components, however in the meanwhile, is it possible to understand how it works? Are there any leading principles and structure that can serve as the basis for understanding an incredibly large and at the same time a difficult system? But if so, might be interesting to learn computer networks? However, for all these questions, we are surely answering YES! In fact, our purpose in this article is to offer a modern introduction to the fast-growing area of computer networks, highlighting the principles that are needed to understand both today's and tomorrow's technologies. Studying the computer networking general principles will help you to deal quickly with any specific network technology in the future. However, the well-known expression "Knowledge of several principles frees from memorizing a set of facts" should not be taken literally - a good specialist, of course, should know a lot of details and facts. Principles knowledge allow to systematize this private statements, link them with one another in a coherent system and thereby use it more consciously and efficiently. Of course, the principles studying before the specific technologies studying is not an easy task, therefore, in this article we will consider the general computer network aspects.

We will organize our computer networks review in such way. After introducing basic terminology and some aspects, at first we will consider the basic hardware components that make up the network. We will also start with the network periphery and overview the end systems and network applications that run on the network. Then we explore the computer network core by analyzing the communications and switches that transmit data. We are also exploring access networks and physical media that connect end systems to the network core.

That is, different varieties of computer network construction and their problematics will be investigated.

Analysis of common network building options

Historically, the main purpose of integrating computers into a network was the resources sharing: computer users connected to the network, or applications that run on these computers, being able to automatically access various resources of other computers on the network.

In order to connect it is necessary that they have been provided with external interfaces. The interface - in a broad sense - is formally determined logical and / or physical boundary between the interacting independent objects. The interface specifies the parameters, procedures, and the objects interaction characteristics. Interfaces are divided into physical and logical interfaces.

The physical interface is determined by a set of electrical connections and signal characteristics. Usually it is a connector with contacts' set, each of that has a specific purpose, for example, it can be a group of contacts for data transmission and data synchronization contacts. A pair of connectors is linked by cable, consisting of a wires set, each of them connects the corresponding contacts. In such cases, talking about the line or channel creation, the connection between two devices.

The logical interface is an information messages set of a certain format, which are exchanged between two devices or two programs, as well as a rules set defining exchange logic of these messages. The most commonly used interfaces are computer to computer and computer-peripheral device.

Computer-to-computer interface allows two computers to share information. It is implemented with a pair on each side:

- a hardware unit, called a network adapter, or a network interface card (Network Interface Card, NIC);
- a network interface card driver, is a special program that controls the network interface card operation.

A computer interface is a peripheral device that allows a computer to control a peripheral device operation. This interface is implemented:

- from the computer side - an interface card and a peripheral device driver similar to the network interface card and its driver;

– from the peripheral device side - the peripheral device controller, is usually a hardware device, receives data from the computer, for instance, information bytes that needs to be printed on paper [1].

The need for access a remote device - users might have arise the most various applications: text editor, graphic editor, database management system. Obviously, that the duplication in each of the functions common applications to all of them in organizing the separated tasks execution is excessive.

The most efficient is the approach in which functions are excluded from applications and executed in the form of a specialized software modules pair - (client and tasks server).

Summarizing this approach in relation to other shared resources types, we will provide the following definitions:

A client is a module designed for the request messages formation and transmission to the remote computer resources from various followed by receiving the results from the network and transferring them to the relevant applications.

A server is a module that constantly expects to come from network a customer request arrival and, upon a request acceptance, tries to serve it, as a rule, with the local operating system participation; one server can serve several clients requests at once (one by at a time or simultaneously). Each service is associated with a specific network resources type. Thus the client and server modules that implement remote access to the devices form a network service. [1]

The computer's operating system is often described as an interconnected system programs set that provides efficient computer resources control (memory, processor, external devices, files, etc.), and also provides the user with a convenient interface for working with computer hardware and application development.

Speaking of the network operating system, we obviously need to expand the managed resources boundaries beyond one computer. The network operating system is the computer's operating system, which, in addition to managing local resources, provides users and applications efficient and convenient access to network informational and other computers hardware resources. Remote access to network resources is provided by:

- network services;
- transporting messages facilities over the network (in the simplest case, network interface cards and their drivers).

Therefore, it is necessary that these modules have been added to the operating system so that it could be called networked. Operating system determines its position in the overall range of network operating systems due to how much network services and services are offered by the operating system to end users, applications and network administrators. In addition to network services, the network operating system should include software communication (transport) tools that provide messages transmission, exchanged between client and server parts of network services, with

hardware communication tools. The tasks of communication between computers on the network are carried out by drivers and protocol modules. They perform functions such as message generation, splitting messages into parts (packets, frames), converting computer names into numeric addresses, duplicating messages in case of loss, determining the route in a complex network. Both network services and carriers can be integral (embedded) operating system components or exist as separate software products. A typical network operating system has a large set of drivers and protocol modules, but the user, generally, has the ability to supplement this standard set with programs he needs. The decision on how to implement clients and the network service servers, as well as drivers and protocol modules, is adopted by developers taking into account a variety of reasons: technical, commercial, and even legal. The network service can be represented in the operating system with either both (client and server) parts or only one of them [1].

Also, the enterprise network equipment plays an important role. This information must be taken into account when creating a computer network in an enterprise.

A LAN switch is a device designed to connect multiple computer network hosts within a single segment: Switch Zyxel GS1900-24E; Data transfer rate: 1000 Mbps; Connectors: 24xRJ-45.

Twisted pair is a network cable type, with one or more pairs of isolated conductors twisted together (with a small number of turns per unit length) to reduce reciprocal movements when transmitting a signal and coated with a plastic sheath. The cable is connected to network devices using the RJ-45 connector. It supports data transmission at a distance of about 100 meters.

RJ-45 is a physical interface that is commonly used to connect computer networks using a twisted pair over a network switch, or when creating a network from two computers to one another through a network card.

In accordance with the customer requirements, the marketing search for the necessary hardware and software of the local computer network was carried out (table 1, 2) and the estimated total project cost (table 3).

Table 1 – The cost of network equipment

Name	Amount	Cost per 1 unit, UAH	Full price, UAH
LAN Switch	3	4 955	14 865
Cable	500 m	12	6000
Connector RJ-45	150	2,50	375
Total			21240

Table 2 – Software cost

Name	Amount	Cost per 1 unit, UAH	Full price, UAH
Microsoft Windows 10 Enterprise	1	7 800	7 800
Microsoft Office 2016 (boxed version)	30	7 000	210 000
Microsoft Windows Server 2019 Standart	1	25 899	25 899
1C Accounting for Ukraine	8	6 690	53 899
Total			2970219

Table 3 – Cost of the local network

Constituent	Cost, UAH
Software	297 219
Network equipment	21 240
Hardware	648 570
Total	967 029

There are many characteristics associated with the traffic transfer through physical channels.

- The proposed load is the data stream coming from the user to the network input. The proposed load can be characterized by the speed of data stream into the network in bits per second (or kilobits, megabytes, etc.).

- Data flow rate is the actual data flow speed that has passed through the network. This speed may be less than the proposed load speed, as the data in the network may be distorted or lost.

- Communication channel capacity, also called bandwidth, which represents the maximum possible information flow rate over a channel.

The specificity of this characteristic is that it reflects not only the physical medium parameters of transmission, but also the features of the chosen transmitting discrete information method in this medium. For example, the fullness of the communication channel in the Ethernet network on an optical fiber is 10 Mbps. This speed is extremely possible for combining Ethernet and optical fiber technology. Thus, fast Ethernet technology provides data transfer over the same optical fiber with a maximum speed of 100 Mbps, and Gigabit Ethernet technology - 1000 Mbps. The transmitter of the communication device must operate at a rate equal to the bandwidth of the channel. This speed is sometimes called the bit rate of transmitter. Bandwidth - this term can be misleading because it is used in two different values. First, using it can characterize the transmission medium. Secondly, the term "bandwidth" is used synonymously with the term communication link capacity [2].

While transferring information from a computer to a computer information must be transmitted in two directions. So, it's necessary to understand that even when you simply receive information or transmit it, the information exchange goes from both directions. Namely, the main stream of data is created which is of interest to the recipient receiving the receipt information. However, an inverted information flow is also formed. Physical communication links are divided into several types depending on whether they can transmit information in both directions or not.

- The duplex channel provides simultaneous information flow in both directions. A two-way channel can consist of two physical environments, each of which is used to transmit information only in one direction. It is possible when one medium serves for the simultaneous transmission of counter flows, in this case, additional methods are used to separate each stream from the total signal.

- The simplex channel allows to transmit information only in one direction [2].

The more computers one network connects, the more difficult it is to work with it. That is, if you decide to combine multiple computers into one network, you

need to pre-determine the configuration and network topology.

There is a large number of topologies for building a network, and the most popular ones are the ring topology and star topology.

Ring topology is a topology in which each computer is connected by communication lines to two others: it receives information from one, and transfers it to another. Each communication line has only one transmitter and one receiver. An important feature of the "ring" is that each computer restores (retransmits, amplifies) the signal coming to it, that is, acts as a repeater. The signal attenuation throughout the "ring" is not as important as the attenuation between the neighboring computers of the "ring". The ring networks sizes reach tens of kilometers, which significantly exceeds other topologies. There is no clearly distinguished host in the "ring" topology, all computers can be the same and equal. The "ring" topology usually has high resistance to overload, provides reliable work with large information flows transmitted over the network, there are usually no conflicts in it, nor is it a mandatory central subscriber that can be overwhelmed by large information flows [3].

The "star" topology is a topology with clearly defined host, to which all other subscribers connect. The entire information exchange goes exclusively through a host computer, which thus has more load, so it cannot deal with anything other than the network. It is clear that the host subscriber network equipment should be more complex than the peripheral subscribers' equipment. In this case, it is not necessary to speak about the subscribers' equality. As a rule, the host computer is the most powerful, and it is entrusted with all the functions of managing the exchange. Conflicts in the "star" network topology essentially are impossible, because management is fully centralized, there is nothing to confront. If we talk about the stability of the star concerning to the computers failures, the peripheral computer failure does not affect the functioning of the remaining network part, but any host computer failure makes the network completely unusable. Therefore, special measures should be taken to increase the reliability of the host computer and its network equipment. Any cable breakdown or short circuit in the "star" topology violates the exchange with the only one computer, and all other computers can normally continue to work [3].

The central topology element is a passive wire, to which several computers are connected according to the scheme. The main advantages of this topology are its simplicity, low cost budget and easy nodes connection to the network. The disadvantages are low reliability (any defect in the wire immediately brings the entire network out of order). At the same time, small networks, as a rule, have a typical topology - a star, a ring, or a common bus. The largest networks are characterized by polyface networks between computers. In such networks, it is possible to identify individual arbitrarily connected fragments that have a typical topology, so they are a mixed network topology [2]. After analyzing all aspects and parameters of each of the network elements, we came to a common conclusion

on optimal equipment. All possible ways of creating networks and their characteristics (including the best and worst sides) have been examined and provided. So, this article is, an innovation for a person who just begins getting acquainted with the networks.

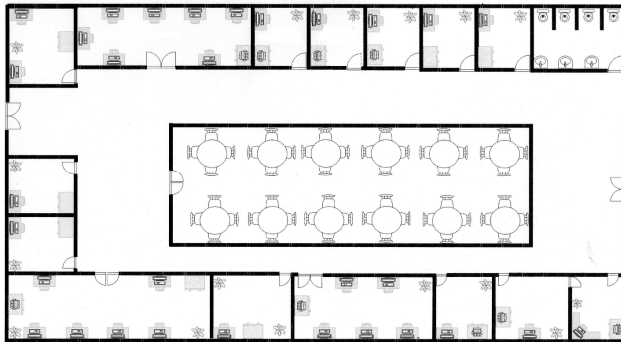


Fig. 1. Placement of hardware for selection

Also, all products characteristics that are required to create a local network will be recommended hereinafter. Including software cost evaluation and hardware (Fig. 1, 2).

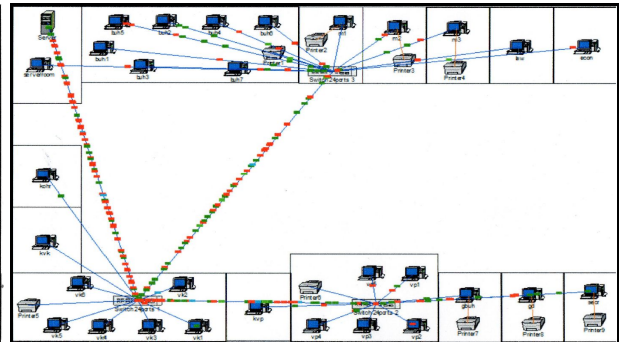


Fig. 2. Start the LAN work

Conclusions

In this paper, all possible types of network applications and components were identified and the most optimal process for updating and improving the computer network at the "Magnetik Corporation" enterprise was chosen.

Also, with the introduction of a new local computer network, the possibility of choosing from the

most widespread local networks was analyzed and having come to a conclusion that the local computer network topology of the star is the most optimal option for this enterprise. The article analyzes and points out that the implementation of this computer network also increases the network security, and significantly increases the speed of fixing the emerging problems in any workstation without affecting the overall network performance.

REFERENCES

1. V_Olifer_N_Olifer_Kompyuternye_seti_Printsipy_tekhnologii_protokoly_2016.pdf
2. Kompyuternye_seti_Niskhodyasch_podkhod_Kurouz.pdf
3. Топологія мережі. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5263810/page:2/>
4. Cisco_CCNA_ICND2_200-101_Ofitsialnoe_rukovodstvo_po_podgotovke_k_ekzamenam.pdf
5. NetCracker Professional 3.1 portable. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/1314986/>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Козелкова,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 21.01.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Оновлення комп'ютерної локальної мережі для підприємства «Корпорація Магнетік»

Г. В. Головка, Є. А. Чайка, М. А. Лучко

Предметом вивчення в статті є процес підбору оптимальних рішень що до вдосконалення локальної комп'ютерної мережі. **Метою** є оновлення існуючої локальної комп'ютерної мережі підприємства "Корпорація Магнетік". **Завдання:** обґрунтувати можливість застосування різних видів мережевих додатків та комплектуючих. Застосувавши знання про характеристики властивості кожного з оглядових предметів. Отримані результати використати для занесення всього до єдиної мережі. **Висновки:** за для максимальної продуктивності мережі було обрано: локальну комп'ютерну мережу з виділеним сервером, тобто топологію – зірка, що привело до підвищення безпеки мережі та підвищення швидкості виправлення виникаючих проблем в будь-якій робочій станції не впливаючи на загальну працездатність мережі.

Ключові слова: мережа, топологія, мережева операційна система, мережеве програмне забезпечення.

Обновления компьютерной локальной сети для предприятия «Корпорация Магнетик»

Г. В. Головка, Е. А. Чайка, М. А. Лучко

Предметом изучения в статье является процесс подбора оптимальных решений для совершенствования локальной компьютерной сети. **Целью** является обновление существующей локальной компьютерной сети предприятия "Корпорация Магнетик". **Задача:** обосновать возможность применения различных видов сетевых приложений и комплектующих. Применив знания о характеристиках свойства каждого из смотровых предметов. Полученные результаты использовать для занесения всего к единой сети. **Выводы:** для максимальной производительности сети была избрана: локальная компьютерная сеть с выделенным сервером, то есть топологию - звезда, что привело к повышению безопасности сети и повышения скорости исправления возникающих проблем в любой рабочей станции не влияя на общую работоспособность сети.

Ключевые слова: сеть, топология, сетевая операционная система, сетевое программное обеспечение.

В. О. Гороховатський, Д. О. Руденко, Т. О. Сірик

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ІЄРАРХІЧНИХ ОЗНАК ПРИ БЛОЧНОМУ ПОДАННІ ОПИСУ У СКЛАДІ МНОЖИНИ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК ЗОБРАЖЕННЯ

Предметом досліджень статті є ієрархічні моделі для встановлення ступеня релевантності описів зображень при розпізнаванні візуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору. **Метою** є розроблення модифікації методу структурного розпізнавання на підставі впровадження блокових моделей даних із інтегруванням ймовірнісних розподілів. **Завдання:** розроблення математичних та програмних моделей для ефективного за швидкодією ієрархічного оброблення даних при визначенні релевантності структурних описів, вивчення властивостей цих моделей, оцінювання результативності при обробленні зображень. Застосовуваними **методами** є: детектор ORB для формування дескрипторів ключових точок, інтелектуальний аналіз даних, методи побудови розподілів бітових даних, апарат метричного визначення релевантності, програмне моделювання. Отримані такі **результати**. Перехід від опису множин дескрипторів до розподілів фрагментів, побудова ієрархічних ознак забезпечують необхідну результативність розпізнавання. Оброблення та аналіз даних виконується у кілька разів швидше, ніж на підставі розподілів. **Висновки.** Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методу структурного розпізнавання зображень на основі впровадження блочної структури опису із використанням інтегрованих значень розподілу для фрагментів множини дескрипторів. Практична значущість – досягнення суттєвого рівня підвищення швидкодії при обчисленні релевантності, підтвердження результативності запропонованих ієрархічних ознак на прикладах зображень, отримання прикладних програмних моделей для дослідження та впровадження методів класифікації в системах комп'ютерного зору.

Ключові слова: структурні методи розпізнавання зображень, ключова точка, детектор ORB, дескриптор, розподіл даних фрагменту, релевантність описів, манхеттенська метрика, швидкодія визначення релевантності.

Вступ

Процес реалізації дієвих класифікаційних рішень у сучасних системах комп'ютерного зору потребує вирішення ряду проблем, пов'язаних із багатовимірною природою оброблюваних даних. При застосуванні структурних методів розпізнавання описи об'єктів подаються у вигляді наборів дескрипторів ключових точок (КТ) як скінченної множини числових векторів достатньо високої розмірності [1-8]. Так, бінарні описи, отримані детекторами ORB, BRISK [4, 9], містять 256 та 512 компонентів. У такому випадку перехід до подання даних у вигляді системи їх фрагментів меншої розмірності сприяє суттєвому спрощенню їх прикладного застосування [5]. Основним інструментом при цьому виступає апарат просторово-статистичного аналізу даних, який в аспекті розпізнавання базується на узагальненні даних опису об'єкта шляхом обчислення нових ознак для сукупності фрагментів [2; 5].

Викликає також інтерес дослідження властивостей ієрархічної системи ознак, що може бути побудована на підставі обчислених розподілів найпростішого для оброблення виду фрагментів, що містять по 1 біту. Аналогічно пірамідальній структурі даних на базі таких ознак можна побудувати атрибути більш високого рівня, застосування яких в разі прискорює процес оброблення та прийняття рішення.

Метою статті є розвинення методу структурного розпізнавання зображень на підставі впровадження просторово-статистичного оброблення для кортежу значень блоків опису у складі множини дескрипторів.

Задачами дослідження є опрацювання моделей для обчислення релевантності модифікацій структурного опису, ефективних за швидкодією оброблення

даних, аналіз властивостей цих моделей та експериментальне оцінювання результативності запропонованих підходів за наслідками аналізу зображень.

Статистичні моделі у просторі ознак

Бітовий склад дескрипторів КТ у просторі B^n бінарних векторів (n – ступінь двійки) дає можливість запровадити аналіз дескриптора як кортежу послідовних елементів, діапазон значень яких відомий. Це дає змогу розглядати наявний структурний опис (множина бінарних векторів) у синтезованому просторі даних та здійснювати статистичний аналіз розпізнаваних зображень з урахуванням властивостей складу еталонних описів.

Опис Z розпізнаваного візуального об'єкту визначимо у вигляді скінченної множини $Z = \{z_v\}_{v=1}^s$, $z_v \in B^n$, $Z \subset B^n$ із s бінарних дескрипторів КТ, наприклад, сформованих детекторами ORB, BRISK, AKAZE [4, 5, 9].

Для фіксованого числа n подамо опис об'єкту бінарною матрицею $D = \{\{d_{i,j}\}_{i=1}^s\}_{j=1}^n$, сформовану довільною послідовністю отриманих детектором s дескрипторів КТ. Для спрощення аналізу вважаємо значення s однаковим для всіх еталонів, цього нескладно досягти випадковим або цілеспрямованим відбором необхідної кількості дескрипторів.

Кожний рядок матриці D , що є дескриптором КТ, подамо у виді m непересічних фрагментів (блоків), що послідовно слідуєть один за одним. Отримаємо новий простір даних, перевагою якого є можливість аналізувати внутрішню структуру та статистичні властивості опису, на основі чого його можна буде віднести до одного із еталонних класів. Застосуємо мережу блоків як основу для прийняття рішення про

клас об'єкту. Блочний спосіб формування ознак надає додаткову гнучкість при обробленні [1].

Після розбиття $\forall z_v \in Z$ отримуємо фіксовану структуру $z_v = z_v^1 \& z_v^2 \& \dots \& z_v^m$ «зчеплених» в ланцюжок елементів, де z_v^k – k -й блок дескриптора z_v . Кожний із дескрипторів тепер складається із m однотипних бінарних даних, значення яких у послідовності можна записати кортежем цілих чисел. У результаті опис Z набуває виду матриці із s рядків по m елементів (число блоків) у рядку.

Зважаючи на впроваджену рівноцінність діапазонів для значень кожного із фрагментів та відображення сукупністю дескрипторів властивостей аналізованого об'єкту, побудуємо розподіли даних на підставі аналізу матриці D [5]. Для цього задамо відображення $\Omega: Z \rightarrow Q$, $Z \subset B^n$ із множини бінарних векторів у множину Q цілочисельних векторів потужності $w < n$, що містять статистичні розподіли значень фрагментів. Відображення Ω призначене забезпечити ідентифікацію та розрізнення об'єктів у синтезованому просторі.

Визначимо розподіл (рейтинг зустрічальності) $q \in Q$ як вектор $q = \{q_1, \dots, q_w\}$ цілих чисел, де q_i – це число значень для k -го фрагмента, що дорівнюють i , $i = \overline{1, w}$, серед відповідних фрагментів усієї множини Z

$$q_i = \text{card}\{z_v^k \in z_v, z_v \in Z \mid z_v^k = i\}. \quad (1)$$

Тоді виконується умова $\sum_i q_i = s$, так як сума значень ланок для розподілу q дорівнює загальному обсягу S дескрипторів опису Z . Зауважимо, що w – це число ланок розподілу, які належать діапазону $0, \dots, w-1$.

Для кожного із m фрагментів побудуємо розподіл $q = \{q_1, \dots, q_w\}$, величина w визначена діапазоном значень даних для фрагмента, що визначається його розміром. Наприклад, для дескриптора ORB при розбитті на байти для $n = 256$ маємо $m = 32$, $w = 256$. Загалом множина Z під дією відображення Ω описується матрицею $Q = \{\{q_{i,v}\}_{i=1}^w\}_{v=1}^m$, що містить розподіли системи фрагментів.

Матриця Q відтворює статистичні властивості опису Z у вигляді кортежу розподілів значень його складових. Статистичні розподіли даних узагальнюють знання у відповідності до фундаментальної концепції машинного навчання [2].

Інтегрована ієрархічна система ознак

На основі одно-бітових розподілів побудуємо інтегровану в межах окремих фрагментів систему ознак. Для матриці D опису обчислимо значення сум вздовж стовпців (1-бітовий фрагмент), отримаємо вектор $t = (t_1, \dots, t_j, \dots, t_n)$, де $t_j = \sum_{i=1}^s d_{i,j}$, $j = \overline{1, n}$. Це і будуть ознаки найнижчого рівня, що у

повній мірі зберігають інваріантні властивості множини дескрипторів Z .

На базі ознак t_j обчислимо ознаки вищого рівня u_k для блоків як сукупностей стовпців

$$u_k = \sum_{j=k}^{k+b-1} t_j, \quad (2)$$

де $b = n/m$ – розмір, а $k = 1, b+1, 2b+1, \dots, n-b+1$ – номер фрагмента.

Ознаки (2) реалізують крос-кореляційне оброблення матриці D з прямокутною маскою розміром $b \times s$ [10]. У результаті обчислення (2) отримуємо цілочисельний вектор u_k розмірністю m . Параметр m є характеристикою системи фрагментів, він зменшується від n до 1 зі збільшенням розміру фрагмента від 1 до n .

Значення вектора $u = (u_1, \dots, u_k, \dots, u_m)$ можуть бути використані як самостійні структурні ознаки статистичного виду. Опрацювання (2) залежить від параметра b та реалізує просторове оброблення (інтегрування даних) на множині дескрипторів. Зважаючи на таку просту модель обчислення функцій (2), всі вони для довільного розміру фрагмента визначаються нескладно (логічно або додаванням цілих чисел), базуючись на значеннях статистичного розподілу.

На основі подання (2) може бути застосовано також ієрархічний спосіб розпізнавання, що використовує для зіставлення з еталонами систему ознак u_k з різним ступенем інтегрування даних, що визначається розміром блока.

Діапазон цілих значень для ознак u_k безпосередньо можна визначити за розміром фрагмента як $u_k \in \{0, \dots, sb\}$. Загалом вектор u є інтегрованою характеристикою опису, його можна окремо нормувати за кількістю дескрипторів або розміром фрагменту.

Обсяг значень для ознак (2) змінюється від одного числа до вектора розміру n (розмір дескриптора) і зменшується зі збільшенням розміру фрагмента. При $m = 1$ маємо $b = n$, тобто кожен дескриптор містить один фрагмент, а величина u_1 визначається одним значенням і дорівнює сумі бітів усього опису. При $m = n$ маємо іншу граничну ситуацію: n 1-бітових фрагментів, а u_k обчислюється як сума стовпця матриці D .

Модель (2) реалізує процедуру зменшення інформаційної надмірності просторового сигналу за рахунок допустимого зниження (з точки зору якості розрізнення) ступеня розподільної здатності системи ознак подання опису.

Оброблення виду (2) є різновидом просторового аналізу значень для множини дескрипторів вздовж координат їх компонентів.

Іншими варіантами такого оброблення є фільтрація чи розклад дескриптора за системою ортогональних функцій [1, 10].

Релевантність r описів a та b визначимо на підставі зіставлення розподілів на підставі манхеттенської відстані між векторами $u(a), u(b)$:

$$r[u(a), u(b)] = \sum_{i=1}^m |u_i(a) - u_i(b)|. \quad (3)$$

Для більш точного оцінювання значення релевантності можна застосувати нормовані значення (3):

$$r^* = r/r_1, \quad (4)$$

де r_1 – максимально можлива відстань для обраного числа дескрипторів.

Аналіз результатів комп'ютерного моделювання

Розроблену модель побудови ієрархічних ознак застосовано на прикладі зображень гербів університетів Оксфорду, Гарварду, Пекіну та Массачусетса. Розмір зображень складає 600x600. Програмне середовище – Visual Studio 2015 із використанням

засобів бібліотеки Open CV [11]. Ілюстрація зображення герба Гарварду та Массачусетса показана на рис. 1. Для моделювання застосовано дескриптори ORB розмірністю $n = 256$.

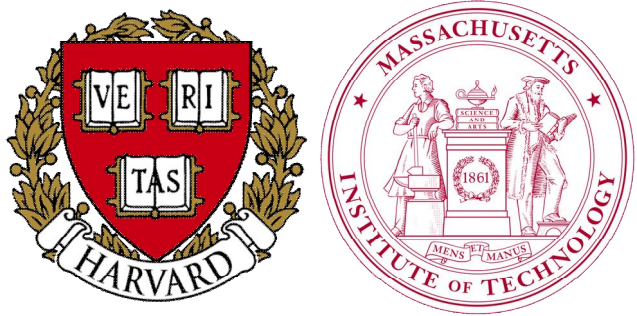


Рис. 1. Аналізовані зображення гербів

На рис. 2 наведено приклад сформованого 1-бітового розподілу (256 ланок дескриптора ORB) для кількості нулів у 100 дескрипторах герба рис 1.

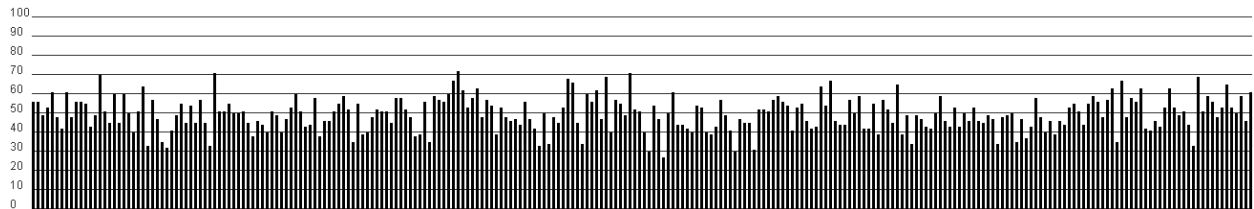


Рис. 2. Приклад розподілу для 100 дескрипторів

У табл. 1 наведено значення манхеттенської відстані r для 1-бітових розподілів 100 дескрипторів чотирьох гербів.

Таблиця 1 – Відстані між 1-бітовими розподілами для 100 дескрипторів

	Оксфорд	Гарвард	Масачусет	Пекін
Оксфорд	0	1922	3782	5232
Гарвард	1922	0	2868	4182
Масачусет	3782	2868	0	2962
Пекін	5232	4182	2962	0

На рис. 3 показано схему побудови ієрархічних ознак для емпіричного опису зображення рис. 1 у складі 100 дескрипторів, де значення у нижніх колах відповідають 8-бітовому розподілу нулів, а верхнє значення дорівнює загальному числу нулів опису. Аналогічну структуру можна побудувати для довільного опису [12].

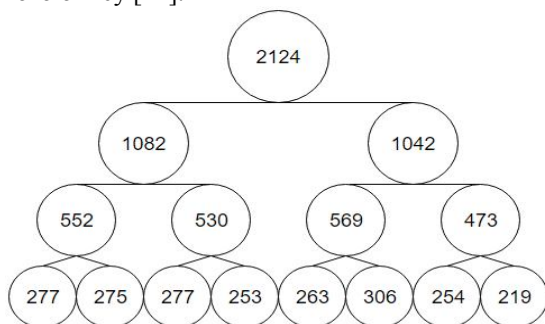


Рис. 3. Значення ієрархічних даних на прикладі герба Гарварду

Табл. 2 містить значення відстані (3) між розподілами зображень гербів Масачусетського та Оксфордського університетів для 100, 300, 500 дескрипторів та різним числом бітів у фрагментах розподілу. Також у табл. 2 наведені відстані для скорочених розподілів цих гербів, де вибрано кожен другий та четвертий біти із однобітового розподілу.

Таблиця 2 – Значення нормованої відстані (4) для різної кількості дескрипторів та бітів розподілу

Кількість дескрипторів	Кількість бітів розподілу							
	1	2	4	8	128	256	Кожен 2-й	Кожен 4-й
500	0,142	0,098	0,073	0,060	0,046	0,046	0,138	0,144
300	0,139	0,095	0,071	0,061	0,045	0,045	0,147	0,147
100	0,147	0,102	0,074	0,061	0,046	0,046	0,105	0,155

При зменшенні кількості ключових точок майже пропорційно зменшуються й максимальна та фактична відстань між розподілами. Тобто збільшення числа дескрипторів від 100 до 300 не має суттєвого впливу на характеристики розпізнавання зображень. Значення табл. 2 показують, що 100 ключових точок достатньо для розрізнення зображень гербів. Для інших типів зображень або кількості розпізнаваних еталонів ці значення можуть відрізнятися.

У табл. 3 наведено дані наявних обчислювальних витрат для реалізації варіантів розглянутих моделей при обчисленні релевантності описів зображень гербів Масачусета та Оксфорду в залежності від кількості бітів у фрагментах розподілу. Табл. 3 містить час опрацювання комп'ютерними моделями у наносекундах.

Аналізуючи значення табл. 2 та оцінку часу оброблення з табл. 3 для 100 КТ, можна сказати, що при обчисленні по правилу «кожен другий» час прогнозовано зменшився у порівнянні з 1-бітовим розподілом приблизно у 1,5 рази. А нормована відстань (4) дещо зменшилась від 0,147 до 0,105.

Таблиця 3 – Оцінка часу при обчисленні релевантності

Кількість дескрипторів	Кількість бітів розподілу							
	1	2	4	8	128	256	Кожен 2-й	Кожен 4-й
500	66929	33944	26222	22095	20388	19913	32493	26511
300	46465	65172	34177	22327	19612	19914	33139	26087
100	47018	32586	24540	21472	18572	16293	32133	25384

При обчисленні по правилу «кожен четвертий» час зменшився у порівнянні з 1-бітовим розподілом у 1,9 рази. А нормована відстань (4) практично не змінилась в межах 0,15.

Ці показники стверджують про достатні властивості модифікацій побудованих ознак для розпізнавання зображень гербів зі значно меншим часом оброблення.

Відмітимо, що оцінка часу у табл. 3 враховує тільки знаходження відстані, не включаючи затрати на обчислення розподілу, тобто програма орієнтована на порівняння з еталонними розподілами, побудованими на етапі попереднього оброблення. У цьому випадку, як видно із табл. 3, не має суттєвого значення кількість КТ, а важлива тільки кількість бітів у фрагментах розподілу. Чим більше використано бітів – тим повільніше працює програма. Як можна побачити із табл. 3, з кожним збільшенням числа бітів у розподілі у 2 рази час виконання зменшується приблизно у 1,3 рази. Зрозуміло, що, якщо брати до уваги час, затрачений на обчислення роз-

поділу, то він прямо пропорційний числу дескрипторів опису.

Зважаючи на те, що час обчислення релевантності за розподілами приблизно у 1000 разів менший, ніж для традиційної процедури голосування [5], бачимо, що за допомогою впровадження системи ієрархічних ознак можна добитися подальшого скорочення часу обчислень, забезпечуючи при цьому достатньо високу результативність розпізнавання.

Ступінь інтегрованості призводить до зменшення рівня відмінності ознак від 0,147 (для 1-бітового) до 0,06 для 8-бітового, що зменшує розрізненість описів у інтегрованому поданні. Але і для 256 бітів спостерігаються відмінності між ієрархічними описами гербів, що дозволяє їх розпізнавати між собою. При цьому час для 256 бітів зменшився майже в 3 рази.

Висновки

Трансформація ймовірнісних розподілів для фрагментів дескрипторів опису і зіставлення образів у просторі ієрархічних ознак забезпечують необхідну результативність розпізнавання. Таке оброблення реалізується значно швидше, ніж у просторі розподілів та у процедурах голосування.

Оброблення за значеннями згрупованих значень розподілів формує ієрархічну структуру даних зі змінюваним параметром деталізації та значимими властивостями опису.

Практичні рекомендації із проведеного дослідження полягають у результативному застосуванні інтегрованих ознак для груп бітів як ефективного з точки зору швидкодії обчислень.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методу структурного розпізнавання зображень на основі впровадження блочної структури опису із використанням інтегрованих значень розподілу для фрагментів множини дескрипторів.

Практична значущість роботи – досягнення суттєвого рівня підвищення швидкодії при обчисленні релевантності, підтвердження результативності запропонованих ієрархічних ознак на прикладах зображень, отримання прикладних програмних моделей для дослідження та впровадження методів класифікації в системах комп'ютерного зору.

Перспективи дослідження можуть бути пов'язані із побудовою дерев рішень на основі ієрархічних ознак.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гороховатский В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении / В.А. Гороховатский. – Х.: Компания СМІТ, 2014. – 316 с.
2. Gorokhovatsky, V.O. and Gadetska, S.V., (2019) Determination of Relevance of Visual Object Images by Application of Statistical Analysis of Regarding Fragment Representation of their Descriptions, Telecommunications and Radio Engineering, 78 (3), pp. 211–220.
3. Gorokhovatsky V.A. Efficient Estimation of Visual Object Relevance during Recognition through their Vector Descriptions / V.A. Gorokhovatsky // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016, Vol. 75, No 14. – pp. 1271–1283.
4. Stefan Leutenegger, Margarita Chli, Roland Y. Siegwart. BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints. – Computer Vision (ICCV), pp. 2548 – 2555, 2011.
5. Гороховатський В.О. Статистичні розподіли та ланцюжкове подання даних при визначенні релевантності структурних описів візуальних об'єктів / В.О. Гороховатський, С.В. Гадецька, Р.П. Пономаренко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – №6 (52). – С. 87–92.

6. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed, A.S., Manikandan V. Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network. *ICTACT Journal on Soft Computing*. 2019. Vol. 09, Issue 02. pp. 1844-1850. DOI: 10.21917/ijsc.2019.0256
7. Yogesh Awasthi, R P Agarwal, B K Sharma, "Intellectual property right protection of browser based software through watermarking technique", *International Journal of Computer Applications*, vol. 97, no. 12, 2014, pp. 32-36.
8. Yogesh Awasthi, R P Agarwal, B K Sharma, "Two Phase Watermarking for Security in Database", *International Journal of Computing*, vol. 4, no. 4, 2014, pp. 821-824.
9. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., and Bradski, G., (2011) ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF, *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Proceedings, pp. 2564-2571.
10. Шапиро Л. Компьютерное зрение/ Л. Шапиро, Дж. Стокман.; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
11. Прохоренко Н.А. OpenCV и Java. Обработка изображений и компьютерное зрение / Н. Прохоренко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 320 с.
12. Adelson E.H. Pyramid methods in image processing [Электронный ресурс] / E. Adelson, C. Anderson, J. Bergen, P. Burt, J. Ogden // *RCA Engineer*. – Vol. 29(6), pp. 33-41. Режим доступа: http://persci.mit.edu/pub_pdfs/RCA84.pdf

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є. П. Путятін,
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків
Received (Надійшла) 30.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Исследование системы иерархических признаков при блочном представлении описания в составе множества ключевых точек изображения

В.А. Гороховатский, Д.А. Руденко, Т.А. Сирьк

Предметом исследования статьи являются иерархические модели для определения степени релевантности описаний изображений при распознавании визуальных объектов в системах компьютерного зрения. **Целью** является разработка модификации метода структурного распознавания на основе внедрения блочных моделей данных с интегрированием вероятностных распределений. **Задание:** разработка математических и программных моделей для эффективной по быстродействию иерархической обработки данных при определении релевантности структурных описаний, изучение свойств этих моделей, оценивание результативности при обработке изображений. **Использованными методами** являются: детектор ORB для формирования дескрипторов ключевых точек, интеллектуальный анализ данных, методы построения распределения битовых данных, аппарат метрического определения релевантности, программное моделирование. Получены такие **результаты**. Переход от описания как множеств дескрипторов к распределениям фрагментов, построение иерархических признаков обеспечивают необходимую результативность распознавания. Обработка и анализ данных выполняется в несколько раз быстрее, чем на основании распределений. **Выводы.** Научная новизна исследования состоит в усовершенствовании метода структурного распознавания изображений на основе внедрения блочной структуры описания с использованием интегрированных значений распределения для фрагментов множества дескрипторов. Практическая значимость – достижение существенного уровня повышения быстродействия при вычислении релевантности, подтверждение результативности иерархических признаков на примерах изображений, получение прикладных программных моделей для исследования и внедрения методов классификации в системах компьютерного зрения.

Ключевые слова: структурные методы распознавания изображений, ключевая точка, детектор ORB, дескриптор, распределение данных фрагмента, релевантность описаний, манхэттенская метрика, быстродействия определения релевантности.

Investigation of the hierarchical features system in the block feed of the description in the composition of the image key points

V. Gorokhovatskyi, D. Rudenko, T. Siryk

The subjects of the paper are the hierarchical models for estimation of the image descriptions relevance when recognizing visual objects in computer vision systems. **The goal** is to modify an image structural recognition method based on the implementation of block data models with the integration of probability distributions. **The tasks are:** include the development of mathematical and software models of efficient hierarchical data processing for determining the relevance of structural descriptions, investigation of the properties of these models, evaluation of the effectiveness of image processing. **The methods** are used: an ORB detector to form the key point descriptors, data mining, methods for construction of the bit-data distribution, a method of metric relevance estimation, software modeling. **The following results** were obtained. The transition from the sets of descriptors to distributions of fragments, the construction of hierarchical features provide the necessary recognition performance. Data processing and analysis are performed several times faster compared to ones based on distributions. **Conclusions.** The contribution of the paper is the improvement of the structural image recognition method with the introduction of a block description structure using integrated distribution values for fragments of the set of key point descriptors. The practical significance of the paper is the achievement of an increase of image relevance calculation speed, confirmation of the effectiveness of hierarchical features using image examples, obtaining of an application software models for research and implementation of classification methods in computer vision systems

Keywords: structural image recognition methods, key point, ORB detector, descriptor, fragment data distribution, descriptive relevance, Manhattan metric, speed of relevancy estimation.

A. Goroshko, T. Derkach, T. Dmytrenko

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

PROGRAM DEVELOPMENT FOR MOBILE CONTROL OF FUNCTIONAL HUMAN CONDITION ON ANDROID PLATFORM

The subject of the study is the question of expediency and relevance of the development of software applications for mobile control of the human functional state on the Android platform. This platform occupies a major market share and development forecasts are quite optimistic, therefore, writing applications that are based on this system are relevant and in demand. An analysis of the current direction of mobile and wireless technologies for information support in the field of health care. The presented problems and contradictions are connected, in particular, with the insufficient level of participation of professional doctors in the development of applications, low computer literacy of the population and the high cost of such technologies. The analysis of medical mobile concepts and technologies covering new areas, including the emergence of more complex programs for the analysis of diagnostic information, the attraction of new types of portable devices is carried out. **The purpose** of the study is to create a mobile application to measure human fatigue on the basis of the KCHZM. As a result of the study, the software code was developed and the program was tested on several mobile devices. **Conclusions** The proposed complex for the determination of visual fatigue was tested and recommended for industrial implementation. The claimed technical solution can be used in the field of safety of life, industrial sanitation, in particular in the system of determining the level of fatigue of programmers, operators of personal computers, students, athletes.

Keywords: mobile devices, mobile applications, Android operating system, software code.

Urgency of work

Mobile devices have become an integral part of our everyday life, both at work and at home. The use of mobile and wireless technologies in the field of healthcare has recently become an increasingly important trend in the development of mobile medicine. As you know, the smartphone is not so complex, it is a few blocks: operational and built-in memory, a processor, necessary for various computing, data warehouse. It is also responsible for the connection of the radio module, in turn, formed from the transmitter and receiver. From a mobile phone, smartphones differ mainly in the presence of the operating system. From the work of the platform and its version depends on the main functional of the device and its capabilities. Smartphones, like other multimedia devices, can be different sets and their work can be based on different systems. The study examines the Android platform from a well-known Google company.

Analysis of recent research and publications. At the moment, Android is leading the market for operating systems and its share is 48.8%. Predictions for this platform are positive. Important aspects of the growth of dynamics were the following characteristics, such as openness of the system, the ability to make changes to the main programs, the ability to quickly and easily develop. Therefore, the choice of an Android app development is very relevant. Information technologies are actively implemented in various spheres of life, including health care, which leads to a fundamental change in the people life quality. Mobile healthcare is one of the promising dynamic areas of eHealth, which aims to provide mobile and wireless technologies for health information, health services and healthy lifestyles. This direction can be divided into 5 main groups:

- programs (applications) of medical orientation;
- medical information services, including emergency telephony services

- diagnostic devices for smartphones, including various devices or gadgets (chips, belts, bracelets, "smart" glasses, etc.);

- mobile telemedicine, designed for remote interaction both within the medical community and for communication with the patient;

- management of medical data, co-ordination of the work process of institutions in the field of health care.

The highest activity in the field of mHealth is shown primarily by countries with high per capita income. According to a survey, 72% of physicians in Germany, Great Britain and France are actively using mobile technology in their practice [1]. The benefits of such technologies are evident: on the one hand, they are able to make health care more accessible, convenient and understandable to the patient, on the other hand, they can provide the physician with comprehensive technical and advisory support, which ultimately leads to improved quality of medical care.

Currently there are over 100,000 healthcare applications developed on Android and iOS platforms. They are intended for physicians, patients, and people caring for their health. Mobile healthcare is one of the promising, dynamic areas of eHealth, which aims to provide mobile and wireless technologies for health information, health services and healthy lifestyles. This direction can be divided into 5 main groups:

- implementation of remote monitoring of the patient's condition, control of treatment effectiveness, adherence and accuracy of patient compliance with medical prescriptions;

- calculation of individual diagnostic parameters and physiological parameters (medical calculators);

- advisory (informational) support of doctors and patients.

The use of computer technologies for disease prevention includes the use of various mobile applications for healthy lifestyles (wellness), for physical training and fitness (fitness) with the control of

individual physiological and anthropometric indicators, the fight against harmful habits, the formulation and adjustment of diet. These programs have varying degrees of complexity and can be used by the patient either independently or in conjunction with a physician. Mobile fitness programs allow you to make individual physical training programs, taking into account the impact on certain muscle groups, the analysis of the performed or planned physical activity, etc. They are able to maintain an interest in performing regular physical exercises [1]. The most popular apps are the apps for jogging, yoga, and therapeutic exercise. Studies on the evaluation of the effectiveness of fitness applications are extremely small. Of particular importance are the applications that motivate a person to abandon bad habits, primarily from smoking. From a significant number of such programs, effectiveness has been confirmed only in a few, so their widespread use in everyday practice requires further study [2].

Medical calculators - a convenient electronic tool that allows you to automatically calculate various physiological and diagnostic parameters. Universal calculators are created for the simultaneous calculation of several parameters. The process of testing the most popular of them showed that they are characterized by almost absolute precision and meet all the basic needs of clinicians. Among the most frequently recommended include Medscape, Calculate by QxMD, MediCalc [3]. Advice programs are electronic versions of manuals and manuals optimized for use on mobile devices [4]. The most common among the experts are such programs as the Medicaid Guide, the Handbook of diseases, the Medical Group Soft, the pharmaceutical applications Microdemex, Johns Hopkins ABX Guide, Epocrates.

By the end of 2014, smartphone applications Figure 1 has been launched in all European countries, which, like the Instagram service, gives doctors the opportunity to share with each other and with students of medical schools images of clinical cases [4]. In this case, the confidentiality of information is preserved - patients' faces are automatically obscured, access to medical or any other personal information about the patient is not provided.

The most promising direction is the development and implementation of various diagnostic devices that are joining smartphones. Mobile phones are becoming a kind of express labs and instrumental diagnostic devices. It is projected that the main part of the market for mHealth products will be devices ("smart" glasses, watches, bracelets, etc.) that record various health parameters and send them through a wireless connection to a doctor. Quite promising is the development of specialists from Taiwan, based on which "smart" clothes, which contains a lot of sensors, allows monitoring of the main indicators of vital activity (body temperature, ECG, pulse) remotely with the use of a smartphone as the central communication device. With new programs and devices, you can make more effective prevention and early diagnosis of diseases, improve the health care system.

Devices will become more functional and tiny. Everyone will be able to independently monitor their health. Electronic cards of patients can be combined

with other applications, for example, with a reminder of a visit to a doctor or taking medicine. The future is due to the integration of mobile technologies and other areas of health informatization.

Setting objectives. The main purpose of the study is to create a mobile application to measure human fatigue on the basis of the CPCM.

Material and research results

In view of all the above arguments for expediency and relevance of mobile control of the human's functional state, we worked with the Android platform, which allowed us to write a code in Java abstracting from the core. And create a mobile application to measure human fatigue based on the CPCM. At work, we noted that this operating system has such advantages as: a framework that has a wide set of APIs for the creatures of various types of applications and enables the reuse and replacement of components offered by the platform and other applications. And also the presence of Dalvik virtual machine, which provides the launch of applications. In addition, Android tools include SQLite database, 2D and 3D graphics, Media Player, communications, exchange protocols and various libraries.

Java Development Kit is a multiplatform interactive package developed for Java developers. The kit consists of several components, such as the java compiler, standard libraries, examples and templates, as well as utilities required for work. You need to install an IDE application that helps programmers write code. This program provides a brief set of tools such as debuggers, compilers, and more. Such integrated development environments are used by seasonal developers and novices who want to create an application.

There are many IDEs on the Internet, I recommend using the free Eclipse software, due to the fact that Google provides a plug-in to integrate it with the Android SDK. When you download the executable file, you must start the installation. Android Software Development Kit consists of documentation, utilities, a wide range of tools and various examples. The SDK includes a debugger, a memory and performance profile that is needed to for detecting memory leaks and find inefficient codes, device emulators, utilities needed to communicate with devices, and create packages. After all the necessary applications and plug-ins have been installed, the program code was written. Upon completion of the program code development and testing of the program on several mobile phones, a table of basic parameters was compiled (Table 1). The results of mobile devices are shown in Fig. 1-4.

Conclusions

1. Mobile healthcare is one of the most important projects in medicine that will significantly improve the availability and quality of medical care, awareness of the community, simplify diagnostic procedures, reduce financial costs, and improve the management of the health system as a whole.

2. The active introduction of mobile technologies into day-to-day clinical practice will improve this interaction and bring it to a qualitatively new level. .

Table 1. Mobile application parameters fixed on different models of smartphones

The name of the mobile device	Android version	Number of RAM	The size of the attachment to fit	The size of the application after placement	Using RAM
HTC Desire 820	6.0.1	2ГБ	1МБ	1,93МБ	32МБ
Huawei HONOR 8	8.0.0	4ГБ	1МБ	8,92МБ	32МБ
Huawei HONOR 6	4.4.2	3ГБ	1МБ	5,76МБ	32МБ

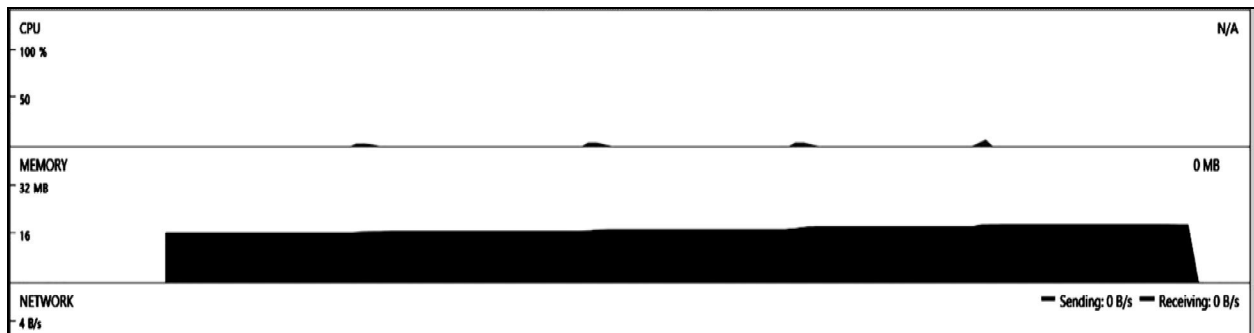


Fig. 1. Work on the HTC Desire 820

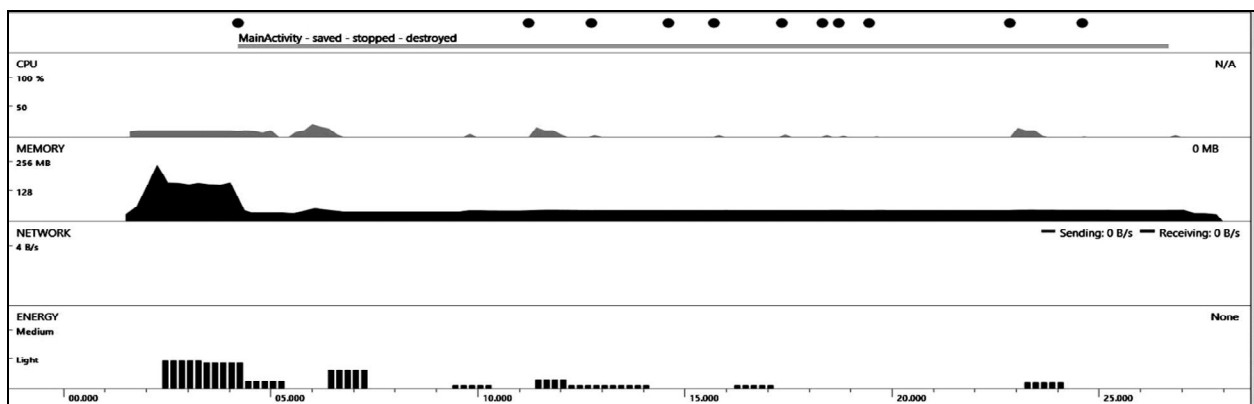


Fig. 2. The work of the application on Huawei HONOR 8

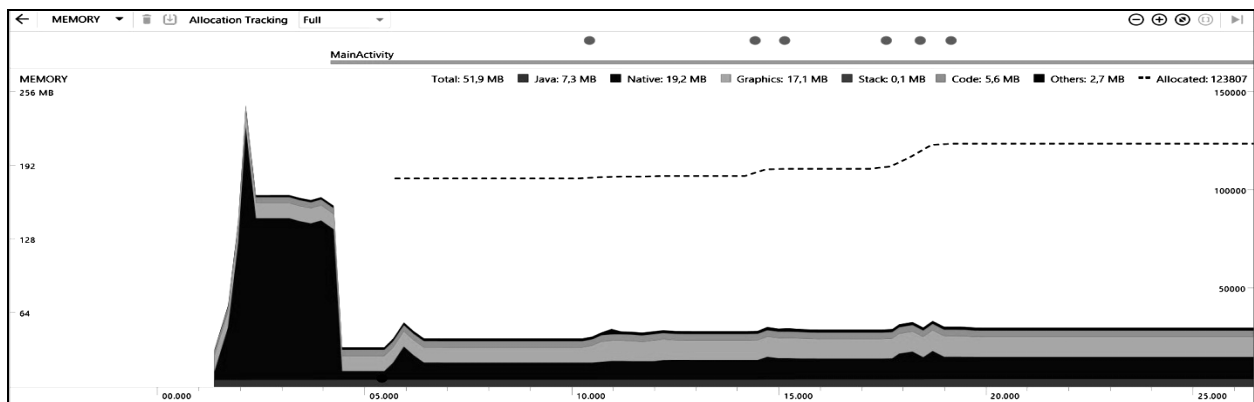


Fig. 3. The work of the application on Huawei HONOR 8

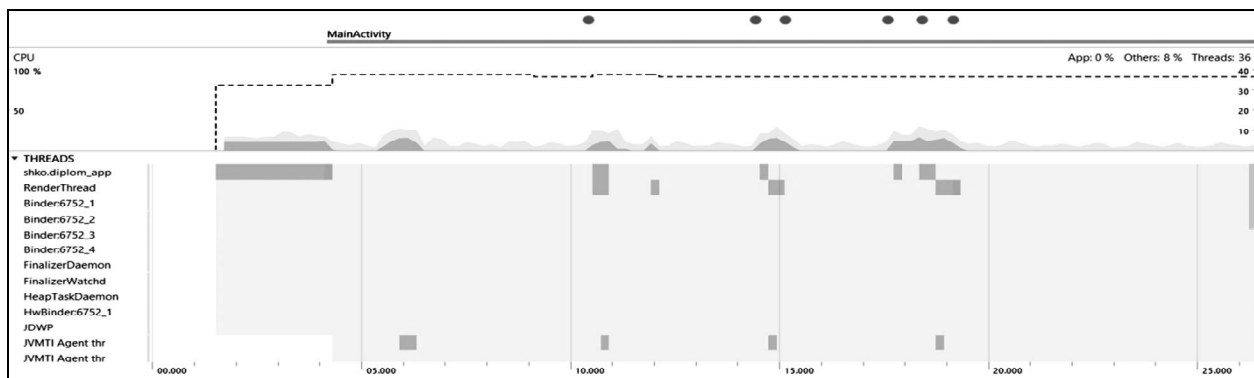


Fig. 4. Work of the processor in the exchange of data with the microcontroller

3. The attraction of microcontroller technology with a wireless interface makes it possible to substantially simplify the component base of the electronic part of the developed complex and expand the functional of the human fatigue diagnostic tool.

4. The mobilization of smart-tools facilitates the introduction of remote monitoring and smoothness of key parameters of the diagnostic process.

5. Measurement accuracy increased by 67% compared with the previous model.

6. The proposed software makes the diagnostic procedure accessible and easy for most diagnostic operators. The proposed complex for the determination of visual fatigue was tested and recommended for industrial implementation. The stated technical solution can be used in the field of life safety, industrial sanitation, in particular in the system of determining the level of fatigue of programmers, operators of personal computers, dispensary observations on the state of view of students, students, athletes.

REFERENCES

1. Laure T.A.K., Lahutina N.S., Paramonov I.V. Development of algorithm for measuring human pulse frequency using a mobile phone camera. Modeling and analysis of information systems 2014; 21 (4): 91-103.
2. Shostak N.A., Muradiancz A.A. Early rheumatoid arthritis: algorithms for diagnosis and treatment. Pharmacy 2011; (11): 61-6.
3. Svarcz V.A., Hridnev V.I., Kyselov A.R., Posnenkova O.M. Clinical efficacy of dynamic outpatient monitoring technology for patients with arterial hypertension using a computer system and mobile telephony. Saratov Scientific Medical Journal 2009; 5 (3): 358-62.
4. Levin A. Android on tablets and smartphones; St.Petersburgh - Moscow, 2013. - 223 p

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Козелкова,
Державний університет телекомунікацій, Київ
Received (Надійшла) 21.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Розробка програми для мобільного контролю функціонального стану людини на платформі Android

А. І. Горошко, Т. М. Деркач, Т. А. Дмитренко

Предметом дослідження є питання доцільності та актуальності розробки програмних додатків для мобільного контролю функціонального стану людини на платформі Андроїд. Дана платформа займає основну частку ринку і прогнози розвитку досить оптимістичні, отже, написання додатків, які працюють на основі даної системи є актуальними і затребуваними. Проаналізовано існуючий на даний годину напрямок мобільних і бездротових технологій для інформаційної підтримки в галузі охорони здоров'я. Наведені існуючі проблеми і протиріччя, пов'язані, зокрема, з недостатнім рівнем участі професійних медиків в розробці додатків, низькою комп'ютерною грамотністю населення і високою вартістю подібних технологій. Проведено аналіз медичних мобільних концепцій та технологій, які охоплюють нові області, включаючи появу більш складних програм для аналізу діагностичної інформації, залучення нових видів портативних пристроїв. **Метою** дослідження є розробка мобільного додатку для вимірювання втоми людини на основі КЧЗМ. У результаті проведеного дослідження розроблено програмний код та виконано тестування програми на декількох мобільних прибудовах. **Висновки.** Запропонований комплекс для визначення візуальної втоми був перевірений і рекомендований для індустріального виконання. Представлене технічне рішення може бути використано у сфері безпеки життя, індустріальної санітарії, зокрема в системі визначення рівня втоми програмістів, операторів персональних комп'ютерів, студентів, спортсменів.

Ключові слова: мобільні пристрої, мобільні додатки, операційна система Android, програмний код.

Разработка программы для мобильного контроля функционального состояния человека на платформе Android

А. И. Горошко, Т. Н. Деркач, Т. А. Дмитренко

Предметом исследования является вопрос целесообразности и актуальности разработки программных приложений для мобильного контроля функционального состояния человека на платформе Андроид. Данная платформа занимает основную долю рынка и прогнозы развития достаточно оптимистичные, следовательно, вопрос написания приложений, которые работают на основе данной системы есть актуальным и востребованным. Проанализировано существующее на данное время направление мобильных и беспроводных технологий для информационной поддержки в отрасли здравоохранения. Приведены существующие проблемы и противоречия, связанные, в частности, с недостаточным уровнем участия профессиональных медиков в разработке приложений, низкой компьютерной грамотностью населения и высокой стоимостью подобных технологий. Проведен анализ медицинских мобильных концепций и технологий, которые охватывают новые области, включая появление более сложных программ для анализа диагностической информации, привлечения новых видов портативных устройств. **Цель** исследования – создание мобильного приложения для измерения усталости человека на основе КЧЗМ. В результате проведенного исследования разработан программный код и выполнено тестирование программы на нескольких мобильных устройствах. **Выводы.** Предложенный комплекс для определения визуальной усталости был проверен и рекомендован для индустриального выполнения. Представленное техническое решение может быть использовано в сфере безопасности жизни, индустриальной санитарии, в частности в системе определения уровня усталости программистов, операторов персональных компьютеров, студентов, спортсменов.

Ключевые слова: мобильные устройства, мобильные приложения, операционная система Android, программный код.

Л. М. Дегтярьова¹, М. В. Мірошникова², С. В. Волошко¹

¹ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна,

² Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, Сєверодонецьк, Україна

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

В статті виконаний аналіз пріоритетних елементів архітектури системи захисту інформації з позиції ефективності її роботи. Система включає в себе модулі для реєстрації, обліку та обмеження доступу з урахуванням затверджених норм та правил, шифрування інформації, що передається або зберігається, резервування інформаційних ресурсів та забезпечення цілісності. Проаналізовано основні компоненти забезпечення інформаційної безпеки, які здійснюють контроль ефективності проведених заходів та заходів, що вживаються щодо захисту інформації з використанням технічних засобів. Усі ці модулі доцільно використовувати як обов'язкові компоненти системи захисту інформації, хоча переважна більшість загроз для інформаційної системи може бути реалізована лише під час роботи обчислювальної системи. Система інформаційної безпеки є структурною одиницею інформаційної системи; це структурна, функціональна та організаційна складова, що відтворює архітектуру захищеної системи. Безперервність контролю необхідна для постійного захисту всіх елементів системи. Вона повинна бути надійною і працювати як в активному, так і в пасивному стані інформаційної системи. Підвищення безпеки будь-якого об'єкта може бути досягнуто за допомогою багаторівневої і багатокомпонентної конструкції системи захисту. У цьому випадку реалізація будь-якої загрози зможе впливати на об'єкт, що охороняється, лише якщо всі встановлені рівні захисту будуть подолані, з урахуванням всього комплексу вимог захисту та факторів, що впливають на захист.

Ключові слова: інформаційна безпека, система захисту інформації, інформаційні загрози, несанкціонований доступ, оптимізація архітектури, контроль доступу.

Вступ

Постановка проблеми. Використання новітніх інформаційних технологій, автоматизованих систем управління та інформаційно-аналітичних систем тобто тих систем, які мають безпосередній вплив на оборону країни, безпеку життєдіяльності людини, економіку, транспортну логістику, науку тощо, відображають рівень розвитку інформаційного суспільства взагалі і в Україні зокрема. Робота з інформацією, а саме її збір, фіксація, перетворення, зчитування, передача, зберігання та знищення – це ті процеси, які використовуючи конгломерат апаратних і програмних засобів та інформаційно-телекомунікаційних мереж, потребує високого рівня інформаційної безпеки

Мета статті – відобразити можливу структуру системи інформаційної безпеки або систем захисту інформації (СЗИ), яка здатна запобігати нанесенню шкоди через неповноту інформації, її несанкціоноване поширення, використання, порушення цілісності, конфіденційності та доступності інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми інформаційної безпеки комп'ютерних систем вже досить давно стали предметом особливої уваги не тільки вузького кола спеціалістів, але й великої кількості розробників і користувачів сучасних інформаційних технологій, автоматизованих систем управління та інформаційно-аналітичних систем. Розвиток інформаційних технологій в сфері інженерних і транспортних мереж потребує інтеграції різноманітних спеціалізованих програмних і апаратних компонентів і тому комплексне вирішення завдань захисту даних диктується не тільки доцільністю запобігання максимальному спектру загроз інформаційній безпеці. Без реалізації комплексного підходу до вирішення завдання захисту інформації неможливо ефективно вирішити жодної локального

завдання захисту. Цій проблемі присвячені роботи фахівців у сфері інформаційної безпеки Хорошка В.О., Кормич Б.А., Шорошев В.В., Чекатков А.О., Степанов Є.О., Корнеєв І.К., Рибальський О.В., тощо.

Спираючись на фундаментальні поняття, положення і висновки досліджень можна стверджувати, що Інформаційна безпека є складним, системним і багаторівневим фактором, на стан і перспективи розвитку якого мають безпосередній вплив захист інформаційного простору; захист інформації з обмеженим доступом; захист інформаційних ресурсів [1–5]. При цьому під безпекою інформації розуміють такий стан інформації, яку зберігають, обробляють і передають, при якому неможливе випадкове навмисне розкриття, зміна або знищення даних [4].

Результати досліджень в області інформаційної безпеки показали, що безпека інформації комп'ютерних систем забезпечується та підтримується комплексом апаратно-програмних засобів і повинна бути захищена від будь-яких атак, але в той же самий час існує наявність різних помилок, від яких страждають і самі засоби захисту. Дана обставина дає необхідність урахування багатьох чинників, серед яких повинні бути навмисне порушення цілісності, можливість втрати або часткового спотворення службової інформації, яка може трапитися в результаті відмов апаратних або програмних засобів системи захисту інформації [6].

Захист інформації, яка обробляється в інформаційно-телекомунікаційних системах (ІТС), полягає в створенні і підтримці в активному та дієздатному стані заходів - як технічних (інженерних, програмно-апаратних), так і нетехнічних (правових, організаційних), що дозволяють запобігти або усладнити можливість реалізації загроз, а також знизити потенційні збитки. Іншими словами, захист інформації спрямовано на забезпечення безпеки інформації, що зберігається в ІС або обертається в ІТС в цілому, тобто тако-

го стану, яке забезпечує збереження заданих властивостей інформації і ІТС, яка її обробляє.

Основна частина

Процес інформатизації сучасного світу на сьогоднішній день визначає рівень інформаційної безпеки спираючись на необхідність різнопланового захисту інформації, незалежно від місця знаходження її носіїв.

Широке використання спеціалізованих і глобальних інформаційних систем (ІС) в органах управління, структурах охорони здоров'я, на транспорті та у сфері державотворення дають можливість накопичувати і передавати величезні обсяги цінної інформації [5–8]. Але, в той же час, саме широке використання ІС робить ці системи вразливими для неконтрольованого доступу до інформації, що захищається, зростають ризики і небезпеки несанкціонованих впливів на інформацію в цих системах.

До факторів уразливостей ІС належить відносно велика величина небезпеки внутрішніх інформаційних загроз, широке використання кримінальними структурами пристроїв таємного отримання інформації, зростання числа злочинів у сфері комп'ютерної інформації.

Одним з основних компонентів забезпечення інформаційної безпеки є контроль ефективності проведених заходів та заходів, що вживаються щодо захисту інформації з використанням технічних засобів, оскільки сьогодні неможливо своєчасно прогнозувати і виявляти загрози, достовірно оцінювати небезпеку і вживати адекватних заходів щодо їх усунення.

При реалізації ефективного захисту конфіденційних даних засоби захисту інформації від несанкціонованого доступу та засоби захисту даних повинні розглядатися як засоби, що взаємодоповнюють одне одному.

Система захисту інформації (СЗІ) визначається як сукупність всіх засобів, методів і заходів, які потенційно можуть бути використані для вирішення

певних завдань із захисту об'єктів, що входять до складу ІС [5].

СЗІ повинна відповідати ряду вимог, найважливіші з яких представлено на рис. 1.

Вимоги до СЗІ	Сукупності завдань із захисту інформації та пропозиції щодо їх вирішення
	Забезпечення всіх вимог захисту
	Мінімальні перешкоди для користувача
	Зручність для персоналу, що обслуговує систему захисту
	Мінімізація витрат на систему захисту
	Максимальне використання серійних засобів
	Комплексне використання засобів
	Оптимізація архітектури
	Структурованість всіх компонентів
Простота експлуатації	

Рис. 1. Єдина концепція захисту інформації

Крім того, однією з вимог до складу і функціональним можливостям систем захисту інформації є вимога адаптованості: спроможності пристосування до зміни структури або умов функціонування об'єктів ІС.

Сама по собі система захисту інформації має дуалістичну властивість: з одного боку СЗІ є невід'ємною складовою системи обробки інформації і має здійснювати захист всієї сукупності об'єктів, що входять до складу ІС, а з іншого – СЗІ повинна бути автономною, незалежною від інших підсистем.

СЗІ повинна контролювати всі процедури автоматизованої обробки інформації, що циркулює в ІС, і результати контролю (основного і проміжних) повинні реєструватися в спеціальних реєстраційних журналах з фіксованим періодом часу перевірки.

Оскільки СЗІ є структурною одиницею ІС, тому вона являє собою структурну, функціональну та організаційну побудову, яка відтворює архітектуру системи, що вимагає захисту. Один з варіантів можливої архітектури представлено на рис. 2.

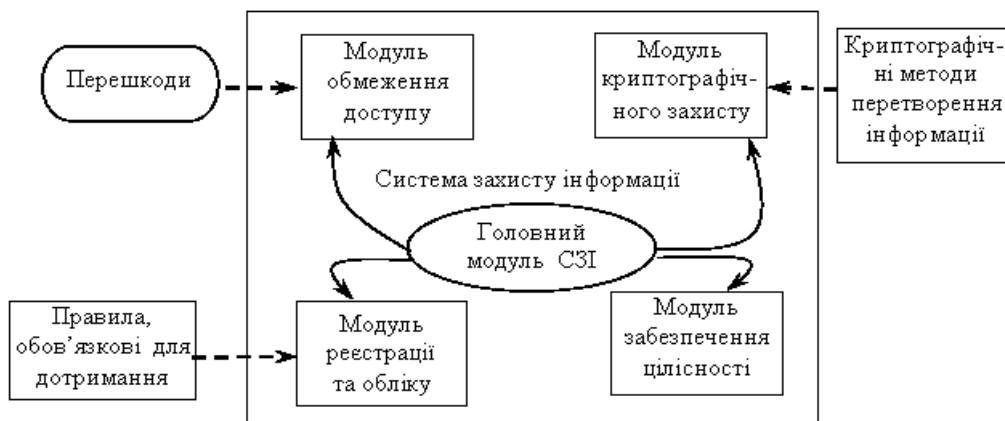


Рис. 2. Архітектурна побудова системи захисту інформації

Головний модуль системи захисту інформації призначений для об'єднання всіх модулів, що входять до складу СЗІ в єдину цілісну систему, для організації її функціонування. Головний модуль може

включати організаційні (група співробітників спеціально виділених для забезпечення захисту інформації згідно розроблених правил та нормативної бази, які регламентують виконання цих функцій службою

захисту інформації) та технічні складові (сукупність технічних засобів СЗІ, відображення їх стану, контролю доступу до них, управління їх включенням тощо).

До функцій головного модулю системи захисту інформації належать:

- організація і забезпечення перевірок коректності функціонування СЗІ;

- блокування безконтрольного і несанкціонованого доступу до носіїв конфіденційної інформації або реагування при попередженні про спробу доступу;

- управління потоками конфіденційної інформації;

- контроль за виконанням вимог шифрування інформації і управління ключами шифрування;

- контроль за періодичністю резервування інформаційних ресурсів;

- визначення способу їх знищення після закінчення терміну придатності або застарівання інформації;

- забезпечення недоступності засобів управління доступом з боку користувачів з метою їх зміни або вимкнення;

- реєстрація всіх процесів, що відбуваються при функціонуванні системи; реєстрація даних для аналізу оцінки рівня безпеки об'єкта.

Модуль обмеження доступу призначений виконувати функції ідентифікації, автентифікації і контролю доступу користувачів і процесів до системи, серверу, мереж та каналів зв'язку; периферійних пристроїв, програм, дисків та файлів-носіїв конфіденційної інформації. Виходячи з перерахованих функцій і залежно від типу систем захисту до складу модуля обмеження доступу можуть входити наступні компоненти:

- контролери, що відповідають для обмеження доступу;

- ідентифікатори (безконтактні та контактні карти, електронні ключі, брелоки);

- кардрідери різних рівнів складності (до їх складу належать і кардрідери для зчитування біометричних даних);

- виконавчі пристрої, що обмежують або надають доступ до різних зон контрольованої території або об'єкта.

Контролер зберігає коди ідентифікаторів зі списком прав доступу кожного з власників ідентифікатора у власній незалежній пам'яті. У випадку використання мережевого зв'язку, контролер об'єднується в єдину систему з іншими контролерами і комп'ютером для можливості централізованого контролю і управління. У такому випадку рішення про надання доступу може прийматися як контролером, так і програмним забезпеченням головного комп'ютера.

При використанні інтелектуальних IP-контролерів є можливість, крім функцій контролю доступу, інтегрувати контролер з системами відеоспостереження, охоронною і пожежною сигналізацією. Контролер може мати додаткові цифрові входи для підключення різних датчиків, і додаткові силові виходи для управління елементами системи безпеки. На базі таких контролерів будуються системи доступу з

забороною повторного проходу, реалізовується логіка роботи шлюзових кабін, записується відео події проходу, а також настроюються різні реакції інтегрованої системи безпеки на події в системах контролю та керування доступом, що входять до складу об'єктів ІС.

Ідентифікатор – це певне ім'я, яке дозволяє звернутись до об'єкта або ознака, яка цілком визначає сутність, в наперед визначеному просторі. Ідентифікатор, як унікальний параметр, дозволяє суб'єктові (користувачу або процесу, який діє від імені певного користувача) повідомити своє ім'я і повинен завжди мати сталі характеристики, а саме: розглядатися як неподільна (атомарна) номінативна одиниця; вказувати тільки на одну сутність; може існувати лише в одному адресному просторі.

В якості компонентів, що входять до модулю обмеження доступу можна додати мережеві сенсори, які призначені для спостереження за мережевою активністю і збирають інформацію про події безпеки, які відбуваються в мережі. Обмеження доступу до ресурсів системи в певні інтервали часу часто зустрічається в інфокомунікаційних мережах, коли між користувачем і сервером (або групою серверів) знаходиться система захисту інформації (або її апаратна частина – супервізор). Вона і визначає розміри тимчасових інтервалів, протягом яких користувач має доступ до ресурсів. З функціонального погляду вони є пакетними аналізаторами, які декодують пакети з мережевого трафіку, здійснюють попередню фільтрацію до протоколів і передають отримані пакети детектору для подальшого аналізу. Пакетні аналізатори поділяються на два основних типи, а саме: системні (host-sensors) і мережеві (network-sensors) сенсори. Host-sensors здійснюють моніторинг стану системи, network-sensors досліджують зовнішні впливи на неї.

Модель обмеження доступу, реагуючи на спроби несанкціонованих дій, повинна виконати одну з процедур, залежно від засобів та методів втручання: переривання обробки даних, які захищаються; знищення інформації, яка може стати доступною внаслідок виявлених несанкціонованих впливів; термінове повідомлення про небезпечну ситуацію, що склалася, служби, яка відповідає за стан інформаційної безпеки; вживання заходів для виявлення порушника або/та усунення небезпеки.

Модуль, який призначений для криптографічного захисту, забезпечує цілісність і конфіденційність збереженої інформації на різного виду носіях та інформації, яка може бути передана по каналах зв'язку; забезпечення автентифікації джерела даних та приховування змісту конфіденційних повідомлень.

Серед можливих модулів, що входять до складу СЗІ, модуль забезпечення цілісності є обов'язковим та одним з найважливіших. До складу його функцій можуть входити засоби і методи для забезпечення адміністрування захисту інформації; відновлення СЗІ при можливих збоях; періодичне тестування функцій системи захисту персональних даних. Загрози порушення цілісності існують на всіх рівнях інформаційної системи: загрози цілісності

(достовірності) інформації або носія інформації (знищення носія і інформації, що зберігається на ньому); загрози цілісності програмного середовища та апаратної конфігурації інформаційної системи; загрози цілісності приміщення, що підлягає, будівлі, прилеглої території і т.д.

Модуль реєстрації та обліку використовуючи засоби реєстрації та обліку подій/ресурсів із зазначенням часу та учасника подій, відповідає за збір даних про події, що відбуваються в інформаційній системі, фіксування дати та часу друкування документу та кількості його друківаних копій; контроль та фіксація інформації про передачу даних у вигляді пакетів або повідомлень по лініях і каналах зв'язку. Реєстрація може здійснюватись за допомогою засобів ручного або автоматичного ведення журналу і формування підсумкових звітів роботи користувачів та обладнання за обраними параметрам, які повинні бути попередньо зареєстровані. Даний модуль необхідний для виявлення, запису та аналізу подій, пов'язаних із забезпеченням безпеки інформації, не дивлячись на те, що безпосередньо для запобігання порушенням безпеки цей модуль не використовується.

Ведення реєстраційних журналів (протоколів) системи захисту полягає (у випадку автоматичного ведення) в реєстрації спеціальними програмними засобами такої інформації:

час активації та деактивації системи захисту ресурсів активної ОС;

інформація про будь-яке намагання або вдалі спроби входу в ОС;

характер, час та результати реагування системи захисту на сигнали про намагання здійснити несанкціоновані дії;

відомості про початок та закінчення сеансів роботи користувачів;

інформація про всі запити на доступ до ресурсів та даних, які захищаються;

відомості про затримку та відмови у роботі програмно-апаратних засобів і результати регенерації;

інформація, яка пов'язана з запуском та закінченням роботи програм, з відкриттям, зміною та закриттям файлів тощо).

При виконанні проміжного контролю за коректним функціонуванням системи захисту інформації мають відбуватись перевірки:

апаратних засобів – за допомогою тестових програм;

програмних засобів – перевірка на цілісність та за іншими ідентифікуючими ознаками;

фізичних осіб – за допомогою організаційних заходів;

база даних еталонних та зразкових параметрів або даних, що забезпечує своєчасну видачу еталонних даних у випадку, якщо доступ до них здійснюється іншими компонентами системи захисту;

реєстраційних журналів – на цілісність та захищеність згідно з встановленими правилами та нормами;

інформація, яка захищається, – програмно на цілісність та захищеність;

організаційні засоби – проводиться співробітниками служб захисту.

Всі ці модулі доцільно використати в якості обов'язкових складових системи захисту інформації, але слід зазначити, що переважна більшість погроз інформаційній системі можуть бути реалізовані тільки в процесі функціонування обчислювальних системи.

Висновки

Інформація є основною складовою інформаційних систем різного призначення, в першу чергу автоматизованих систем управління, які мають можливість широкого застосування засобів обчислювальної техніки, периферійних пристроїв та засобів інфокомунікаційних мереж.

В інформаційних системах автоматизованих систем управління будь-якого призначення: в сферах державного управління, військової сфери, банківської діяльності, управління транспортними засобами тощо, постійно зростає обсяг та цінність стратегічної та конфіденційної інформації, яка використовується і передається по інфокомунікаційних мережах, тому велике значення мають швидкість та інформаційна надійність передачі даних, які визначають ефективність інформаційних систем.

Разом з тим зростає кількість інформації з обмеженим доступом, оскільки у сучасному суспільстві інформація набуває нового статусу: є гарантом успішної діяльності організації, або використовується як засіб інформаційної війни, тому актуальною проблемою є створення методології, концепції захисту інформації в інформаційних системах, її облік, обробка і зберігання та впровадження елементів архітектури систем захисту інформації в загальну інформаційну систему в якості обов'язкової складової.

Головний модуль системи захисту інформації має забезпечувати безперервне управління підпорядкованими йому модулями безпосереднього захисту об'єктів та функцій, розподілених по всіх структурних компонентах ІС, пов'язаних із зберіганням, обробкою та передачею інформації структурним елементам обчислювальної мережі, центрам зв'язку і комутації, сховищам інформаційних носіїв та інш. Безперервність управління необхідна для безперебійного захисту всіх елементів системи. Він має бути надійним і діяти безперебійно, як в активному, так і в пасивному стані ІС.

Значного підвищення безпеки будь-якого об'єкта можна досягти шляхом багаторівневої та багатоконпонентної побудови системи захисту. В цьому випадку реалізація будь-якої загрози зможе впливати на об'єкт, який захищається, тільки у разі подолання всіх встановлених рівнів захисту, при цьому враховується вся сукупність вимог до захисту і чинників, які впливають на захист. Це дозволить забезпечити необхідну безпеку інформації і процесу її обробки в обчислювальних системах.

Вирішуючи задачу захисту інформації, необхідно враховувати, що в загальному випадку захист полягає не тільки в протидії викраденню конфіденційної інформації, але і в забезпеченні її доступності і цілісності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М.М. Присяжнюк, Белашевич Я.С. Інформаційна безпека України в сучасних умовах/ Військово-спеціальні науки, №30 (1) – К.: Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. – с. 37-41.
2. Степанов Е.А., Корнеев И.К. Информационная безопасность и защита информации. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 304 с.
3. Кормич Б.А. Інформаційна безпека: організаційно-правові основи: Навч. посібник. – К.:Кондор, 2004. – 384 с.
4. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации – К.: Юниор, 2003. – 504 с.
5. Семкин С.Н., Беляков Э.В., Гребенев С.В. и др. Основы организационного обеспечения информационной безопасности объектов информатизации – М.: Издательство "Гелиос АРВ", 2005. – 186 с.
6. Degtyareva L., Miroshnykova M. The problems of the security of information transport and logistics systems/ // Theses of international scientific and practical conference "Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects", May 2018, Italy. – С. 32-34.
7. Безштанько В. Аналіз існуючих програмних засобів та методик оцінки стану інформаційної безпеки організації // Бизнес и безопасность. – 2007. – №1. – С. 32-35.
8. Дегтярьова Л.М. Аналіз структури та використання інформаційної технології обробки даних // Вісник Східноукраїнського нац. університету ім. В. Даля. – Луганськ, СЧУ ім. В. Даля, 2013. – №6 (195), ч. 1. – С. 18-20.
9. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1–6, DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335>
10. Porkodi V., Sivaram M., Mohammed A.S., Manikandan V. Survey on White-Box Attacks and Solutions. *Asian Journal of Computer Science and Technology*. Vol. 7, Is. 3. pp. 28–32.
11. Manikandan V, Porkodi V, Mohammed AS, Sivaram M, "Privacy Preserving Data Mining Using Threshold Based Fuzzy smeans Clustering", *ICTACT Journal on Soft Computing*, Volume 9, Issue 1, 2018, pp.1813-1816. DOI: [10.21917/ijsc.2018.0252](http://dx.doi.org/10.21917/ijsc.2018.0252)
12. Комплексные системы защиты информации предприятия: учебное пособие / В.Т. Еременко, М.Ю. Рыгов, О.М. Голембиовская, П.Н. Рязанцев. – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», 2016. – 116 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев,
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків
Received (Надійшла) 11.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Анализ структуры системы защиты информации

Л. Н. Дегтярева, М. В. Мирошникова, С. В. Волошко

В статье выполнен анализ приоритетных элементов архитектуры системы защиты информации с позиции эффективности ее работы. Система включает в себя модули для регистрации, учета и ограничения доступа на базе утвержденных норм и правил, шифрование информации, передаваемой или сохраняемой, резервирование информационных ресурсов и обеспечения целостности. Проанализированы основные компоненты обеспечения информационной безопасности, осуществляющие контроль эффективности проводимых мероприятий и мер, принимаемых по защите информации с использованием технических средств. Все эти модули целесообразно использовать как обязательные компоненты системы защиты информации, хотя подавляющее большинство угроз для информационной системы может быть реализовано только при работе вычислительной системы. Система информационной безопасности является структурной единицей информационной системы; это структурная, функциональная и организационная составляющая, воспроизводит архитектуру защищенной системы. Непрерывность контроля необходима для постоянной защиты всех элементов системы. Она должна быть надежной и работать как в активном, так и в пассивном состоянии информационной системы. Повышение безопасности любого объекта может быть достигнуто с помощью многоуровневой и многокомпонентной конструкции системы защиты. В этом случае реализация любой угрозы сможет влиять на охраняемый объект, только если все установленные уровни защиты будут преодолены, с учетом всего комплекса требований защиты и факторов, влияющих на защиту.

Ключевые слова: информационная безопасность, система защиты информации, информационные угрозы, несанкционированный доступ, оптимизация архитектуры, контроль доступа.

Analysis of the structure of the information security system

L. Degtyareva, M. Miroshnykova, S. Voloshko

The article analyzes the priority elements of the information protection system architecture from the standpoint of the effectiveness of its work. The system includes modules for registering, recording and restricting access based on approved norms and rules, encrypting information transmitted or stored, reserving information resources and ensuring integrity. Analyzed the main components of information security, monitoring the effectiveness of measures taken and measures taken to protect information using technical means. It is advisable to use all these modules as mandatory components of an information protection system, although the vast majority of threats to an information system can be implemented only during the operation of a computing system. The information security system is a structural unit of an information system; therefore, it is a structural, functional and organizational component that reproduces the architecture of the protected system. Continuity of control is necessary for the continuous protection of all elements of the system. It must be reliable and operate smoothly, both in the active and in the passive state of the information system. Enhance the security of any object can be achieved through a multi-level and multi-component construction of the protection system. In this case, the implementation of any threat will be able to influence the protected object only if all established protection levels are overcome, taking into account the entire set of protection requirements and factors affecting protection.

Keywords: information security, information protection system, information threats, unauthorized access, architecture optimization, access control.

В. О. Дем'яненко, Н. В. Ічанська

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

Предметом нашого дослідження є вивчення можливостей застосування веб-технологій для системи контролю та моніторингу знань студентів, аналіз необхідних викладачеві програмних та інформаційних ресурсів, а також медійних засобів для відстеження якості засвоєння навчального матеріалу студентами. В роботі проаналізовано існуючі комплекси програмного забезпечення для перевірки знань, подано їх детальний аналіз, описано всі переваги та недоліки цих інформаційних ресурсів. **Результати** – авторами запропоновано якісний відбір системи контролю та моніторингу якості знань та проаналізовано сучасні інтерактивні методи дослідження, які дозволяють контролювати ступінь засвоєння навчального матеріалу. Розглянуто найбільш поширені та популярні існуючі технології для перевірки знань, вивчено програмне забезпечення та веб-додатки, сформовано перелік переваг та недоліків кожного з них з точки зору автоматизації процесу тестування і обробки результатів шляхом застосування сучасних веб-технологій. **Висновок** – в роботі проведено повний аналіз існуючих сучасних веб-технологій для системи контролю та моніторингу знань студентів, запропоновано два кращі (на думку авторів) комплекси, які суттєво підвищують якість навчального процесу. Систематизація всіх результатів дослідницької роботи, запропонованої авторами, дозволить читачеві краще орієнтуватися в сучасних веб-технологіях для моніторингу знань та перевірити свої знання та визначитися з переліком питань, які потребують подальшого розбору та поглибленого вивчення. Опіраючись на проведені в статті дослідження, читач зможе створити власний веб-додаток чи створити комплекс тестів та на основі отриманих результатів провести моніторинг якості засвоєння навчального матеріалу.

Ключові слова: моніторинг, веб-технології, комплекс програмного забезпечення, комп'ютерні мережі, інтерактивні технології, мови програмування, каскадні таблиці стилів, мова гіпертекстової розмітки, Indigo, Moodle, CGI, система керування контентом, інтерфейс користувача, плагіни.

Вступ

Використання інформаційних технологій в усіх сферах людської діяльності стало необхідною ознакою розвитку сучасного суспільства. Цей процес невинно проникає і в систему освіти. Інформатизація процесу навчання особливо необхідна та ефективна для дистанційної форми освіти, яка в сучасному світі є найбільш актуальна. Тому стає необхідною розробка інформаційних систем, що дозволяють швидко, неупереджено та якісно оцінювати знання студентів.

Постановка проблеми. Можливість швидко отримувати інформацію з будь-якої точки земної кулі дає широкі потужності в покращенні якості освітнього процесу. Через глобальну комп'ютерну мережу Інтернет користувач має моментальний доступ до великих інформаційних ресурсів (електронних бібліотек, баз даних, сховищ файлів), що робить навчальний процес ключовою областю застосування інформаційних технологій. В її рамках головними проблемами вважаються забезпечення мережевого доступу до навчальних матеріалів, електронних публікацій, цифрових бібліотек та існування якісних сучасних веб-технологій для системи контролю та моніторингу знань студентів. Аналіз існуючих програмних та інформаційних ресурсів і знаходження нових є цікавою темою для багатьох дослідників. Задачі вдосконалення навчального процесу, проблемі впровадження іноваційних методів у вищу освіту присвячено велику кількість робіт, серед яких виділимо наступні публікації [1–20].

Метою статті є якісний аналіз існуючого програмного забезпечення та веб-технологій, які надають можливість інформатизувати систему моніторингу знань та підвищити якість освітнього процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сучасна Україна характеризується значними змінами в усіх сферах суспільного життя, що вимагає адекватної модернізації й суттєвої трансформації вищої освіти. Організація навчального процесу у сучасному світі не можлива без застосування інформаційних технологій. Питання дослідження та оцінки навчальної роботи студентів в умовах впровадження в Україні складових кредитно-модульної системи організації навчального процесу є досить актуальними та дещо проблематичними.

Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) – сукупність методів та технічних засобів, які використовуються для збирання, створення, організації, зберігання, опрацювання, передавання, подання й використання інформації. Стрімкий розвиток і поширення ІКТ у сучасному світі набуває глобального характеру. Природно, що зростання ролі ІКТ у багатьох галузях людської діяльності ініціює зміни і в системі освіти, що спрямовані на переорієнтацію навчального процесу у ЗВО [6].

До ІКТ, що можуть бути використані у освітньому процесі можна віднести [6]:

– технології, що зорієнтовані на локальні комп'ютери (електронні підручники, тестові системи такі як Test-W, Test-W2, демонстраційні програми, новітні форми демонстрації, такі як презентації через мультимедійний проектор, навчальні програми, тренажери, системи комп'ютерної математики (СКМ));

– мережеві технології: платформи дистанційного навчання, що забезпечують підтримку інтерактивного зв'язку зі студентами, різноманітні веб-сайти сервери інформації, on-line сервіси: дослідницькі (такі, як Wolfram|Alpha), наукові чати і фо-

руми, вебінари, відеоконференції, хмарні програмні засоби, такі як Ulteo OVD (<http://www.ulteo.com>);

– мобільні технології (смартфони, планшети з мобільними СКМ, Webорієнтованими СКМ, мобільними навчальними програмами, мобільними системами тестування).

Опишемо приклади програмних продуктів, що можна використати для моніторингу та контролю якості знань.

Моніторинг гарантує постійне відстеження якості засвоєння знань та навичок студентів, дає викладачеві об'єктивну та оперативну інформацію про рівень якості засвоєння навчального матеріалу.

Тестування вважається однією з найбільш технологічних форм проведення контролю з керованими параметрами якості. Правильно побудований і відмінно складений тест, відповідає на лише предмету навчання, а і його завданням, може стати одним з провідних інструментів вимірювання академічних досягнень студентів. Необхідною характеристикою веб-систем моніторингу знань є тип інтерактивної технології, який використовується для отримання відповідей на тестування учня. Він визначає всю функціональність на стадії видачі питань, а ще впливає на стадії створення і оцінки питань [21].

В даний час розрізняють п'ять технологій: HTML-посилання, HTML / CGI-форми, об'єктно-орієнтовані мови, впровадження незалежно скомпільованих програмних модулів (plug-in) і Java.

HTML-посилання - найпростіша технологія взаємодії, яка реалізує набір можливих відповідей як перелік HTML-посилань. Кожне посилання пов'язано з конкретною сторінкою зворотного зв'язку. При застосуванні цього підходу з'являється дві проблеми: складність створення питань (логіка питання повинна бути вбудована в гіпертекст курсу) і підтримка питань: так / ні. Дана технологія застосовувалася в основному на зорі веб-заснованого навчання, коли більш просунуті технології взаємодії, такі як CGI, JavaScript або ж Java ще не були розроблені (Holtz 1995).

Найбільш відомою технологією Web-тестування, яка застосовується в даний момент численними комерційними і університетськими системами вважається комбінація HTML-форм і CGI-скриптів. CGI (від англ. Common Gateway Interface - «загальний інтерфейс шлюзу») - стандарт інтерфейсу, який застосовується для зв'язку зовнішньої програми з веб-сервером. Програму, яка працює по таким інтерфейсом разом з веб-сервером, прийнято називати шлюзом, але більш звична назва «скрипт» (сценарій) або ж «CGI-програма». HTML-форми дуже зручні для подання основних типів питань. Питання на типу так / ні представляються наборами іконок, переліками вибору, спливаючими меню. Питання розкритого типу реалізуються у вигляді полів редагування. Більш просунуті питання, такі як питання на відповідність або ж на правильну послідовність можуть бути реалізовані з підтримкою форм. Крім того, приховані поля можуть застосовуватися для зберігання додаткової інформації про тест, яку має може потребувати CGI-скрипт.

Серед готових рішень моніторингу та контролю знань студентів можна виділити два програмних забезпечення: Indigo та Moodle. Indigo - являє собою мультифункціональний комплекс програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес проведення тестування і обробки результатів [22]. Продукт було розроблено в 2010 році.

Система Indigo є універсальним інструментом, який можна використовувати для вирішення широкого спектра завдань [22]: визначення рівня готовності учнів шкіл до ДПА та ЗНО; тестування і контроль знань студентів з різних дисциплін; визначення професійного рівня співробітників (в тому числі при прийомі на роботу); автоматизація психологічних тестів, в тому числі профорієнтаційних (вибір професії); автоматизація проведення вікторин та олімпіад.

Робота з Indigo ділиться на дві частини: інтерфейс адміністратора і інтерфейс користувача. Інтерфейс адміністратора тестової оболонки являє собою Windows-додаток, який реалізує наступні функції [23]:

- Створення та редагування тестів.
 - Управління базою тестів.
 - Управління базою користувачів.
 - Управління Web-сервером і правилами тестування.
 - Доступ до результатів тестування.
- Інтерфейс користувача тестової оболонки являє собою Web-інтерфейс, який реалізує наступні функції:

- Реєстрація та авторизація користувачів в системі.
 - Перегляд доступних тестів.
 - Вибір тесту і проведення тестування.
 - Перегляд результатів тестування і помилок.
 - Доступ до журналу результатів.
- До основних переваг Indigo варто віднести:
- доступність інтерфейсу користувача;
 - сумісність з усіма ОС сімейства Windows (XP / 2003 / Vista / 7/8/10);
 - підтримка всіх поширених браузерів;
 - централізоване зберігання даних і веб-інтерфейс користувачів;
 - ієрархічне групування тестів і користувачів;
 - широкі можливості конструктора тестів.

Недоліками Indigo є відсутність поділу на адміністратор та викладач (не завжди викладач має навички роботи з подібного роду системами), відносно великий обсяг споживаної пам'яті, високі вимоги до обладнання та ціна, так як програма не безкоштовна.

Moodle - це система управління вмістом сайту (Content Management System CMS), спеціально розроблена для створення онлайн-курсів викладачами. Такі e-learning системи часто називаються системами управління навчанням (Learning Management Systems - LMS) або віртуальними освітніми середовищами (Virtual Learning Environments - VLE) [24]. Moodle написана на мові програмування PHP професором з Австралії Мартіном Дунгіамосом і переведена на кілька десятків мов і використовується для навчання більш ніж в ста п'ятдесяти країнах світу. Система тестування є лише малою частиною великої програ-

ми. Тестування запропоновано здійснювати за такою процедурою [24]: викладач розробляє і розміщує на сторінці свого курсу тести, вказуючи в їх параметрах дати, коли тести будуть доступними для проходження, час, який відводиться на виконання однієї спроби, кількість спроб, що надається кожному студенту і метод оцінювання. Викладач повідомляє студентам про зміст тесту, місце, дату та час тестування. Після тестування викладач аналізує його результати.

Наведемо основні переваги Moodle:

- повний набір необхідних функцій;
- відкритий вихідний код продукту (дозволяє додати всі необхідні елементи);
- система Moodle універсальна і не потребує обладнання вищого рівня;
- підтримка всіх видів тестів.

До недоліків Moodle можна віднести те, що система тестування є частиною великого програмного продукту та не є безкоштовною.

Висновок

Сучасний ринок праці під впливом процесів інтеграції та глобалізації на освіту вимагає вміння використовувати технології та знання, що задоволь-

нять потреби інформаційного суспільства та роблять підготовку сучасного інженера конкурентноспроможною [25]. Використання програмних та інформаційних систем в освіті є необхідним для підвищення якості навчального процесу.

Ефективна організація навчального процесу можлива саме завдяки застосуванням інформаційних технологій. Сучасні інтерактивні методи дослідження дають змогу вдосконалити навчальний процес, підвищити якість засвоєння навчального матеріалу, . Використання системи контролю та моніторингу якості знань дозволяє контролювати ступінь засвоєння навчального матеріалу та швидко, неупереджено й якісно оцінювати знання студентів. Впровадження мультимедійного навчального матеріалу при проведенні занять збільшує увагу до викладеного матеріалу та викликає більший інтерес серед молоді, що сприяє кращому і більш швидкому засвоєнню нового матеріалу.

Сучасні інформаційні веб-технології знаходять усе більше застосувань у вищій освіті. Їх використання є зручним для викладача та зрозумілим для сучасного студента і таким, що ефективно підвищує якість освітнього процесу порівняно з традиційною методикою навчання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волкова, Н. П. Педагогіка: Навч. посіб. Вид. 2-ге, перероблене і доповнене Київ: Академвидав, 2007, 605 с.
2. Дичківська, І. М. Інноваційні педагогічні технології: Навч. посіб. Київ: Академвидав, 2004, 352 с.
3. Жилиєва, Ю. М. Модель проектної технології загальнопедагогічної підготовки майбутнього вчителя іноземних мов. Вісник Житомирського державного університету, 2010. Педагогічні науки, 93—99 с.
4. Гуревич Р. С., М. Ю. Кадемія, М. М. Козяр Інформаційно-комунікаційні технології в професійній освіті майбутніх фахівців / за ред. член-кор. НАПН України Гуревича Р. С. – Львів : ЛДУ БЖД, 2012. – 380 с.
5. Фурс М. В. Интерактивные формы обучения – средство повышения уровня профессиональной подготовки студентов / Вестник высшей школы. – № 10. – Ноябрь. – 2011. – С. 29.
6. Ічанська Н.В., Омелян О.М. Використання інформаційно- комунікаційних технологій у процесі викладання математики / Математика в сучасному технічному університеті: Матеріали Шостої міжнародної науково-практичної конференції, (Київ 28-29 грудня, 2017 р.) – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського (Київ), 2018. – С. 370-374. <http://matan.kpi.ua/public/files/2017/mvstu6/MSTU6.pdf>.
7. Ічанська Н.В., Омелян О.М. ЕЛЕКТРОННІ ФОРМИ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ ВИЩА МАТЕМАТИКА / Тези Дванадцятій міжнародної науково-технічної конференції “ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ”, 12 – 13 грудня 2018 року, Київ, Державний університет телекомунікацій, 2018. – с. 12-13.
8. Ichanska N.V., Podoshvelev Yu.G., Smitskiy O., Rybachenko K. A QUALITY SELECTION OF SOFTWARE TO BUILD A SERVICE OF ELECTRONIC EQUIPMENT SALES. - Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПолНТУ, 2018.– № 3 (49). – С. 111-116.
9. Ichanska N., Gritsenko A., Shefer V. DEVELOPMENT OF SOFTWARE SERVICE FOR SALE OF VEHICLES / Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПолНТУ, 2018.– № 4 (50). – С. 105-109.
10. Merlac V. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hyperconvergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conference Proceedings of 2018 IEEE 9th Int. Conf. on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv, May 24-27, 2018. – P. 136-140. DOI: 10.1109/DESSERT.2018.8409114
11. Шматков С.І. Аналіз інформаційних технологій у системах мобільного навчання / С.І. Шматков, Н.Г. Кучук, Ж.О. Коломієць // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 4(44). – С. 143-149.
12. Донець В. В. Development of software of e-learning information system synthesis modeling process / В. В. Донець, Н. Г. Кучук, С. І. Шматков // Сучасні інформаційні системи (Advanced Information Systems). – X. : НТУ “ХІП”, 2018. – Т. 2, № 2.
13. Шматков С. І. Модель інформаційної структури гіперконвергентної системи підтримки електронних обчислювальних ресурсів університетської e-learning / С. І. Шматков, Н. Г. Кучук, В. В. Донець // Системи управління, навігації та зв'язку : науковий журнал. – Полтава : ПНТУ, 2018. – Вип. 2(48). – С. 97-100.
14. G. Kuchuk, A. Kovalenko, V. Kharchenko, A. Shamraev, "Resource-oriented approaches to implementation of traffic control technologies in safety-critical I&C systems" in book: Green IT Engineering: Components Network and Systems Implementation, Springer International Publishing, vol. 105, pp. 313-338, 2017.
15. Semenov S. Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm / S. Semenov, O. Sira, N. Kuchuk // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2018. – № 2/4(92). – P. 39-46.
16. Merlac V. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hyperconvergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conference Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv, May 24-27, 2018. – P. 136-140.

17. Кучук Н. Г. Уменьшение задержки транзакций e-learning в компьютерных сетях гиперконвергентной архитектуры / Н. Г. Кучук, А. А. Можаяев, С. И. Шматков, Н. В. Косенко // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. - 2018. - № 2. - С. 19-24
18. Донець В. В. Моделювання інформаційної системи e-learning з використанням генетичних алгоритмів / В. В. Донець, Н. Г. Кучук, С. І. Шматков // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2018. - Вип. 3. - С. 153-156.
19. Зиков І. С. Синтез архітектури комп'ютерної системи управління транзакціями e-learning [Електронний ресурс] / І. С. Зиков, Н. Г. Кучук, С. І. Шматков // Сучасні інформаційні системи. - 2018. - Т. 2, № 3. - С. 60-66.
20. Ічанська Н.В., Моргун Р. Ю. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОНТЕНТОМ ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСІВ / Тези Дванадцятій міжнародної науково-технічної конференції "ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ", 12 – 13 грудня 2018 року, Київ, Державний університет телекомунікацій, 2018. – С. 79-80.
21. Система інтерактивного тестування [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.smartboard.com.ua/articles/130>.
22. Сайт програми INDIGO [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.indigotech.ru>.
23. Руководство пользователя по работе с программным продуктом «Система тестирования INDIGO» Версия руководства: 1.2, 2011. – 76 с.
24. Гвоздев В.В., Проскурин В.В. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. Инструкция для преподавателей. / Тольятти, 2011. – 155с.
25. Шефер О. В., Пугач М. В., Скрильчик О. М. Алгоритм ідентифікації нелінійних технічних систем за вимірними даними // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2005. Вип. 3 (32). – С. 203-206.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент О. В. Шефер,

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

Received (Надійшла) 12.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 28.03.2019

Использование современных веб-технологий для системы контроля и мониторинга знаний студентов

В. А. Демяненко, Н. В. Ичанская

Предметом нашего исследования является изучение возможностей применения веб-технологий для системы контроля и мониторинга знаний студентов, анализ необходимых преподавателю программных и информационных ресурсов, а также медийных средств для отслеживания качества усвоения студентами учебного материала. В работе проанализированы существующие комплексы программного обеспечения по проверке знаний, представлен подробный анализ, описаны все преимущества и недостатки этих информационных ресурсов. **Результаты** - авторами предложено качественный отбор системы контроля и мониторинга качества знаний и проанализированы современные интерактивные методы исследования, позволяющие контролировать степень усвоения учебного материала. Рассмотрены наиболее распространенные и популярные существующие технологии для проверки знаний, изучено программное обеспечение и веб-приложения, сформирован перечень преимуществ и недостатков каждого из них с точки зрения автоматизации процесса тестирования и обработки результатов путем применения современных веб-технологий. **Вывод** - в работе проведен полный анализ существующих современных веб-технологий для системы контроля и мониторинга знаний студентов, предложено два лучших (по мнению авторов) комплексы, которые существенно повысят качество учебного процесса. Систематизация всех результатов исследовательской работы, предложенной авторами, позволит читателю лучше ориентироваться в современных веб-технологиях для мониторинга знаний и проверить свои знания, определиться с перечнем вопросов, требующих дальнейшего разбора и углубленного изучения. Опираясь на проведенные в статье исследования, читатель сможет создать собственный веб-приложение или создать комплекс тестов и на основе полученных результатов провести мониторинг качества усвоения учебного материала.

Ключевые слова: мониторинг, веб-технологии, комплекс программного обеспечения, компьютерные сети, интерактивные технологии, языки программирования, каскадные таблицы стилей, язык гипертекстовой разметки, Indigo, Moodle, CGI, система управления контентом, интерфейс, плагины.

Use of modern web technologies for student monitoring system

V. Demianenko, N. Ichanska

The subject of our study is the study of the possibilities of using web technologies for the system of monitoring and monitoring students' knowledge, analysis of the necessary program and information resources teacher, as well as media for monitoring the quality of student learning material. The existing software complexes for testing knowledge are analyzed, their detailed analysis is presented, all advantages and disadvantages of these information resources are described. **Results** - the authors proposed a qualitative selection of the monitoring and monitoring system of knowledge quality and analyzed modern interactive research methods that allow controlling the degree of mastering the educational material. The most popular and popular existing technologies for testing knowledge, software and web applications are considered, a list of advantages and disadvantages of each of them is created in terms of automation of the process of testing and processing of results through the use of modern web technologies. **Conclusion** - in the thesis a complete analysis of existing modern web technologies for the system of control and monitoring of students' knowledge was conducted, two best (in the opinion of the authors) are proposed, which will significantly improve the quality of the educational process. The systematization of all research results proposed by the authors will allow the reader to better navigate modern web technologies to monitor knowledge and validate their knowledge and identify issues that require further analysis and in-depth study. Based on the research carried out in the article, the reader will be able to create his own web application or create a set of tests and, based on the results obtained, monitor the quality of the learning material.

Keywords: monitoring, web technology, software suite, computer networks, interactive technologies, programming languages, cascading style sheets, hypertext markup language, Indigo, Moodle, CGI, content management system, user interface, plug-ins.

К. Ю. Дергачёв, Л. А. Краснов, А. А. Челядин, А. В. Плахотний

Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЦВЕТОВОЙ КОРРЕКЦИИ WEB-КАМЕР В СИСТЕМАХ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ

Предмет изучения. В статье предложены новые методы и средства цветовой коррекции web-камер в системах стереозрения для повышения качества их работы. **Целью** является сопоставительный анализ показателей качества известных методов коррекции цвета, разработка новой методики и рабочих алгоритмов совместной процедуры цветовой коррекции и ректификации фреймов видеопотока левой и правой камер. **Задачи:** Ставилась задача выполнить теоретический анализ показателей качества известных алгоритмов коррекции цвета, разработать новые рабочие алгоритмы, программные коды этих алгоритмов написать на языке Python с использованием необходимых функций OpenCV. Провести экспериментальные исследования этих алгоритмов. Оценить эффективность работы стереосистемы в лабораторных условиях, а достоверность полученных результатов проверить методами статистического анализа. **Используемые методы:** Сопоставительный анализ известных методов и алгоритмов путем статистического моделирования, синтез новых алгоритмов и оценка эффективности их работы путем проведения лабораторных натурных испытаний. **Полученные результаты:** проведен сопоставительный анализ эффективности работы известных методов цветовой коррекции камер стереосистемы, предложены новые более эффективные алгоритмы для решения этой задачи. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов: предложены новые методы коррекции цветового баланса web-камер, используемых в стереоскопических системах технического зрения, отличающиеся высокой точностью цветовой коррекции и работающих в реальном масштабе времени с применением функций библиотеки OpenCV в программной среде Python.

Ключевые слова: стереоскопические системы технического зрения; цветровая коррекция изображений видеопотока web-камер стереосистемы; совместная ректификация и цветовой баланс левой и правой камер.

Введение

Массовое внедрение инновационного оборудования (роботов, беспилотных летательных аппаратов и пр.) в различные области человеческой деятельности в настоящее время заметно повысило спрос на недорогие, но качественные системы технического зрения. Так, например, существенным ограничением при создании малобюджетных систем стереосъемки является стоимость откалиброванных камер даже невысокого разрешения. Оптическая калибровка требует большой точности изготовления элементов камер. Это заметно удорожает их производство и создаёт проблемы с регулировкой размеров стереобазы. Наличие же широкодоступных и дешевых некалиброванных web-камер с возможностью их подключения к компьютеру через USB-порты позволяет синтезировать недорогие и достаточно точные системы стереосъемки с легко изменяемыми параметрами.

Однако следует отметить, что даже незначительные рассогласования параметров цифровых стереоскопических измерителей приводят к существенному ухудшению качества их работы, вплоть до исчезновения стереоэффекта. Анализ этих факторов [1, 2] наглядно показывает, что любые несоответствия пространственно-временных характеристик и параметров цветопередачи приводят к деформации измерительного пространства и значительному уменьшению точности измерений цифровых бинокулярных систем технического зрения. Поэтому перед началом эксплуатации для формирования высококачественных изображений стереопары, необходимо выполнить ряд следующих мероприятий:

- сделать внутреннюю калибровку используемых камер для определения их параметров – фокусного расстояния, оптических искажений и пр.;

- произвести программную синхронизацию работы камер с большой точностью для получения синхронизированных стереоизображений с высокой частотой повторения;

- осуществить стереокалибровку камер в общей системе координат;

- провести ректификацию изображений для установления соответствий между эпиполярными линиями на стереопаре, вдоль которых будет выполняться поиск для работы алгоритмов стереосопоставления;

- выполнить цветовую коррекцию стереоканалов.

Обычно, специалисты в области технического зрения считают, что различная яркость и баланс белого стереоканалов мало влияют на точность при решении задач стереосопоставления, но они пагубны при стереовизуализации. По мнению авторов, различная интенсивность компонент цвета может не только существенно исказить зрительное восприятие (вплоть до потери эффекта трёхмерности), но и фатально повлиять на качество определения параметров пространственного положения фрагментов наблюдаемой сцены. Перечисленные выше работы сравнительно легко выполняются достаточно традиционными методами. Так, например, внутреннюю калибровку используемых web-камер можно провести с помощью Matlab-приложения Camera Calibration Toolbox for Matlab [3] или привлечь соответствующие ресурсы библиотеки OpenCV [4]. Однако существует и ряд нерешенных проблем. Так наибольшая сложность прецизионной настройки системы стереозрения связана с отсутствием единого подхода к выбору методов и средств для цветовой коррекции камер и процедуры их ректификации, что делает эту задачу неизменно актуальной.

Цель работы. Для повышения качества работы стереосистем ставились следующие задачи: провести сопоставительный анализ показателей качества известных методов коррекции цвета, предложить новую методику и рабочие алгоритмы совместной процедуры цветовой коррекции и ректификации фреймов видеопотока левой и правой камер. Программные коды этих алгоритмов было необходимо написать на языке Python с использованием необходимых функций OpenCV. Следовало представить подробные результаты экспериментальных исследований алгоритмов цветовой коррекции видеоданных стереопары. Оценка эффективности работы стереосистемы была проведена в лабораторных условиях, а достоверность полученных данных проверялась путем статистического анализа полученных данных.

Анализ методов цветовой коррекции камер стереопары

Цветовую коррекцию камер стереопары так же, как и их пространственную калибровку, по мнению авторов, целесообразно проводить в два этапа. Сначала необходимо точно установить баланс белого и устранить различия интенсивности компонент цвета изображений видеопоследовательностей каждой из камер отдельно, а затем провести совместную корректировку этих параметров с учетом результатов взаимной ректификации камер. Далее такой подход рассмотрим более подробно.

Оценим основные свойства известных методов выполнения цветовой коррекции. Их актуальность обычно обусловлена локальными и глобальными несоответствиями цветов между камерами в составе стереопары [5]. Кроме этого, существенным фактором является наличие или отсутствие бликов на объектах при наблюдении за ними с разных ракурсов. Основные причины такого рода несоответствий обусловлены различиями фоточувствительных матриц и светофильтров камер стереопары, и их неодинаковым положением относительно источников освещения сцены. Глобальные методы цветовой коррекции можно разделить на три основных класса: histogram matching; global color transfer; clustering method. При классификации локальных способов цветовой коррекции изображений уместно выделить два основных метода – block-based method и local color correction for underwater stereo images. Рекомендуется при выборе любого из перечисленных методов цветовой коррекции дополнять такую обработку алгоритмами обнаружения и компенсации бликов. При использовании методов histogram matching работа алгоритмов цветовой коррекции в основном сводится к расслоению снимков в RGB-пространстве на отдельные компоненты R, G и B, с последующим построением гистограмм распределения пикселей по яркости для левого и правого ракурсов стереоизображений. Затем формируется функция преобразования для одного из ракурсов для получения минимального различия этих гистограмм для каждой цветовой компоненты.

Методы global color transfer основаны на синтезе такой линейной функции преобразования цветового RGB-пространства, чтобы целевое изображе-

ние имело такие же цветовые тона, что и у исходного изображения. В этом случае проводится вычисление средних значений пикселей по каждому из каналов R , G , B для исходного и целевого изображений, а затем с помощью матриц сдвига, поворота и масштабирования проводится необходимое совместное преобразование по трем цветовым каналам.

Применение clustering method коррекции основано на выборе ключевых кадров и проведении вероятностной кластеризации пикселей с последующим вычислением параметров цветовой коррекции и их интерполяции в неключевых кадрах. Используются методы статистической обработки данных.

Аналогичные принципы применяются при построении локальных методов цветовой коррекции и алгоритмов устранения бликов [5, 6].

К сожалению, описанные методы цветовой коррекции изображений, обладающие рядом несомненных достоинств, отличаются большим объемом вычислений и малоприспособлены для работы в реальном масштабе времени. Поэтому целесообразно исследовать возможности оптимизации структуры таких алгоритмов для создания программного обеспечения, позволяющего быстро и эффективно проводить цветовую коррекцию камер стереопары.

Средства построения алгоритмов для коррекции цвета отдельной камеры

Как отмечалось ранее, корректировку баланса белого (цветового баланса) целесообразно сначала провести отдельно для каждой камеры стереопары, а затем скорректировать полученные результаты уже для пары камер. Известны три основных метода балансировки белого для цифровых камер: автоматическое выравнивание баланса; установки для набора стандартных условий освещения; произвольные установки по опорному объекту.

Рассмотрим подробнее реализацию основных алгоритмов для каждого из перечисленных методов.

Алгоритм «серого мира». Наиболее популярным методом автоматической цветовой коррекции изображений является метод, получивший название «Серый мир», поскольку предполагается, что сумма всех цветов на изображении естественной сцены дает серый цвет. При использовании такого метода в пространстве проводится разложение исходного изображения I_{src} размерностью $M \times N$ на три компоненты $(R_{src}, G_{src}, B_{src})$. Здесь и далее I_{src} – исходное изображение (image source), а I_{dst} – выходное изображение (image destination). Затем рассчитываются средние значения яркости пикселей для каждой из этих компонент:

$$\bar{R} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N R_{src}(x_i, y_j), \quad \bar{G} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N G_{src}(x_i, y_j),$$

$$\bar{B} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N B_{src}(x_i, y_j),$$

где x_i и y_j – текущие номера строк и столбцов исходного изображения I_{src} . Затем определяется

обобщенный коэффициент средней яркости пикселей MB (Medium Brightness) как $MB = (\bar{R} + \bar{G} + \bar{B})/3$ и производится масштабирование пикселей исходного изображения сцены I_{src} с соответствующими коэффициентами для получения $(R_{dst}, G_{dst}, B_{dst})$ – компонент выходного изображения I_{dst} :

$$R_{dst} = R_{src} \cdot \frac{MB}{R}, \quad G_{dst} = G_{src} \cdot \frac{MB}{G}, \quad B_{dst} = B_{src} \cdot \frac{MB}{B}.$$

После корректировки эти компоненты соединяются в цветное изображение I_{dst} , которое легко сравнить с исходным изображением I_{src} визуально, а для дополнительной наглядности используются изображения разницы выходной и исходной яркостей всех пикселей для соответствующих цветовых компонент, полученных в результате преобразования:

$$\Delta R = R_{dst} - R_{src}, \quad \Delta G = G_{dst} - G_{src}, \quad \Delta B = B_{dst} - B_{src}.$$

Для описания степени соответствия исходного I_{src} и полученного в результате преобразования I_{dst} изображений можно использовать различные критерии. Считаем, что в нашем случае уместно использовать показатели дисперсии для каждой цветовой компоненты:

$$MSE_R = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [R_{src}(x_i, y_i) - R_{dst}(x_i, y_i)]^2,$$

$$MSE_G = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [G_{src}(x_i, y_i) - G_{dst}(x_i, y_i)]^2,$$

$$MSE_B = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [B_{src}(x_i, y_i) - B_{dst}(x_i, y_i)]^2,$$

Но наиболее наглядно степень изменения цветовой компонент характеризуют попарно представленные гистограммы распределения пикселей по яркости. Далее опишем работу других алгоритмов цветовой коррекции, а после этого проведем сопоставительный анализ их качества количественно и визуально.

Алгоритм «идеального отражателя». Он основан на предположении о том, что наиболее яркие области изображения относятся к бликам на поверхностях, модель отражения которых такова, что цвет блика равен цвету освещения (дихроматическая модель). Для такой модели по трем цветовым компонентам $R_{src}, G_{src}, B_{src}$ исходного изображения I_{src} необходимо определить максимальные значения яркостей пикселей $R_{src \max}, G_{src \max}, B_{src \max}$. После этого проводится масштабирование яркости пикселей изображения I_{src} по правилу

$$R_{dst} = \frac{R_{src} \cdot 255}{R_{src \max}}, \quad G_{dst} = \frac{G_{src} \cdot 255}{G_{src \max}}, \quad B_{dst} = \frac{B_{src} \cdot 255}{B_{src \max}}.$$

Алгоритм растяжения контрастности «autolevels» основан на идее растяжения интенсивности цветовой компонент $R_{src}, G_{src}, B_{src}$ исходного

изображения на весь диапазон. Для этого определяются максимумы и минимумы цветовой компонент $R_{src \max}, G_{src \max}, B_{src \max}, R_{src \min}, G_{src \min}, B_{src \min}$, а затем проводятся следующие преобразования:

$$R_{dst} = (R_{src} - R_{src \min}) \cdot \frac{(225 - 0)}{(R_{src \max} - R_{src \min})},$$

$$G_{dst} = (G_{src} - G_{src \min}) \cdot \frac{(225 - 0)}{(G_{src \max} - G_{src \min})},$$

$$B_{dst} = (B_{src} - B_{src \min}) \cdot \frac{(225 - 0)}{(B_{src \max} - B_{src \min})}.$$

Алгоритм повышения контрастности цветных изображений (Equalization) с переходом из цветового RGB-пространства в пространство YUV . Это цветовая модель, в которой цвет представляется как 3 компоненты – яркость (Y) и две цветоразностных (U и V). В изображении в формате YUV эквализации подвергается только компонента яркости (Y) с помощью функции из библиотеки OpenCV

```
img_yuv[:, :, 0] =
cv2.equalizeHist(img_yuv[:, :, 0]).
```

Затем производится обратное преобразование изображения из формата YUV в формат RGB. При этом баланс цвета сохраняется без изменений, так как цветоразностные компоненты U и V преобразования не подвергались.

```
import cv2
import numpy as np
img = cv2.imread('input.jpg')
img_yuv =
cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2YUV)
# equalize the histogram of the Y channel
img_yuv[:, :, 0] =
cv2.equalizeHist(img_yuv[:, :, 0])
# convert the YUV image back to RGB
img_output =
cv2.cvtColor(img_yuv, cv2.COLOR_YUV2BGR)
cv2.imshow('Color input image', img)
cv2.imshow('Histogram equal-
ized', img_output)
cv2.waitKey(0)
```

Для наглядности приведем пример программного кода алгоритма повышения контрастности цветного изображения, синтезированного на языке Python с использованием функций OpenCV.

Возможны и другие варианты построения таких алгоритмов. Однако следует подчеркнуть, что выбор конкретного алгоритма цветовой коррекции камеры (или их комбинации) обусловлен особенностями освещения сцены. Поэтому целесообразно при создании программного обеспечения этой задачи обеспечить возможность смены алгоритма.

Стенд для совместной балансировки цвета камер стереопары

Для выполнения совместной цветовой коррекции стереопары состоящей из двух Web-камер использовался лабораторный стенд, общий вид которого показан на рис. 1, а. Используется компьютер с

программным обеспечением, стереопара на базе двух идентичных Web-камер с возможностью их подключения к компьютеру через USB-порты, а

также специальный экран на штативе для крепления специальной метки-мишени. На рис. 1, б более детально видны особенности конструкции стереопары.



Рис. 1. Общий вид лабораторного стенда – а; конструкция стереопары – б

При жестком креплении камер относительно друг друга, предусмотрена возможность изменить положение стереопары по высоте, развернуть её на 360° вокруг вертикальной оси. Каждую камеру можно развернуть на небольшой угол в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Но главное — регулировка базового расстояния между камерами с использованием специальной контрольной линейки. Это обеспечивает установку базового расстояния с точностью до долей мм.

Структура алгоритма цветовой коррекции web-камер стереопары

Для решения задачи совместной цветовой коррекции камер стереопары авторами предложено использовать алгоритм, основанный на определении вертикального и горизонтального параллакса изображения метки-мишени при совмещении изобра-

жений левой и правой камер Δx и Δy . Полученные смещения изображений Δy используются для ректификации изображений стереопары (image rectification) — приведению опорных точек к единой эпиполярной линии. Затем на левом и правом изображениях сцены выбираются два фрагмента одинаковой размерности. Назовем их областями интереса ROI (Region Of Interest). На основании полученных ранее смещений Δx и Δy проводится цифровая конвергенция (совмещение с точностью до пикселя) этих фрагментов (ROI_left и ROI_right). Далее производится коррекция цветовых характеристик правого канала относительно левого, который выбирается в качестве опорного.

Далее приведено более подробное описание принципов работы алгоритма, а его обобщенная структурная схема показана на рис. 2.

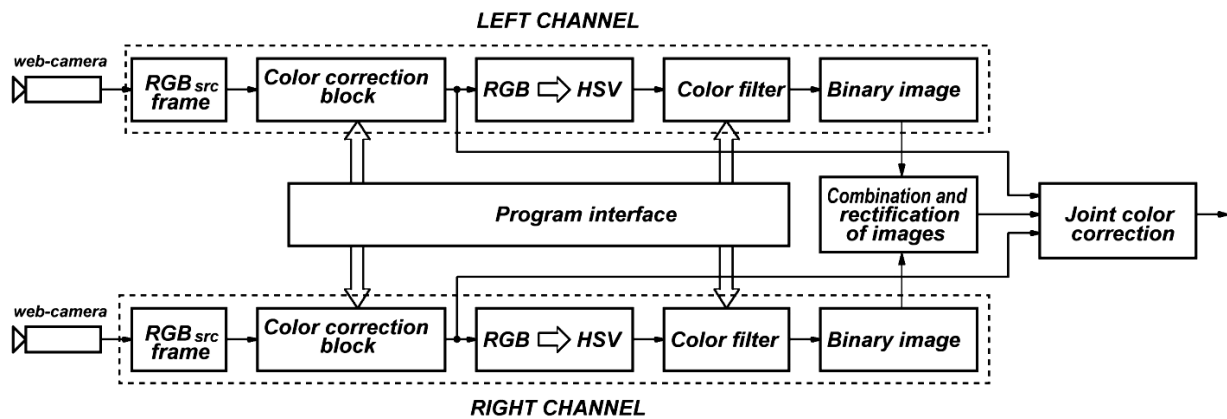


Рис. 2. Структурная схема алгоритма цветовой коррекции камер стереопары

При решении различных задач стереосопоставления (измерении дальности и построении карт глубины сцены) принято пользоваться опорными точками, обладающими определенными отличительными признаками (яркость, цвет и пр.). Авторы считают, что наиболее устойчивой и мало чувствительной к изменениям освещенности сцены является метка-мишень насыщенного цвета (в нашем случае красного). Она закреплена на специальном экране. Поэтому для обнаружения и надежного детектирования опорной точки сцены в кадре использована методика её выделения по цветовому признаку.

Будем полагать, что съёмка сцены с размещенной на ней цветной меткой-мишенью производится стереопарой, предварительно откалиброванной по стандартной методике.

Принятые сигналы web-камер являются последовательностью изображений представленных в цветовом пространстве RGB. В связи с высокой изменчивостью освещенности сцены обычно необходима предварительная цветовая коррекция и балансировка белого независимо для каждой камеры. Методика этих преобразований нами уже обсуждалась достаточно подробно. Конкретный алгоритм цвето-

вой коррекции можно выбрать интерактивно в соответствующем меню интерфейса программы.

Использование цветового пространства RGB малопродуктивно, так как поиск областей нужного цвета предполагает анализ всех трех составляющих R, G и B. Поэтому необходимо перейти в другое цветовое пространство.

Для поиска на изображении объектов по цвету и яркости, как правило, применяется цветовое пространство HSV, где Hue, Saturation и Value – параметры, определяющие цветовой тон, насыщенность и яркость. Они нормированы следующим образом: Hue – 0 – 360°; Saturation – (0 – 100)%; Value – (0 – 100)%. Поэтому наиболее важной процедурой после ввода и цветовой коррекции видеоданных стереоканалов было преобразование цветового пространства RGB в пространство HSV с помощью соответствующей функции OpenCV:

```
hsv=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2HSV)
```

Существенное влияние на качество обнаружения оказывает точность выбора компонент, соответствующих цвету наблюдаемого объекта при различных условиях освещения сцены. Любая точка на шкале H определяет двухмерную область с разными значениями S и V. Но для выбранного значения H целевая область в этом двухмерном пространстве надежнее определяется условием: $V > V_{\min}$ и $S > S_{\min}$, где V_{\min} , S_{\min} – некоторые константы. Поэтому принято выбирать целевой диапазон на шкале H, указывая два значения – H_{\min} и H_{\max} .

Отметим, что диапазон значений параметров HSV для выделения красного цвета обычно лежит в пределах

```
lower_range = np.array([0,50,100])
up_range = np.array([10,255,255]).
```

Процедуру выбора рабочего диапазона параметров пространства HSV для наблюдаемого объекта лучше осуществлять интерактивно в зависимости от текущих условий освещения и цвета самого объекта. Такой подход реализован в рассматриваемом далее алгоритме с помощью элементов настройки (движков) интерфейса. После выбора диапазона нужных цветовых компонент (например, синего цвета) производилась фильтрация (настройка цветовой маски) с помощью пороговой функции

```
mask_blue = cv2.inRange(hsv,
low_range,up_range).
```

После цветовой фильтрации изображение кадра представляется в оттенках серого цвета (диапазон значений яркости пикселей от 0 до 255). Такая процедура позволяет надежно детектировать объект по его цвету, однако не позволяет полностью подавить помехи фона, содержащие похожие цветовые компоненты. Эту трудность можно легко преодолеть путем бинаризации с отсечением по порогу яркости отфильтрованного по цвету изображения. Для этого использовалась функция

```
mask_blue = cv2.threshold(mask_blue,p,
255,cv2.THRESH_BINARY) [1]
```

Обратите внимание на выбор порога отсечения по яркости p в этой функции, зависящий от уровня помех. Его желательно устанавливать интерактивно.

Следующим шагом при построении алгоритма является определение координат метки-мишени в текущих кадрах левой и правой камер. При работе с бинарными изображениями наиболее продуктивным способом этого решения является вычисление моментных инвариантов такого изображения, которые позволяют определить координаты с высокой степенью точности. Моменты изображения вычисляются с помощью функции

```
moments = cv2.moments(thresh,1).
```

Функция moments возвращает массив моментов вплоть до третьего порядка. Однако для вычисления координат центра объекта требуются только моменты первого порядка m01 и m10, а также момент нулевого порядка m00. Они определяются таким образом:

```
dM01 = moments['m01'],
dM10 = moments['m10'],
dArea = moments['m00'].
```

Момент m00 – это количество всех единичных пикселей принадлежащих выделенному объекту, а моменты m01 и m10 – суммы X и Y координат этих пикселей. Для определения координат центра объекта необходимо выполнить нормировку этих моментов на момент нулевого порядка.

При проведении этой процедуры целесообразно выполнить дополнительную пороговую операцию, позволяющую отфильтровать ложные объекты, вероятность появления которых при работе цветowego фильтра не исключается. В этом случае при наличии априорной информации о размерах наблюдаемого объекта можно по условию if dArea > N, где N – количество единичных пикселей момента m00, устранить ложные объекты. В приведенном далее примере программа будет реагировать только на моменты, содержащие больше 50 пикселей

```
if dArea > 50:
x = int(dM10 / dArea),
y = int(dM01 / dArea).
```

В этом примере устраняются случайные засветки красного цвета, имеющие сравнительно малую площадь в кадре.

После бинаризации изображений и определения координат метки-мишени в левом и правом каналах эти изображения объединяют методом прямого наложения. По результатам совмещения этих изображений вычисляются значения горизонтального и вертикального параллакса Δx и Δy , которые используются как для ректификации изображений стереопары, так и для цифровой конвергенции выделяемых областей ROI.

На рис. 3 показана структурная схема одного из возможных вариантов реализации алгоритмов цветовой коррекции web-камеры одного из каналов. В данном случае можно использовать либо алгоритм «серого мира», наиболее подходящий при существенной разбалансировке белого цвета изображений, либо алгоритм «идеального отражателя» при наличии бликов в кадре. Эти и другие алгоритмы цвето-

вой коррекции можно использовать и в различной комбинации.

Далее рассмотрим работу алгоритма совместной цветовой коррекции изображений сцены в левом и правом стереоканалах (joint color correction). Его структурная схема приведена на рис. 4. После ректификации изображений, выполняемой путем

сдвига изображения правого канала относительно левого на величину вертикального параллакса Δy , производится выделение областей интереса (ROI_left и ROI_right). Отметим, что конвергенция (точное совмещение) этих изображений производится с учетом горизонтального параллакса Δx между левым и правым каналом стереопары.

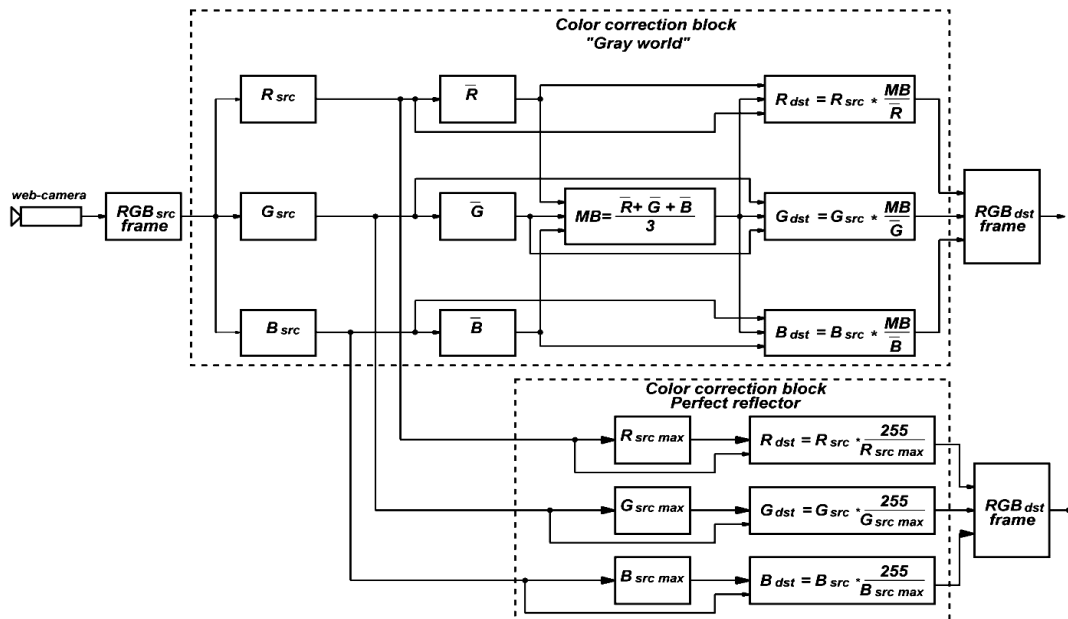


Рис. 3. Структурная схема возможных алгоритмов цветовой коррекции отдельного канала стереопары

Следует помнить, что размеры ROI каналов должны адекватно отображать характер освещенности сцены. Но их нельзя выбирать и слишком большими, поскольку это приведет к неоправданному увеличению вычислительной сложности алгоритма. Оптимальным, на наш взгляд, размером ROI является центральный фрагмент изображения 100x100 пикселей при формате кадров каналов 480x640. Несомненно, что выбирать фрагменты ROI пользователю следует интерактивно.

Совместная цветовая коррекция камер стереопары проводится в предположении, что одно из изображений является базовым. В нашем случае принимаем за эталон баланс белого и яркость изображения ROI_left. Второе изображение (ROI_right) будем считать зависимым, и корректировать компоненты цвета этого изображения относительно базового.

При сопоставлении ROI можно построить гистограммы распределения цветových компонент R, G и B для визуального сравнения. Однако ясно, что такой подход малоэффективен. Гораздо продуктивнее оценивать и сопоставлять числовые интегральные характеристики отдельных цветových компонент ROI_left и ROI_right: Поэтому в этом алгоритме вычисляются суммарные показатели яркости отдельных цветových компонент для левого и правого каналов:

$$R_{\Sigma}(ROI_{left}) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{src\ left}(x_k, y_l),$$

$$G_{\Sigma}(ROI_{left}) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L G_{src\ left}(x_k, y_l),$$

$$B_{\Sigma}(ROI_{left}) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L B_{src\ left}(x_k, y_l),$$

где x_k, y_l – текущие номера строк и столбцов исходного изображения ROI_{left} . Аналогичным образом рассчитываются показатели $R_{\Sigma}(ROI_{right})$, $G_{\Sigma}(ROI_{right})$ и $B_{\Sigma}(ROI_{right})$ для правого канала.

На основании информации о суммарной яркости цветových компонент изображений ROI_{left} и ROI_{right} вычисляются поправочные коэффициенты:

$$k_R = \frac{R_{\Sigma}(ROI_{left})}{R_{\Sigma}(ROI_{right})}, \quad k_G = \frac{G_{\Sigma}(ROI_{left})}{G_{\Sigma}(ROI_{right})},$$

$$k_B = \frac{B_{\Sigma}(ROI_{left})}{B_{\Sigma}(ROI_{right})}.$$

Полученные коэффициенты k_R, k_G и k_B используются для корректировки баланса белого зависимого изображения (в нашем случае правого стереоканала) относительно базового (левого стереоканала). Цветовые компоненты R, G и B умножаются на эти коэффициенты.

Отметим, что при достаточно точной балансировке белого обычно отпадает необходимость корректировки яркости в стереоканалах.

Тем не менее, рассмотрим методику компенсации различий интегральной яркости левого и правого каналов.

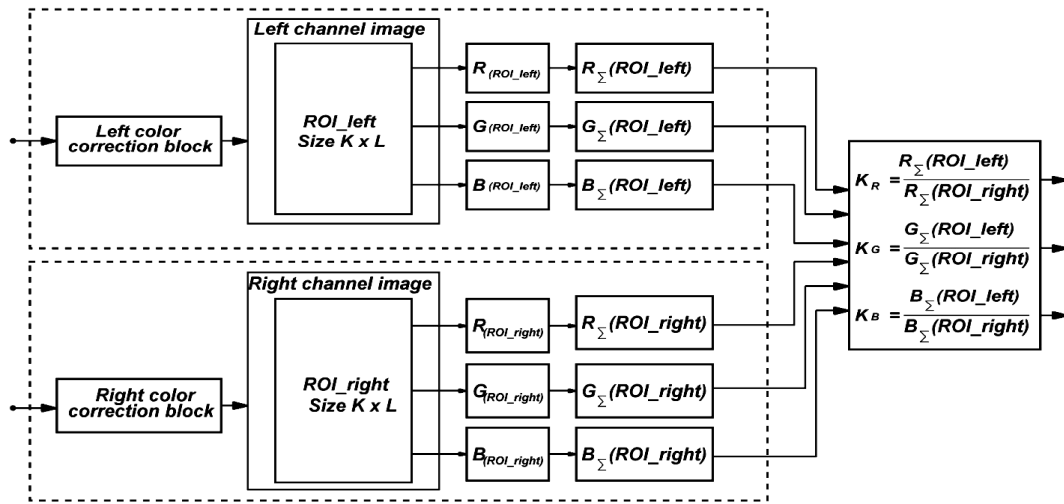


Рис. 4. Структурная схема корректировки баланса белого web-камер стереопары

Для комфортного восприятия изображений при воспроизведении стереоскопической записи необходимо скорректировать суммарную яркость базового изображения в области интереса $I_{\Sigma}(ROI_{right})$. Её можно вычислить, используя весовые коэффициенты p , по формуле:

$$I_{\Sigma}(ROI_{right}) = p_1 R_{\Sigma}(ROI_{left}) + p_1 G_{\Sigma}(ROI_{left}) + p_1 B_{\Sigma}(ROI_{left}).$$

Значения коэффициентов p определяются физиологическими свойствами человеческого глаза [16] и принимаются равными

$$p_1 = 0.2126; \quad p_2 = 0.7152; \quad p_3 = 0.2126.$$

Приведем подробную запись формулы для расчёта интегральной яркости базового (левого) канала:

$$I_{\Sigma}(C) = p_1 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{src\ left}(x_k, y_l) + p_2 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L G_{src\ left}(x_k, y_l) + p_3 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L B_{src\ left}(x_k, y_l).$$

Аналогичным образом вычисляется показатель суммарной яркости $I_{\Sigma}(ROI_{right})$ и для правого (зависимого) канала. Но для достижения в стереоканалах баланса суммарных яркостей, необходимо полученные для этого канала показатели корректировать с помощью поправочных коэффициентов k_R, k_G, k_B .

$$I_{\Sigma}(ROI_{left})^* = \left[p_1 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{src\ right}(x_k, y_l) \right] \cdot k_R + \left[p_2 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L G_{src\ right}(x_k, y_l) \right] \cdot k_G + \left[p_3 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L B_{src\ right}(x_k, y_l) \right] \cdot k_B.$$

Таким образом можно скорректировать относительное отклонение суммарной яркости каналов после корректировки баланса белого.

Методы проведения экспериментальных исследований и основные результаты

Для оценки эффективности предлагаемых методов и алгоритмов цветовой коррекции Web-камер стереопары были проведены экспериментальные исследования, которые можно разделить на две группы – анализ качества алгоритмов для цветовой коррекции отдельного стереоканала (Channel color correction block), и оценка качества работы алгоритмов совместной цветовой коррекции (Joint color correction block). С помощью лабораторного стенда (рис. 1) и программного обеспечения, структура которого показана на рис. 2, проводилась стереоскопическая съёмка сцены с меткой-мишенью на ней (рис. 5).

На рис. 5 показаны левый и правый кадры видеопотока стереопары с указанием координат метки-мишени. Важно отметить, что программа позволяет вести обработку данных в реальном времени. Кроме этого, предусмотрена возможность записи входной видеопоследовательности нужной продолжительности. Эта процедура выполняется интерактивно. В системе предусмотрена возможность ввода данных как со стереопары в режиме online, так и из сохраненного ранее файла. Последний режим позволяет выполнять обработку данных многократно, используя различные алгоритмы. При этом появляется возможность сопоставить эффективность работы различных алгоритмов на одном и том же массиве исходных данных. Также интерактивно можно сделать копию фрейма левого или правого каналов по нажатию комбинации клавиш клавиатуры Alt + PrtScn. Это изображение в программе используется для экспресс-тестирования условий освещения сцены и выбора соответствующего алгоритма цветовой коррекции канала в этот период работы.

Результаты обработки видеопоследовательности стереопары после бинаризации кадров и оценки координат метки-мишени показаны на рис. 6. Совмещение каналов методом прямого наложения увеличивает наглядность при оценке параллакса Δx и Δy , и афиширует их значения (рис. 6, с).

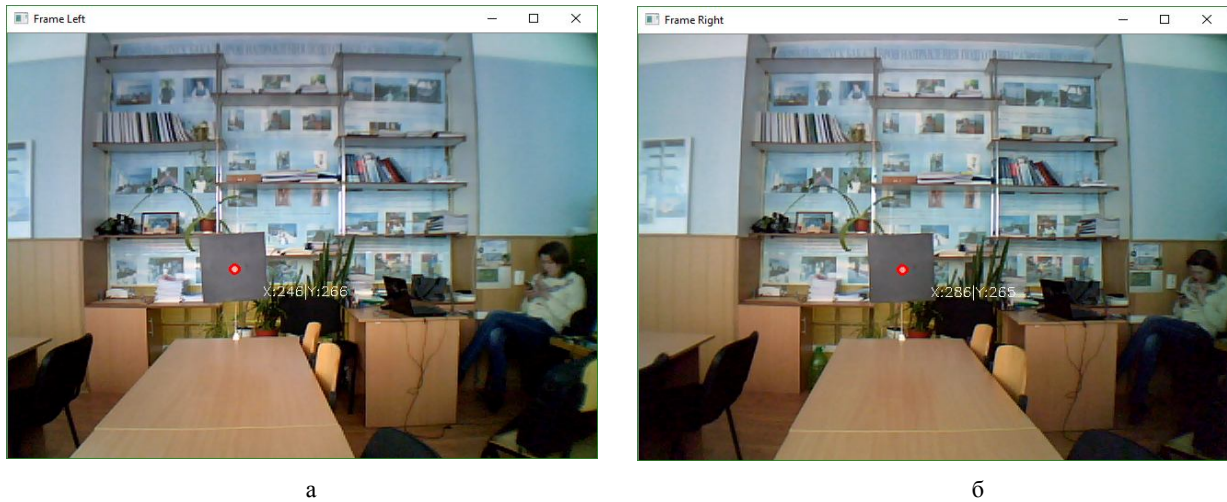


Рис. 5. Фрагмент стереоскопической видеосъемки: а – левый канал, б – правый канал



Рис. 6. Координаты метки-мишени а – в левом канале; б – в правом канале; с – параллаксы Δx и Δy

Рассмотрим далее методику определения эффективности работы алгоритмов цветовой коррекции отдельных каналов. Она складывается из трёх компонент:

- визуальная оценка качества обработки исходного изображения I_{src} . К сожалению, она зачастую носит субъективный характер и зависит от качества зрения экспертов. Это не всегда даёт возможность корректно выделить отличия выходного изображения I_{dst} от входного I_{src} визуально.
- построение гистограмм в цветовом пространстве RGB как функции распределения количества пикселей по градациям яркостей изображения в цветовом диапазоне от 0 до 255. Гистограммы удобно строить попарно в одном окне (для каждой из трех цветовых компонент). В этих окнах гистограммы входных изображений I_{src} отображаются сплошными кривыми, а гистограммы выходных изображений I_{dst} – пунктирными. По ним наглядно видно, как в результате действия тестируемого алгоритма изменяется соотношение ярких и темных пикселей (рис. 8).
- количественные показатели цветовой коррекции.

Для этого использован специальный программный блок, позволяющий оценить эффективность работы алгоритмов цветовой коррекции левого или правого стереоканала по отдельному кадру для текущих условий освещенности сцены, или по какому-нибудь другому изображению.

В качестве обобщенного показателя эффективности работы используемых алгоритмов авторами предложен статистический вектор рассогласования яркости σ_{Σ} исходного изображения I_{src} и преобразованного I_{dst} . Далее будем именовать его как «Вектор цветового баланса» или (англ. – Color balance vector). Он представлен в ортогональном трехмерном цветовом пространстве RGB. Цветовое пространство в этом случае принято представлять в виде RGB цветового куба, показанного на рис. 7. Известно, что точки диагонали этого куба, соединяющей две противоположные вершины с координатами (0,0,0) и (255,255,255), получили название шкалы серого цвета (Gray scale). Они меняют свой оттенок от черного до ярко белого.

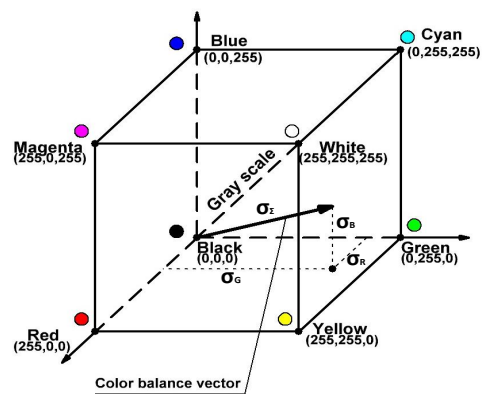


Рис. 7. Вектор цветового баланса в ортогональном пространстве RGB

В этой системе координат начало вектора σ_{Σ} совмещено с нулевой (черной) точкой, его модуль определяется совокупностью показателей дисперсий для каждой цветовой компоненты MSE_R , MSE_G , и MSE_B , используемых для описания степени соответствия исходных I_{src} и полученных в результате преобразования I_{dst} изображений. Формулы для вычисления этих дисперсий приведены выше. Величина модуля «вектора цветового баланса» равна

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{MSE_R + MSE_G + MSE_B}$$

или определяется по сумме квадратов отклонений (Standard deviation $\sigma_{R,G,B}$) следующим образом:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_R^2 + \sigma_G^2 + \sigma_B^2)}.$$

При необходимости можно анализировать и угловое положение вектора цветового баланса σ_{Σ} определяя эти углы по отношению модуля вектора к его проекциям на оси координат куба $(\sigma_R, \sigma_G, \sigma_B)$.

Результаты экспериментальных исследований приведены далее в виде табл. 1–5, каждая из которых содержит данные анализа эффективности одного из алгоритмов цветовой коррекции. В ячейки таблицы включены исходное изображение I_{src} и преобразованное I_{dst} , данные статистической обработки и гистограммы распределения яркостей трех цветовых компонент. Гистограммы входного изображения расположены попарно для каждой цветовой компоненты. Это создает удобство для анализа. Также по результатам статистического анализа рассчитывается и вносится в таблицу модуль вектора цветового баланса σ_{Σ} . Анализ отдельного из исследуемых алгоритмов и сопоставительный анализ их качества необходимо проводить на основании объективного комплексного критерия, который должен учитывать как характер визуального восприятия изменений изображения, так и варибельность гистограмм в результате преобразований. Не менее важным аспектом анализа является и учет статистических показателей. Необходимо также оценивать модуль и угловое положение вектора цветового баланса σ_{Σ} в ортогональном цветовом пространстве RGB.

Сопоставительный анализ четырех алгоритмов цветовой коррекции показал, что каждый из них обладает как достоинствами, так и недостатками. Следует обратить внимание, что при обработке изображения алгоритмом «Gray World» произошло существенное нарушение цветового баланса (табл.1). Это означает, что такой алгоритм эффективен не при всех условиях освещения сцены. Пример, приведенный в табл. 5, показывает, что при определенных условиях он вполне применим и достаточно эффективен.

Описанная методика оценки эффективности цветовой коррекции в полной мере применима и для совместной цветовой балансировки камер стереопары. Понятно, что при отсутствии заметных нарушений в изображении баланса белого расхождение гистограмм исходного и обработанного изображений уменьшается, и в пределе становится нулевым. Следовательно, позитивным фактором является и уменьшение модуля вектора цветового баланса.

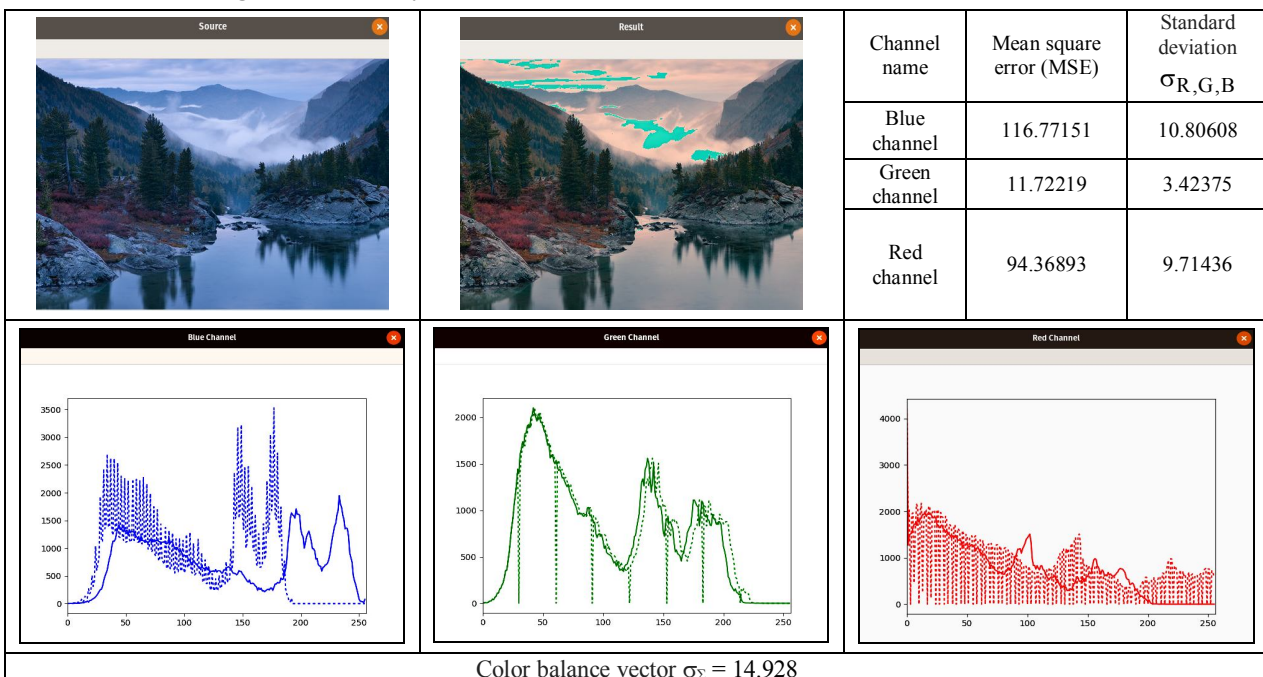
Для удобства анализа данные о величине модуля вектора цветового баланса σ_{Σ} сведены в табл. 6. По мнению авторов практически наиболее предпочтительно использование алгоритмов «Autolevels» и «Equalization». Последний наиболее эффективен при малых уровнях освещения сцены, так как позволяет показатели яркости изображения привести к среднему уровню освещенности.

Для удобства анализа данные о величине модуля вектора цветового баланса σ_{Σ} сведены в табл. 6. По мнению авторов практически наиболее предпочтительно использование алгоритмов «Autolevels» и «Equalization». Последний наиболее эффективен при малых уровнях освещения сцены, так как позволяет показатели яркости изображения привести к среднему уровню освещенности.

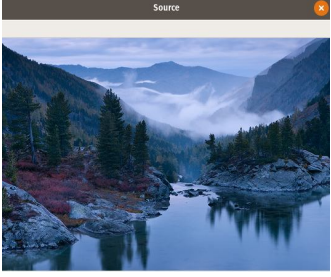
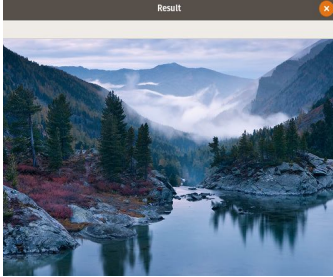
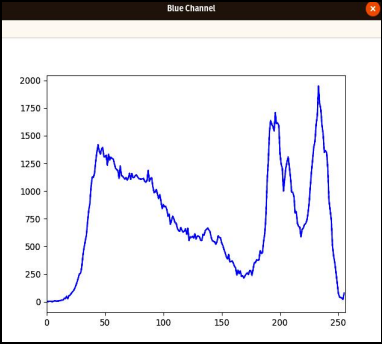
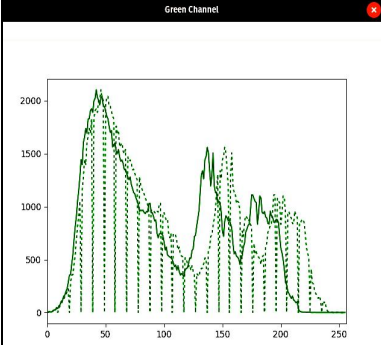
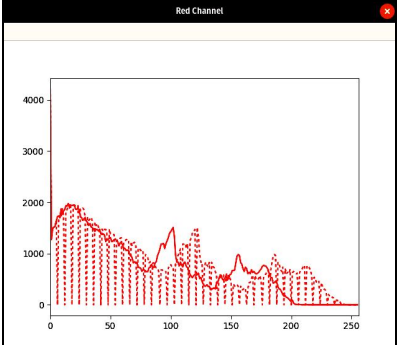
Для удобства анализа данные о величине модуля вектора цветового баланса σ_{Σ} сведены в табл. 6.

По мнению авторов практически наиболее предпочтительно использование алгоритмов «Autolevels» и «Equalization». Последний наиболее эффективен при малых уровнях освещения сцены, так как позволяет показатели яркости изображения привести к среднему уровню освещенности.

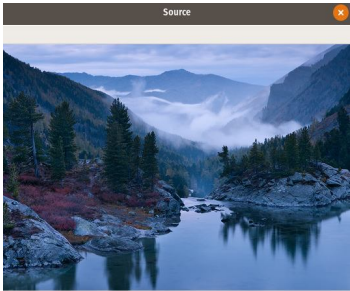
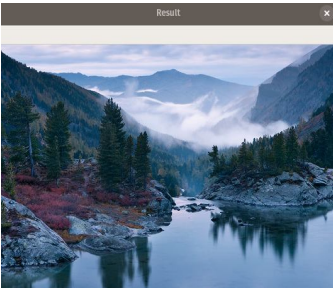
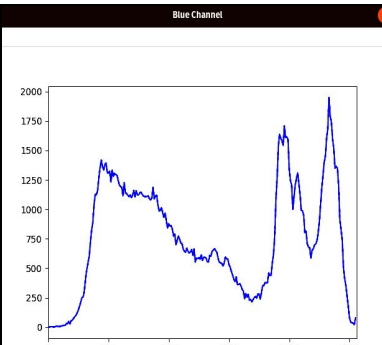
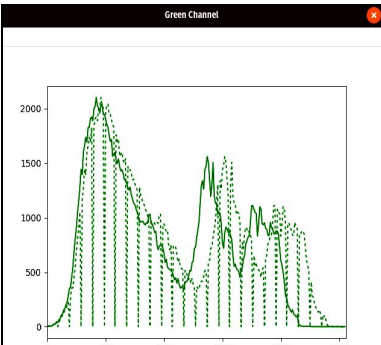
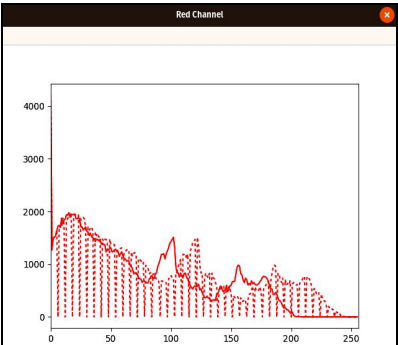
Таблица 1 – Processing method – «Gray World»



Таблиця 2 – Processing method – «Perfect Reflector»

		Channel name	Mean square error (MSE)	Standard deviation $\sigma_{R,G,B}$	
		Blue channel	2.15407	1.46767	
		Green channel	83.04019	9.11263	
		Red channel	74.05681	8.60562	
			Color balance vector $\sigma_{\Sigma} = 12.619$		

Таблиця 3 – Processing method – «Autolevels»

		Channel name	Mean square error (MSE)	Standard deviation $\sigma_{R,G,B}$	
		Blue channel	0.00000	0.00000	
		Green channel	80.04215	8.94662	
		Red channel	76.05679	8.72105	
			Color balance vector $\sigma_{\Sigma} = 12.494$		

Таблиця 6 – Модуль вектора цветового балансу

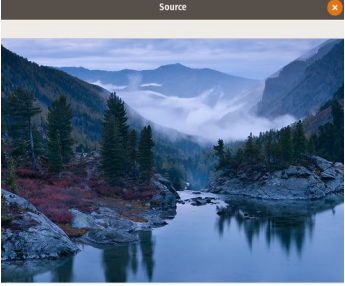
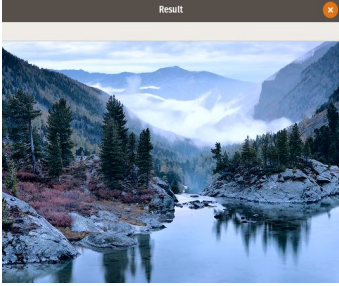
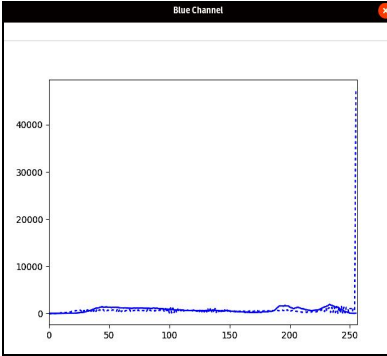
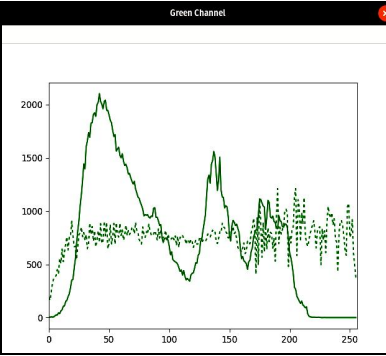
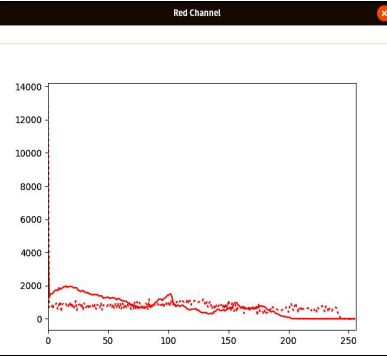
Processing method	Color balance vector σ_{Σ}
Gray World	14.928
Perfect Reflector	12.619
Autolevels	12.494
Equalization	17.985

Заключення

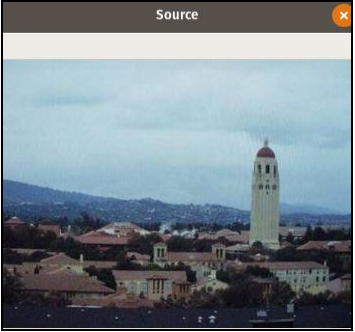
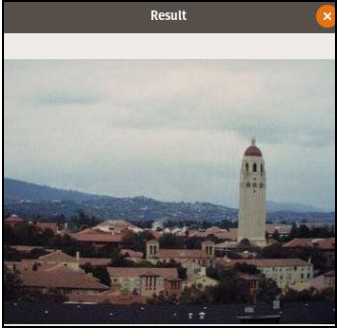
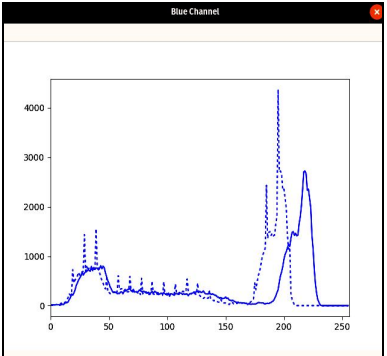
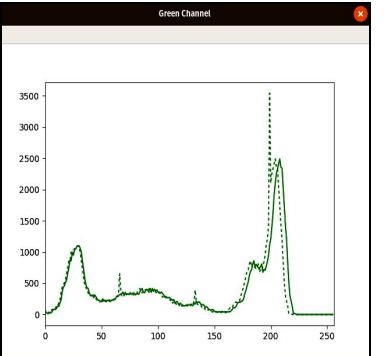
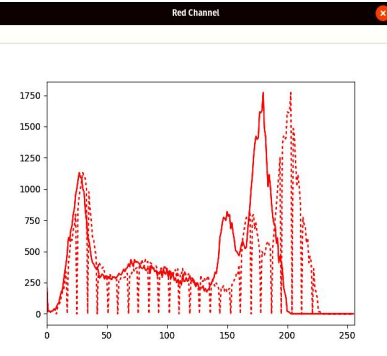
Предложена новая методика и алгоритмы цветовой коррекции web-камер стереопары в системах бинокулярного зрения. Экспериментально проана-

лизирована эффективность их использования. Создано программное обеспечение на языке Python с использованием ресурсов библиотеки OpenCV, позволяющее реализовать работу этих алгоритмов в реальном времени. Предусмотрена возможность адаптации работы программы к различным изменениям условий освещения сцены. Использование этих результатов дает возможность повысить качество работы систем бинокулярного зрения при решении различных задач как стереовизуализации, так и стереосопоставления.

Таблиця 4 – Processing method – «Equalization»

		Channel name	Mean square error (MSE)	Standard deviation $\sigma_{R,G,B}$	
		Blue channel	110.50516	10.51214	
		Green channel	110.10154	10.49293	
		Red channel	102.85079	10.14153	
			Color balance vector $\sigma_2 = 17.985$		

Таблиця 5 – Processing method – «Gray World»

		Channel name	Mean square error (MSE)	Standard deviation $\sigma_{R,G,B}$	
		Blue channel	110.11258	10.49345	
		Green channel	7.71392	2.77739	
		Red channel	82.72612	9.09539	
			Color balance vector $\sigma_2 = 14.161$		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Использование web-камер в качестве источника потока стереопар / С. И. Протасов, С. Д. Кургалин, А. А. Крыловецкий // Воронеж, Вестник ВГУ, Серия: системный анализ и информационные технологии, 2011, № 2
2. Цифровая обработка изображений как сигналов. Компьютерная графика, лекция, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.myshared.ru/slide/529382/>
3. Методы цветокоррекции стереовидео / В. Людвиченко // Video Group CS MSU Graphics & Media Lab (Video Group), [Электронный ресурс]. – Режим доступа www.compression.ru/video/
4. Калибровка камеры в программе Camera Calibration Toolbox for Matlab, [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/
5. Linda G. Shapiro and George C. Stockman (2001). Computer Vision. Prentice Hall. pp. 580.

6. Стереореко́нструкція / А. Конушин [и др.] // МГУ, ВМиК. – 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://courses.graphicon.ru/main/vision2008>.
7. Функции стереозрения в OpenCV / А. Кручинин, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docplayer.ru/53282398-Funkcii-stereozeniya-v-opencv.html>
8. Методы формирования изображений стереопары с заданным значением параллакса / В. Г. Чафонова, И. В. Газеева, Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics 2014, № 6 (94), Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, Санкт-Петербург, 191119, Российская Федерация, vi777@nextmail.ru
9. Joseph Howse, Joe Minichino, Learning OpenCV 3 Computer Vision with Python - Second Edition, Packt Publishing, September 2015, Packt Publishing, ISBN: 9781785289774
10. Saurabh Kapur, Computer Vision with Python 3, Packt Publishing, August 2017, ISBN: 978-1-78829-976-3.
11. Prateek Joshi, OpenCV with Python By Example, Packt Publishing, September 2015, ISBN: 978-1-78528-393-2..
12. Библиотека компьютерного зрения OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorial/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html.
13. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс] / А. В. Бовыкин [и др.] – Электрон. текстовые данные. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 515 с. – Режим доступа: <http://www.iprbooksshop.ru/39564/>
14. OpenCV на python: поиск цветного объекта / О. Евсегнеев, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://robotclass.ru/tutorials/opencv-moments-color-object-search/>
15. Гистограмма рисования в OpenCV with Python, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://qaru.site/questions/371882/drawing-histogram-in-opencv-python>
16. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение / под ред. А. Л. Бызова. // М.: Мир, 1990. – 172 с

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. В. Козелков,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 28.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.04.2019

Розробка методів і засобів колірної корекції web-камер в системах бінокулярного зору

К. Ю. Дергачов, Л. О. Краснов, О. О. Челядін, О. В. Плахотний

Предмет вивчення. У статті запропоновано нові методи і засоби колірної корекції web-камер в системах стереозору з метою підвищення якості їх роботи. **Метою** є порівняльний аналіз показників якості відомих методів корекції кольору і розробка нової методики і робочих алгоритмів спільної процедури колірної корекції та ректифікації фреймів відеопотоку лівої і правої камер. **Завдання:** Ставилось завдання провести теоретичний аналіз показників якості відомих алгоритмів корекції кольору, розробити нові робочі алгоритми, програмні коди цих алгоритмів написати на мові Python з використанням необхідних функцій OpenCV. Провести експериментальні дослідження цих алгоритмів. Оцінити ефективність роботи стереосистеми в лабораторних умовах, а достовірність отриманих результатів перевірити методами статистичного аналізу. **Використовувані методи:** порівняльний аналіз відомих методів і алгоритмів шляхом статистичного моделювання, синтез нових алгоритмів і оцінка ефективності їх роботи шляхом проведення лабораторних натурних випробувань. **Отримані результати:** проведено порівняльний аналіз ефективності роботи відомих методів колірної корекції камер стереосистеми, запропоновані нові більш ефективні алгоритми для вирішення цього завдання. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів: створено нові алгоритми корекції колірної балансу web-камер, використовуваних в стереоскопічних системах технічного зору, що відрізняються високою точністю колірної корекції і працюють в реальному масштабі часу з застосуванням функцій бібліотеки OpenCV в програмному середовищі Python.

Ключові слова: стереоскопічні системи технічного зору; колірна корекція зображень відеопотоку web-камер стереосистеми; спільна ректифікація і колірний баланс лівого і правого камер.

The method and tools development for web-cameras color correction in binocular vision systems

K. Dergachov, L. Krasnov, O. Cheliadin, O. Plakhotnyi

Subject of study. The article proposes new methods and tools for color correction of web-cameras in stereo vision systems in order to improve the quality of their work. The goal is a comparative analysis of well-known color correction methods quality indicators and the development of a new methodology and working algorithms for the joint procedure for color correction and rectification of left and right cameras video frames. **Objectives:** The task was to carry out a theoretical analysis of well-known color correction algorithms quality indicators, to develop new working algorithms, write algorithms program code using Python with needed OpenCV functions. Conduct experimental study of these algorithms. Evaluate stereo system performance in a laboratory, and test the reliability of the results obtained using statistical analysis methods. **Methods used:** Comparative analysis of known methods and algorithms by statistical modeling, synthesis of new algorithms and evaluation their work effectiveness by conducting laboratory field tests. **The results obtained:** comparative analysis of the performance of known color correction methods of stereo cameras was carried out, new more efficient algorithms were proposed for solving this problem. **Findings.** Scientific novelty of the results: new algorithms for correcting the color balance of webcams used in stereoscopic vision systems have been created, featuring high color correction accuracy and working in real time using OpenCV library functions in Python software environment.

Keywords: stereoscopic vision systems; color correction of video streaming images of web-cameras of a stereo system; joint rectification and color balance of the left and right chambers.

Н. В. Ічанська, С. С. Сіровий

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВЕРСТКИ САЙТУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АДАПТИВНИХ СІТОК

Предметом нашого дослідження є вивчення методу швидкої верстки сайту за допомогою адаптивної сітки. У статті представлені матеріали щодо опису структури та переваг використання адаптивної сітки в сучасній верстці сайтів, а також розглянуто переваги застосування технології сіток при адаптуванні сайтів до мобільних платформ. В роботі показано необхідність та ефективність використання нових систем при розробці веб-сайту. В якості інноваційної системи авторами запропоновано адаптивні сітки, так звані “флекс-бокси”. Які підтримуються всіма браузерними і викликають професійний інтерес у великій кількості розробників. **Результати** – авторами сформовано перелік переваг та недоліків методу використання сіток, наведено рекомендації та аргументи щодо використання принципу “флекс-боксів” на практиці. Розглянуто загальну структуру побудови сіток на прикладі наочного макету, підкреслено роль сіток в дизайні сайтів, а також представлено код для відповідної реалізації. Авторами показано новизну, актуальність, ефективність використання системи сіток та потужність потенціалу “флекс-боксів”. Одним із акцентів роботи є те, що система сіток має високу ступінь мобільності і може бути використана повторно в нових проектах. **Висновок** – у роботі запропоновано метод верстки сайту на базі адаптивних сіток дозволяє користувачеві підвищити швидкість технології верстки сайту, спростити розробку окремих елементів макету сайту, надати HTML коду більш логічного, зрозумілого вигляду, покращити дизайн сайту, використати можливість адаптування сайту під різні платформи. Авторами в роботі наведено приклади коду сайту для відповідної реалізації.

Ключові слова: верстка, адаптивна сітка, HTML, CSS, 960 Grid System, Grid Layout, флекс-бокси, Бернерс-Лі, фронт-енд, фреймворки, адаптація.

Вступ

Аналізуючи структуру різних сайтів можна прийти до висновку, що на сьогоднішній день існує велика кількість сучасних методів побудови сайту. Розробник при створенні сайту стає перед вибором інструментів для побудови сайту. Від правильності вибору інструментів залежить швидкість верстки сайту, а значить і час який витрачає розробник на цю роботу. Тому вибір набору інструментів для створення сайту є важливою та актуальною задачею.

Метою роботи є якісний аналіз існуючих технологій веб-розробки та рекомендації для користувача по вибору інструментів для верстки сайту. А саме доцільність застосування методу адаптивних сіток для підвищення швидкості технології верстки сайту.

Аналіз проблеми та постановка задачі. Початок зародження Web-індустрії можна охарактеризувати однією спільною властивістю: всі сайти мали спільну структуру. Їх конструкція зазвичай складалась з двох блоків: колонки з контентом та сайд бару [1].

Британський вчений Тім Бернерс-Лі, розробник Інтернету та мови програмування HTML [2] розв’язував задачу оптимізації процесу зберігання і збору інформації. Якісне розв’язання саме цієї задачі було дуже важливе і на швидкості верстки та дизайні сайту перший розробник Інтернету не акцентувався. Тоді це був великий прорив, користувачі отримали нову можливість отримання інформації. Сучасного ж користувача цікавить не тільки можливість використання Інтернету, а й візуальне відображення сайту. Дизайн сайту став важливий і для розробників [3]. Чим складніше був дизайн, тим більше забруднювався сам код, через що редагувати такі сайти було важко, навіть досвідченим професіоналам. Згодом це призвело до необхідності вдоско-

налення дизайну сайту та підвищення швидкості його верстки [4].

Наступним кроком в розвитку сайтобудування стала поява каскадної таблиці стилів. За допомогою мови CSS з’явилась можливість структурувати сайт набагато швидше й простіше. Нові технології дозволяють розробляти різноманітні варіанти оформлення дизайнів [5-7], що підштовхнуло індустрію до створення складних, громіздких рішень. Згодом, така тенденція призвела до появи фреймворків [8], а з ними й перших адаптивних сіток, одною з яких є “960 Grid System”. На сьогоднішній день використання адаптивних сіток є не тільки зручним методом верстки сайту, але і необхідністю.

Виклад основного матеріалу

Охарактеризуємо адаптивні сітки, а саме перерахуємо переваги та недоліки системи.

Переваги:

- збільшення швидкості верстки;
- спрощення розробки окремих елементів макету;
- HTML код набуває більш логічного та зрозумілого вигляду;
- технологія широко підтримується дизайнерами;
- присутня можливість адаптування під різні платформи.

Недоліки:

- створення додаткових CSS файлів;
- наявність зайвих строк коду, які не використовуються в даному макеті.

Система адаптивних сіток має певні недоліки, але кількість переваг робить її необхідною для використання, а значить цікавою для розробника та користувача.

Наочне зображення системи в макетах за допомогою демонстративних ліній (рис. 1) [9] допомагає

розробнику зрозуміти логіку побудови макету сайту, що створено дизайнером.

Зауважимо, що більшість макетів складаються з 12 або 16 колон і це не породжує проблем із застосуванням шаблонів CSS сіток.

Основна ідея методу адаптивних сіток базується на одному з найстаріших і фундаментальних принципів проектування: вирівнюванні.

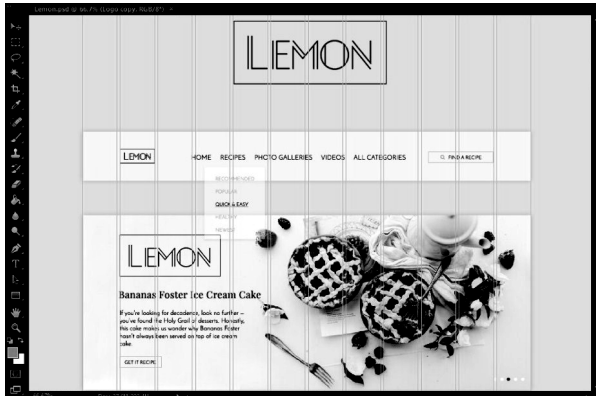


Рис. 1. Зовнішній вигляд макету з використанням сітки

Мозок людини звик спрощувати оточуючі речі, конвертуючи їх в більш зрозумілий вигляд та буде спрощену картину сприйняття. Простіше кажучи, чим простіший порядок речей в нашій голові, тим швидше наш мозок може визначити шаблон і рухатися далі. Сітки – гарний цьому приклад. Вони настільки впорядковані та організовані, що практично не вимагають додаткового осмислення. Чіткі, прямі границі орієнтування є принципово кращими ніж безмежний набір випадкових фігур (рис. 2).

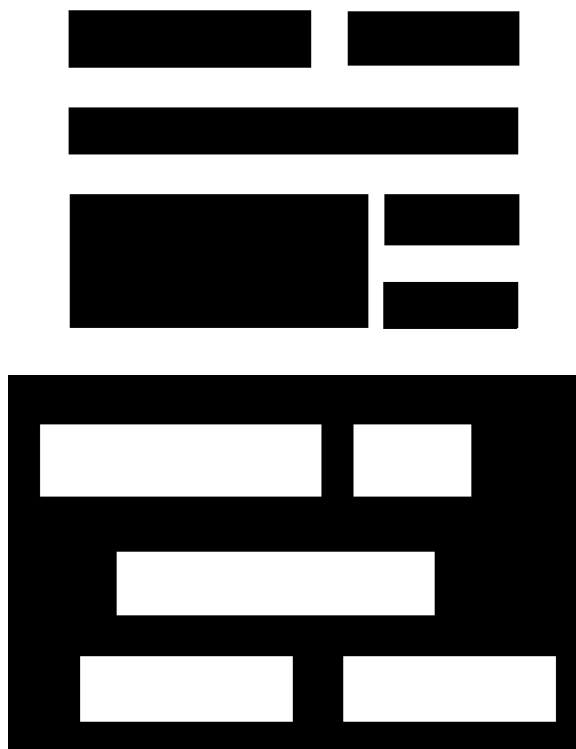


Рис. 2. Порівняння сіткового макету та хаотичного

Ми можемо миттєво розпізнати структуру, визнати її і рухатися далі. Нижня картинка рис. 2 візуально здається неврегульованою, бо у ній немає чіткої закономірності, порядку або цілі. Коли ми дивимося на щось, наші очі намагалися за доли секунди знайти закономірність, що збільшує час, необхідний нам, щоб оцінити картину в цілому. Отже, розроблюючи систему сіток для Web-застосування в першу чергу планувалося створити порядок на сторінці. Але навіть якщо виникає необхідність розробити хаотичний дизайн – набагато швидше буде використати систему сіток.

Існує велика кількість фрейворків для створення макетів сайтів. Опишемо одну з перших бібліотек – “960 Grid System”.

960 Grid System – надає можливість швидкого і простого способу створення макетів на основі сітки за допомогою CSS шляхом надання протестованих на сумісність з браузерами і оптимізованих встановлених розмірів стовпців. Найсучасніша версія CSS дозволяє розробляти веб сторінку не вдаючись до громіздких математичних обчислень. Наприклад, якщо вам потрібно задати контейнер шириною в 1000 пікселів, і ви хочете поділити його на три стовпці, він матиме розмір 333,3 пікселя на стовпець, що не є зручним числом. Крім того, стовпці повинні бути розділені, інакше їх вміст зіллється – через що потрібно буде додати відступ. Якщо ще додати відступ в 10 пікселів з кожного боку кожного стовпця, ми повинні додатково відняти по 20 пікселів від ширини кожного стовпця. З цього ми матимемо 3 стовпці приблизно по 313 пікселів з шириною і відступом в 10 пікселів з кожного боку. Попри все, ми отримаємо 999 пікселів, а не 1000. Проблеми виникають тоді, коли розробнику потрібно підрахувати 4, 5, 6 и т.д. стовпців. В такому випадку, при необхідності вивести 4 стовпці ви повинні почати весь процес підрахунків з початку і відняти 80 пікселів відступу від 1000 пікселів загальної ширини, а потім 920 пікселів розділити на 4, щоб отримати ширину стовпців в 230 пікселів. Це є досить зручним.

960 Grid System [10] – це простий спосіб створювати макети сайтів з використанням сітки, яка має ширину 960 пікселів. Головний принцип полягає в тому, що число 960 дає можливість для створення великої кількості варіантів розбивки на стовпці і відповідні відступи, використовуючи при цьому лише цілі числа. Ці варіанти чудово вписуються в більшість розширень екранів. Ця система використовується у двох основних варіантах: сітка з 12 (складається з 12 стовпців розміром 80 пікселів з урахуванням відступів) та 16 (кожній стовпець має розмір 60 пікселів) стовпцями. За відступ прийнято брати 20 пікселів. Якщо використовуючи цю систему ми захочемо поділити секцію на дві умовні частини, її структура буде мати вид: $460\text{ px} + 20\text{ px} + 460\text{ px} + 20\text{ px}$. В результаті ми отримаємо два рівні блока.

Розглянемо систему Grid Layout (рис. 3). Задаємо контейнер, він має розмір 960 пікселів та 3 складові: ряди (1), стовпці (2) та відступи (3).

Ряди потрібно брати так, щоб колонки не перекривали одна на іншу. Сітки будуються за допомогою

властивості «float», тому якщо загальна ширина блока більше за 100%, то елемент з властивістю float буде перенесено в інший рядок. Якщо одна з колонок вище за іншу, то вони можуть перекривати одна одну. Тому при використанні методу потрібно кожні декілька колонок обернути в окремий елемент, він і є наш рядок. За допомогою стовпців ми можемо задавати ширину секторів. Відступи – це вільний простір між стовпцями, зроблений задля відокремлення границь між блоками. Без них текст, картинка та інші елементи об'єднанні в структури будуть прилипати. Щоб не задавати додаткові відступи кожному з елементів нашого контейнера, використовуємо відступи в сітці. Іноді розробники мають задачу зверстати сайт по макету без відступів, тоді можна використати окремий клас, прописаний на такі випадки. Як правило, заготовка властивостей сітки містить реалізацію під різні випадки. Цей підхід збільшує кількість зайвого коду, але сильно пришвидшує верстку за рахунок: готової заготовки під любий дизайн сайту, котрий не потрібно заново вигадувати для кожного нового макету; наявності різних додаткових класів на випадок зміни в дизайні. При цьому не потрібно змінювати всю структуру сайту з самого початку, а лише додати відповідні класи в HTML.

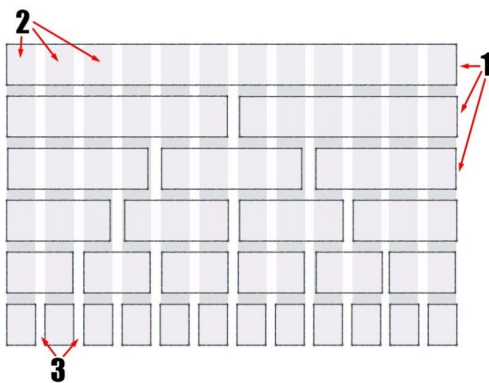


Рис. 3. Структура сіткового макету

Використання цієї системи дає можливість поділу блоків на нерівні частини. Тобто ми можемо задати блоку будь-яку кількість стовпців в межах 12, а сусідньому елементу його різницю. Наприклад, 5 і 7, або 3 і 9 та інші. За рахунок чіткої розбивки відступів ми завжди матимемо логічний та коректний дизайн.

Адаптація. Приклад використання

Ідея сіток є точним механізмом, котрий спрощує розробку сайту, але за рахунок використання точних значень можуть страждати адаптивні версії [11]. Для розв'язання цієї проблеми розроблено – плаваючу сітку. Сітки є фіксовані та плаваючі [12]. На сьогоднішній час всі бібліотеки швидкої розробки сайту використовують плаваючий тип сіток, бо вони є більш зручніші при адаптації сайту. Головна різниця плаваючої сітки від гнучкої полягає в використанні інших одиниць. Елементами фіксованої сітки є пікселі, а плаваючої – відсотки. Працюючи з відсотками при зменшенні розмірів екрану чи користуючись мобільною платформою, на сайті не буде

з'являтися горизонтальна прокрутка і користувач не побачить всіх елементів сітки. При побудові сіток важливо враховувати розподільну здатність екрану. Корисно при створенні сітки використовувати заготовку готових властивостей. Для цього краще брати окремий CSS файл та підключити його за правилом “@import”.

Наприклад, @import “назва документа”.

Наведемо приклад побудови сітки. Задамо властивості елементів структури сітки. Для рядків:

```
row{display: flex; // зміст елемента згідно
флекс-моделі.
flex-wrap: wrap; // елементи шикуються в кі-
лька рядків} та задаємо відступ між рядками:
.row + .row{margin-top: 30px;}
Одразу задаємо властивості для відступів:
.row{margin-left: -30px;}
.row > [class*='col-']{padding-left: 30px;}
```

Задаємо властивості для стовпців. Якщо розмір в 6 стовпців, то використовуємо клас “col-6”, де запишемо розмір 50%. Фрагментом запису буде:

```
...
.col-7{width: 58.33%;}
.col-6{width: 50%;}
.col-5{width: 41.66%;}
...
```

Для прикладу розглянемо запис коду HTML. Задача розбити секцію на три частини.

```
<section class="НазваСекції">
  <div class="container">
    <div class="row">
      <div class="col-4">...</div>
      <div class="col-4">...</div>
      <div class="col-4">...</div>
    </div>
  </div>
</section>
```

Завдяки заготовці лише змінюючи назву класів можемо керувати розмірами блоків, але потрібно пам'ятати, що при використанні заготовки з 12 стовпцями сумарна кількість колонок не повинна перевищувати це число.

Висновки

Використання методу адаптивних сіток з кожним роком набуває все більшої популярності серед дизайнерів та розробників сайту.

Метод дозволяє значно прискорити процес верстки сайту. За рахунок створення бібліотек для швидкої розробки макетів технологія верстки сайту значно прискорюється. Зауважимо, що бібліотека створення для макету конкретного сайту може бути використана і для макетів інших сайтів. Система сіток має простий та логічний принцип побудови структури сайту, покращує дизайн сайту та суттєво спрощує адаптування сайту під мобільні платформи.

Отже, метод адаптивних сіток є досить зручним та практичним інструментом для розробника, має багато переваг в порівнянні з іншими методами хоча і має незначні недоліки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сетки без заморочек. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/149816/>.
2. История создания сайтов - с чего все начиналось. – Режим доступу до ресурсу: <https://nischenko.ru/polezno-pochitat/istoriya-sozdaniya-sajtov-s-chego-vse-nachinalos.html>.
3. Ічанська Н.В., Моргун Р. Ю. Система керування контентом як основа для створення інтернет-ресурсів // Тези 12 міжн. НТК “ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ”, 12 – 13 грудня 2018 року, Київ, ДУТ, 2018. – С. 79-80.
4. Ічанська Н.В., Моргун Р.Ю. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ТУРИСТИЧНОГО САЙТУ // Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: збірник наукових праць за матеріалами IV Міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 листопада, 2018 р. / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Полтава: ПолтНТУ, 2018. – с. 43-45.
5. Ichanska N., Gritsenko A., Shefer V. Development of software service for sale of vehicles // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 4 (50). – С. 105-108. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.4.105>.
6. Ichanska N.V., Podoshvelev Yu.G., Smitskiy O., Rybachenko K. A quality selection of software to build a service of electronic equipment sales. - Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПолтНТУ, 2018.– № 3 (49). – С. 111-116.
7. Шефер О. В., Пугач М. В., Скрильчик О. М. Алгоритм ідентифікації нелінійних технічних систем за вимірними даними // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2005. Вип. 3 (32). – С. 203-206.
8. CSS-фреймворк википедия. – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CSS-фреймворк>.
9. PSD макеты для верстки сайтов. – Режим доступу до ресурсу: <https://tpverstak.ru/psd-mockups/>.
10. 10. 960 Grid System - это очень просто. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.internet-technologies.ru/articles/960-grid-system-eto-ochen-prosto.html>.
11. Гибкие сетки в CSS. – Режим доступу до ресурсу: <https://idg.net.ua/blog/uchebnik-css/razmetka-css/adaptivnyj-dizajn/gibkie-setki>.
12. Кедлек Т. Адаптивный дизайн. Делаем сайты для любых устройств. – 2013 – С. 39-42.

Рецензент: д-р техн. наук, доц. О. В. Шефер,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Полтава
Received (Надійшла) 17.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Модернизация верстка сайта путем использования метода адаптивных сеток

Н. В. Ичанская, С. С. Сировый

Предметом нашего исследования является изучение метода быстрой верстки сайта с использованием адаптивной сетки. В статье представлены материалы, описывающие структуру и преимущества использования адаптивных сеток в макете сайтов, а также рассматриваются преимущества использования технологии сеток при адаптации сайтов к мобильным платформам. Работа показывает необходимость и эффективность использования новых систем при разработке сайта. В качестве инновационной системы авторы предложили адаптивные сетки, так называемые “флексы-боксы”. Которые поддерживаются всеми браузерами и вызывают профессиональный интерес у большого количества разработчиков. **Результаты** - авторы описывают все достоинства и недостатки использования метода сеток, дают рекомендации и аргументы по применению принципа “флексы-боксов” на практике. Рассмотрено общая структура построения сетки на примере визуального макета, подчеркнута роль сетки в дизайне сайтов и представлено код для соответствующей реализации. Авторы подчеркивают новизну, актуальность, эффективность использования технологии сеток и возможности флекс-боксы. Одним из акцентов является то, что эта система обладает высокой степенью мобильности и может быть повторно использована в новых проектах. Вывод - в работе предложен метод верстки сайта на основе адаптивных сеток, позволяющий пользователю улучшить технологию верстки сайта, упростить разработку отдельных элементов сайта, обеспечить более логичный и понятный HTML-код, улучшить дизайн сайта, использовать возможность адаптации сайта под различные платформы. Авторами работы приведены примеры кода сайта для реализации.

Ключевые слова: верстка, адаптивная сетка, HTML, CSS, Grid System 960, Grid Layout, Flexboxes, Бернерс-Ли, front-end, фреймворки, адаптация.

Modernization the site ways technology by using the adaptive sites method

N. Ichanska, S. Sirovyi

The subject of our research is the study of the method of fast site layout using an adaptive grid. The article presents materials describing the structure and advantages of using adaptive grids in the site layout, and also discusses the advantages of using grid technologies when adapting sites to mobile platforms. The work shows the need and efficiency of using new systems in the development of the site. As an innovative system, the authors proposed adaptive grids, the so-called “flexible boxes”. Which are supported by all browsers and cause professional interest from a large number of developers. **Results** - the authors describe all the advantages and disadvantages of using the grid method, give recommendations and arguments for the application of the principle of “flexible boxes” in practice. The general structure of the grid is considered by the example of a visual layout, the role of the grid in site design is emphasized, and the code for the corresponding implementation is presented. The authors emphasize the novelty, relevance, efficiency of the use of grid systems and the possibility of flex-boxing. One of the accents is that this system has a high degree of mobility and can be reused in new projects. **Conclusion** - the site proposed a method of layout based on adaptive grids, allowing the user to improve the layout technology of the site, simplify the development of individual elements of the site, provide a more logical and understandable HTML code, improve the site design, use the ability to adapt the site for different platforms. The authors of the work provide examples of the site code for implementation.

Keywords: layout, adaptive grid, HTML, CSS, 960 Grid System, Grid Layout, Flexboxes, Berners-Lee, front-end, frameworks, adaptation.

Д. О. Клименко, О. А. Руденко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ВЕБ-ДОДАТОК ДЛЯ СЕРВІСУ СКЛАДАННЯ РАЦІОНУ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ

У статті обґрунтована необхідність створення веб-додатку, що об'єднує процеси складання здорового раціону харчування з урахуванням потреб людини та доставки продуктів. Проведено аналіз проблем автоматизації та інформатизації в Україні звичних для людини повсякденних справ, таких як забезпечення продуктами харчування, складання правильного раціону. Розглянуте питання актуальності даної проблеми, на основі якої проведено аналіз існуючих сервісів доставки продуктів в Україні. Були виявлені ключові недоліки та функції, яких не вистачає у кожному з них. Проведено аналіз дизайнів кожного ресурсу задля створення більш сучасного інтерактивного сервісу, який би задовольняв не тільки функціональні потреби користувачів, а й позитивно впливав на психоемоційний стан людини. Розглянуте питання зі створення сучасного веб-додатку, який поєднає в собі функції вибору продуктів харчування відповідно до насиченості поживними речовинами та калорійністю і реалізує можливість доставки обраних товарів до клієнта. Представлені та аргументовані вимоги до дизайну ресурсу та інтерактивних елементів на сторінці. Визначено функції веб-сервісу, вимоги до контенту та програм для реалізації проекту. Веб-додаток розроблено за допомогою сучасних веб-технологій, що цілком відповідають прописаним специфікаціям. Визначені умови до адаптації та кросбраузерності додатку, задля можливості доступу до нього з усіх можливих пристроїв. Описано послідовність програмної реалізації веб-сервісу: розмітка, стилізація ресурсу, розробка модуля логіки та модуля інтерактивності. Сформульовано вимоги до програмного коду. Особливу увагу приділено функціональним можливостям ресурсу, аналогів яких, на українському ринку, знайдено не було, а саме, можливості обирати конкретні продукти, відповідно до вмісту в них поживних елементів, можливості бачити загальну калорійність продукту, відповідно до обраної ваги, та функцію зручного оформлення доставки замовлення, з можливістю додавання власного коментаря клієнта, що дозволяє приділити особливу увагу кожному замовнику та підвищити якість надання послуг у сфері продажу товарів.

Ключові слова: веб-додаток, здорове харчування, сервіс, дизайн, кросбраузерність, веб-технологія, програмний код, програмний модуль, веб-сервіс.

Вступ

Актуальність роботи. Одним з головних завдань, що стоїть перед сучасним суспільством є завдання збереження здоров'я людини та піклування про її організм у цілому. Кожна людина – це індивідуальна біологічна система, яка має певні особливості, неповторний склад клітин та вподобання, які властиві лише їй.

Здорове харчування є однією з найголовніших складових для гарного самопочуття, стабільного розвитку тіла та чудового настрою. Тож досить актуальною є проблема вибору належного раціону, оскільки кожен із нас потребує свою добову норму калорій, білків, жирів та вуглеводів.

Неможливо уявити життя сучасної людини без допомоги технологій та програмних засобів, зокрема популярних веб-сервісів. Кількість різноманітних послуг, у мережі Інтернет, зростає з кожним днем, тим самим витісняючи їх з реального та звичного нам життя [1–10]. Однією з таких послуг є закупівля продуктів харчування, за якими немає потреби ходити до магазину, адже їх можуть доставити до вашої квартири.

На даний час, для багатьох людей є актуальним питання, щодо піклування про своє здоров'я, яке напряму пов'язане з раціоном харчування. На жаль, не всі люди мають змогу звернутися до фахівця, а саме дієтолога, щоб спланувати правильне меню на день, яке у достатній кількості буде містити добову норму калорій та поживних речовин. Для цього існують спеціальні онлайн-сервіси, що вирішують цю задачу. Але не вдалося віднайти жодного ресур-

су, який би поєднав у собі функціонал доставки продуктів та обрахунок поживних речовин у добовому раціоні.

Постановка задачі. Задачею дослідження є проектування та програмна реалізація веб-ресурсу для складання раціону здорового харчування та доставки обраних продуктів до клієнта.

Призначення веб-сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів. Функціонал веб-ресурсу дає можливість вибору продуктів харчування, перегляду інформації, щодо вмісту в них поживних речовин, та замовлення доставки.

Метою створення веб-сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів є збільшення кількості якісних веб-ресурсів доставки продуктів здорового харчування, використовуючи які, користувач має змогу самостійно обирати та контролювати дотримання добової норми поживних речовин у складі кожного продукту.

Матеріали та результати досліджень

В Україні існує ряд сервісів, що мають за мету доставку продуктів одразу до клієнта. У мережі Інтернет можна знайти кілька веб-додатків для складання приблизного раціону харчування, з обчисленням кількості необхідних поживних речовин та калорій, відповідно до введених замовником параметрів, таких як: зріст, вага, активність протягом дня тощо. Наведемо приклади таких сервісів.

1 Веб-сайт для доставки продуктів харчування від мережі супермаркетів “Фуршет” (рис. 1, доступ: <https://takfur.com>).

2 Веб-сайт для доставки продуктів харчування від онлайн-супермаркету “Gastronom” (рис.2, до- ступ: <http://gastronom.com.ua>).

3 Веб-сайт для доставки продуктів харчування від інтернет супермаркету “Produktoff” (рис.3, до- ступ: <https://produktoff.com>).

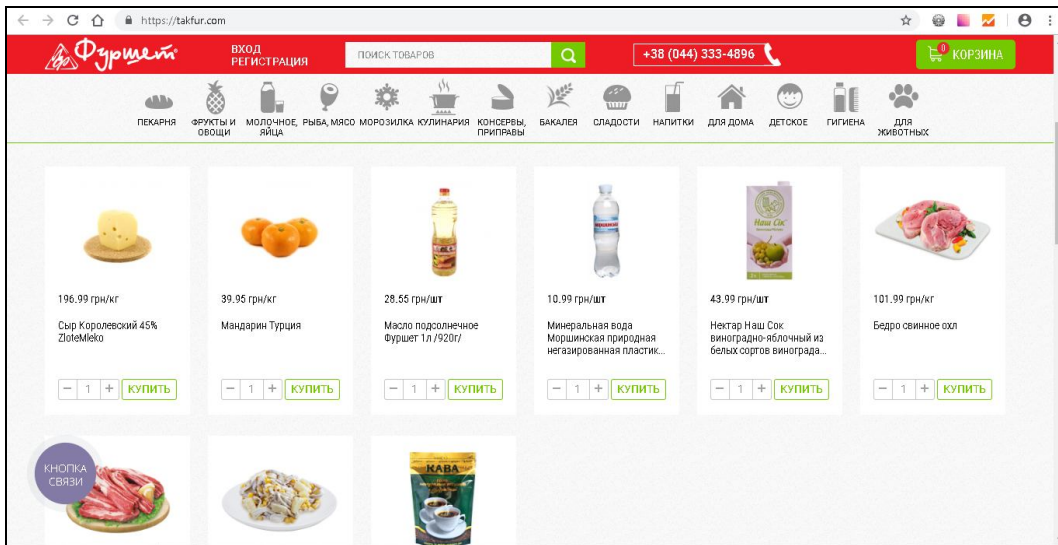


Рис. 1. Головна сторінка сервісу доставки продуктів харчування “Фуршет”

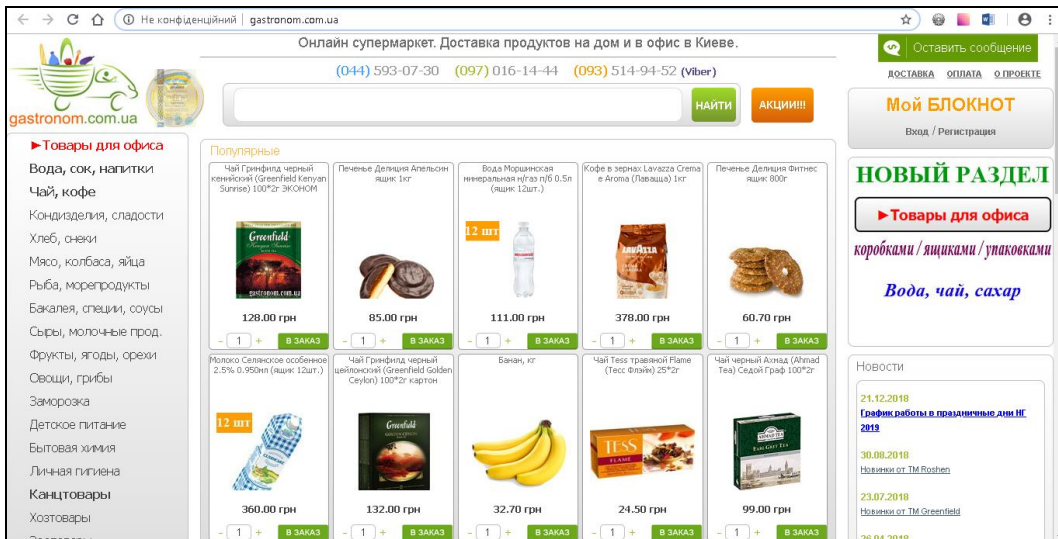


Рис. 2. Головна сторінка сервісу доставки продуктів харчування “Gastronom”

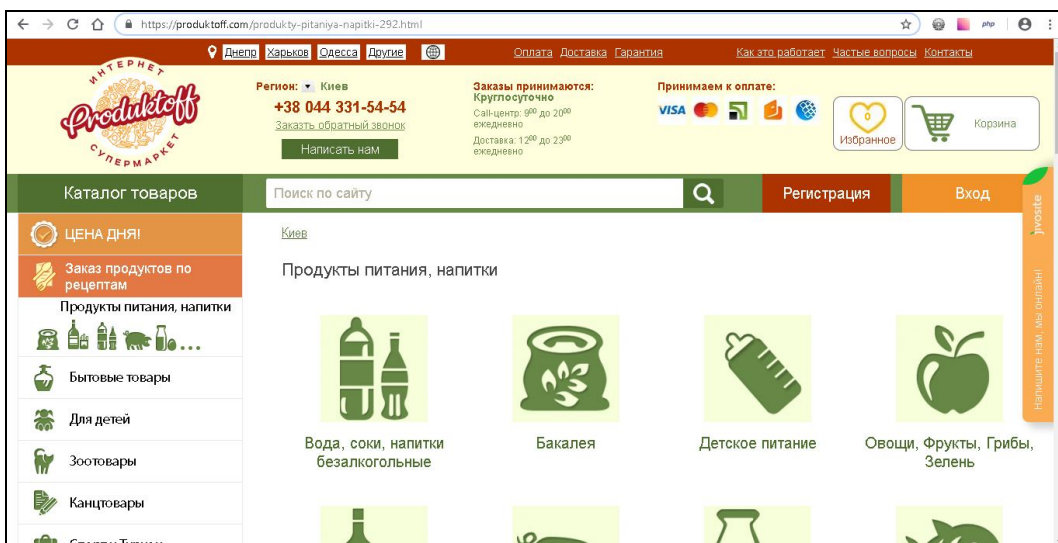


Рис. 3. Головна сторінка сервісу доставки продуктів харчування “Produktoff”

Не було знайдено жодного веб-ресурсу, який би поєднував у собі обидві функції: доставки продуктів та складання раціону з переглядом його калорійності. Тому було прийнято рішення про створення такого ресурсу, який буде сучасним та зручним у використанні як для користувачів, так і для адміністраторів. **Дизайн веб-ресурсу має відповідати таким вимогам:**

- інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс;
- графічне оформлення виконано в зелених кольорах, що заспокоюють користувача, сприяють зниженню емоційного напруження, якщо людина раніше не використовувала даний ресурс;
- наявність слайдерів для економії місця на веб-сторінці та подання інформації в нестандартному вигляді;

– дизайн повинен застосовувати hover ефекти (ефекти при наведенні миші на відповідний елемент) для демонстрації інтерактивності елементів на сторінці;

Вимоги до кросбраузерності та адаптивності.

Веб-ресурс повинен бути доступним для користувачів у всіх браузерах, таких як: Chrome, Safari, Firefox, IE, Opera. Адаптивність є найважливішою властивістю веб-ресурсу для коректного відображення на будь-яких пристроях та при будь-якій орієнтації екрану (альбомна або книжкова). Особливу увагу було приділено розробці ресурсу для мобільних пристроїв, оскільки більшість користувачів використовують пристрої з розподільною здатністю до 640 px (рис. 4).

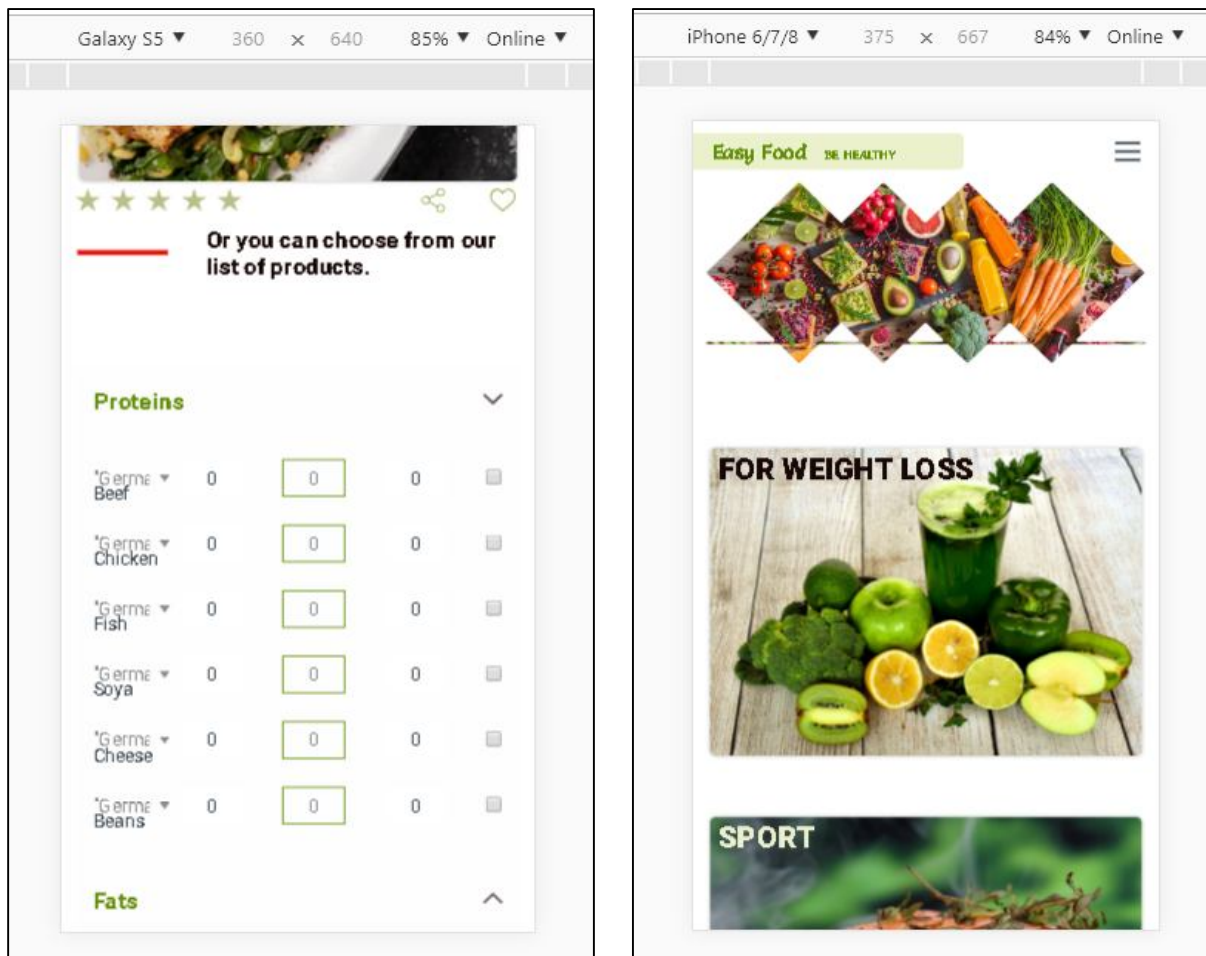


Рис. 4. Представлення адаптації веб-ресурсу для екранів до 640 px

Програмна реалізація веб-сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів. Сервіс реалізований за допомогою сучасного фреймворку Foundation, який містить стандарти таких мов програмування як HTML 5 (розробка розмітки для сервісу), CSS 3 (розробка дизайнерських рішень щодо стилізації сервісу) та JavaScript (розробка інтерактивності та логіки сервісу) [11]. Програмну реалізацію для проекту було обрано відповідно до популярних мов програмування, які застосовуються розробниками по всьому світу. Серед веб-програмістів існує тенденція застосування

різноманітних фреймворків, які написані за допомогою найпопулярніших інструментів для веб-розробки. Використання таких білдерів дозволяє значно полегшити роботу, оскільки тільки при заповненні змінних потрібними даними, готовність проекту буде складати 15% від усієї реалізації.

Розмітка веб-сервісу за допомогою відкритої платформи, призначеної для написання веб-додатків. Важко уявити хоча б один каркас веб-додатку без мови гіпертекстових посилань (HTML) [12]. Сучасним стандартом якої є п'ята версія, котра підкорила IT-ринок завдяки своїм нововведенням, а саме:

– можливістю запуску JavaScript програм у фоновому режимі;

– використанням баз даних SQL та кеш додатків для тимчасового зберігання даних;

– покращеними алгоритмами парсингу, які допомагають коректно обробити написаний код, що дає значні переваги в часі для розробника [13].

Стилізація ресурсу. Була реалізована за допомогою третьої версії каскадних таблиць стилів (CSS 3), що дозволяють програмісту не тільки якісно оформити контент, а й розробити якісний user-friendly продукт, відповідно до наданого дизайнером макету. Використання даного програмного засобу надає ряд суттєвих переваг.

1 Значна економія часу на розробку проекту. Написання стилів для кожного елемента займає чимало часу, особливо, якщо проект реалізується відповідно до складного та кастомного дизайну. Тож застосування каскадних таблиць стилів дає змогу написати код для подібних елементів лише один раз, а потім, за допомогою відповідних класів, присвоїти їх іншим подібним структурним частинам.

2 Використання загальноприйнятих веб-стандартів. У наш час світовий ринок, який спеціалізується на веб-розробці, майже відмовився від використання html-атрибутів стилізування. Це дозволяє покращити якість коду та відокремити стилі від розмітки, перемістивши їх в окремий файл.

3 Більше можливостей. CSS має широкий спектр атрибутів для стилізації веб-додатків, що робить його унікальним інструментом, від якого залежить зовнішній вигляд веб-додатку.

4 Швидке завантаження сторінок. При використанні каскадних таблиць немає потреби постійно повторювати html-атрибути для стилізації, таким чином зменшується кількість коду і браузері мають змогу швидше його відобразити [14].

Розробка модуля логіки веб-сервісу. Логіка та інтерактивність ресурсу реалізована за допомогою мультипарадигмної мови програмування JavaScript, яка є реалізацією мови ECMAScript. Дана мова має велику сім'ю бібліотек, таких як: React, React, jQuery, Gulp, D3.js, Angular, Vue.js, Ember.js та Mocha [15]. Даний проект використовує чистий JavaScript код, оскільки використання бібліотек та фреймворків не захищає від некоректного відображення та відсутності анімацій у старших версіях застарілих браузерів.

JavaScript інтерпретатор вмонтований до усіх сучасних браузерів, тому скрипти виконуються на відкритій сторінці, для економії часу завантаження сервісу.

Оскільки браузер завантажує скрипти поступово, це впливає на швидкість відображення контенту на сторінці вцілому, тобто поки не будуть виконані усі js-програми, користувач не має змоги переглянути інформацію на веб-сервісі, адже вона буде доступна тільки після її компіляції, яка здійсниться в останню чергу. Тому існує раціональне вирішення даної проблеми – асинхронне завантаження коду програм, написаних за допомогою JavaScript.

Існує декілька шляхів завантаження асинхронного js-коду на сторінці: `asunc` та `defer`. При використанні будь-якого з цих двох атрибутів, скрипти на сайті будуть завантажуватися асинхронно, але між даними способами є суттєва відмінність. Використовуючи атрибут `asunc`, браузер першим завантажить скрипт, який буде мати найменший розмір. Якщо ж обрати варіант з атрибутом `defer`, браузер також не буде затримувати відмалювку контенту ресурсу, але найпершим буде завантажений скрипт, який знаходиться першим у черзі, тобто який перший підключений до проекту. Саме тому в даному проекті з розробки веб-сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів було використано варіант асинхронного завантаження скриптів, з використанням атрибуту `asunc`.

Розробка модуля інтерактивності веб-сервісу. Сучасний веб-додаток повинен привернути увагу користувача та змусити його залишитися на ресурсі. Тому розробники намагаються збільшити кількість інтерактивних елементів, які мають привабливий зовнішній вигляд, сторінка стає “живою” та цікавою у використанні.

Яскравим прикладом інтерактивності є застосування слайдеру, на головній сторінці ресурсу. Даний модуль реалізовано завдяки плагіну `Slick Slider`, який має широкий спектр можливостей для управління слайдерами на веб-ресурсі. Таким чином розробник може застилізувати крапки переходів, щоб продемонструвати на якому слайді зараз знаходиться користувач, або ж додати стрілки переходів, щоб дати можливість клієнту самостійно гортати статті, які містять даний слайдер. У даному проекті розробки веб-сервісу “Easy food” реалізований слайдер з накладеною маскою-шаблоном, задля відображення фотокарток у нестандартній формі. Також за допомогою властивостей, які надає плагін, встановлене автопрогравання слайдів з конкретним проміжком часу зміни слайдів (рис. 5).

Інтерактивність ресурсу застосовується за допомогою зміни властивостей елементів, які можна переглянути або натиснути. Наприклад, це зміна кольору кнопок, посилань або відмітки про перебування на конкретній сторінці веб-додатку. Такі функції реалізуються за допомогою `hover`-ефектів, які прописуються додатково в CSS (каскадних таблицях стилів) або в коді програм з розширенням `.js`, відповідно до поставлених цілей проекту.

Ще однією особливістю інтерактивності є додавання карти, для швидкого пошуку місця знаходження офісів мережі доставки продуктів. В даному проекті цей програмний модуль реалізується за допомогою загальнодоступного плагіну від Google, а саме – `Google Maps`. Цей інструмент дозволяє:

– стилізувати карту відповідно до наданого дизайну;

– додавати кастомні маркери, для позначення офісів;

– обирати зону на карті, яка буде демонструватися користувачам;

– налаштовувати параметри переміщення карти тощо.

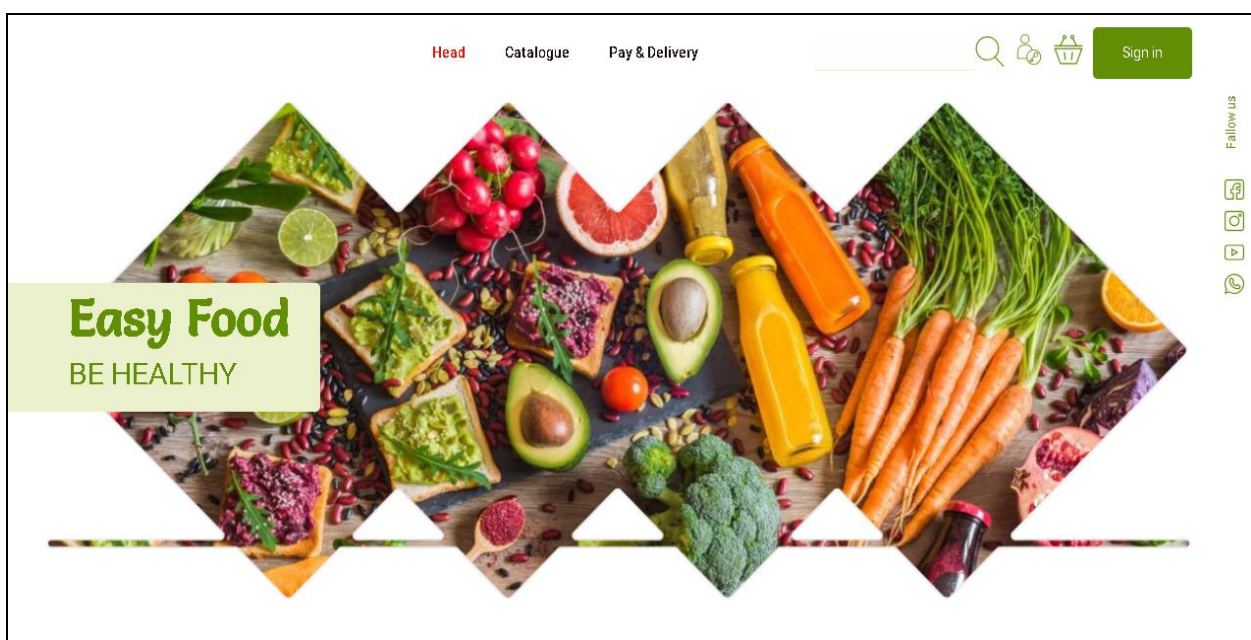


Рис. 5. Зображення головної сторінки сервісу

Вимоги до програмного коду веб-сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів. Програмний код містить циклічну структуру, оскільки додання нових товарів адміністратором сервісу можливе лише через HTML-шаблони.

Серед множини існуючих білдерів було обрано саме Foundation, який набирає популярність на світових просторах. Даний фрейворк має непросту структуру та розвиває частини проекту на відповідні блоки, які за допомогою Gulp, збираються у фінальні файли для відображення у вікні браузера. На жаль, даний інструмент не забезпечує усіх можливих варіантів збирання деталей, тому деякі функції розробники мають дописувати власноруч. В даному проєкті були дописані функції оптимізації коду,

стискання картинок та оптимізації програмних модулів інтерактивності, що використовують додатково вбудовані плагіни.

Функції класифікації раціонів у веб-додатку. Серед існуючих сервісів доставки їжі не було знайдено жодного, який би задовільняв функцію розподілу товарів, відповідно до приблизного раціону людини, наприклад класифікація товарів за такими групами як: для дітей, для діабетиків, для вегетаріанців тощо. Розроблений сервіс “Easy food” має таку можливість, що пришвидшує пошук потрібних корисних товарів (рис.6).

Найбільшою перевагою даного сервісу над іншими є можливість обрахування кількості калорій в індивідуальному продукті, в залежності від марки, яка його випускає.

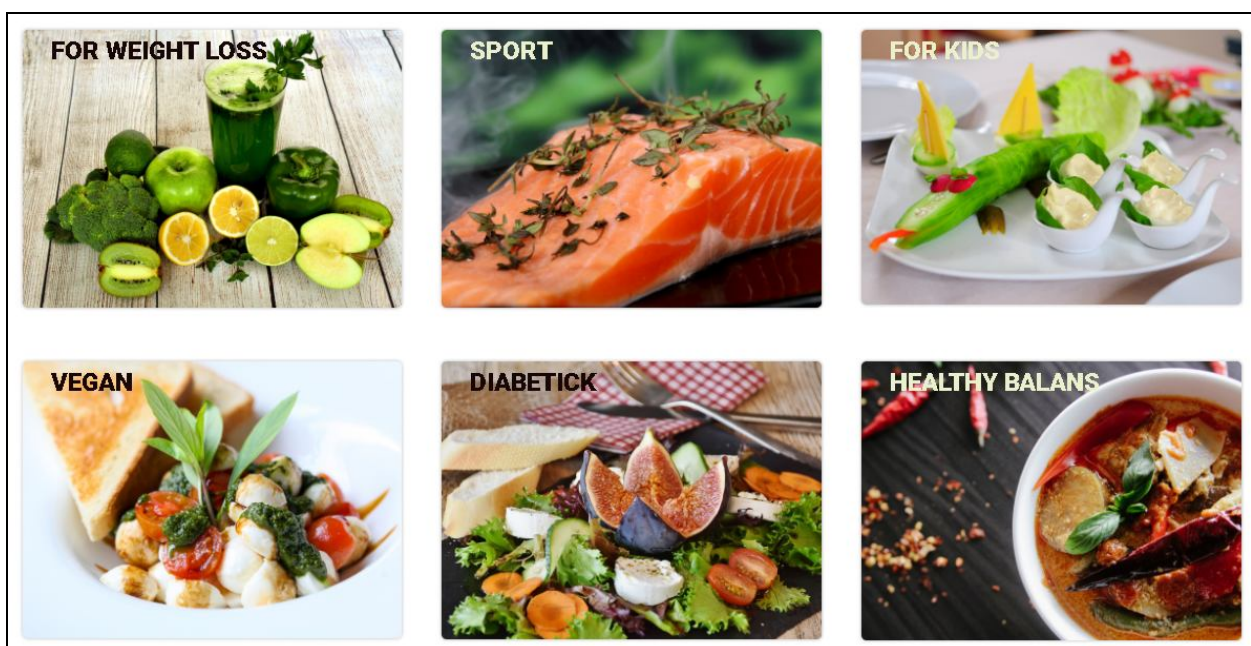


Рис. 6. Демонстрація класифікації товарів наявної доставки

Програмний модуль реєстраційної форми замовлення. Важливим модулем у даному сервісі є реєстрація користувачів та можливість вводу даних щодо доставки та способу оплати наданих послуг. Програмна реалізація здійснюється за допомогою відповідних html-тегів для створення форм на сайті. Кожна така форма має проходити перевірку на коректність введених даних, наприклад:

- всі обов'язкові поля мають бути заповнені;
- поле з номером телефону має містити лише цифри;
- у полях виробу повинен бути обраний один варіант, що задовольняє клієнта;
- поле електронної адреси має містити пошту користувача з символом “@”.

Також користувач має змогу залишити коментар до свого замовлення, щодо побажань часу доставки, особливостей пакування товарів тощо.

Представлений веб-сервіс орієнтований на людей, які не мають відношення до IT-сфери, тож задача полягає у створенні інтуїтивно-зрозумілого та простого в користуванні веб-сервісу, який здатен задовольнити потреби клієнтів. Варто зазначити, що даний ресурс має широкий функціонал, який об'єднує в собі усі ті особливості, які притаманні різним веб-сервісам у даній сфері, що визначає його актуальність серед своїх конкурентів.

При програмній реалізації продукту були використані та обґрунтовані сучасні інструменти для веб-розробки, які базуються на стандартах, прописаних у відповідних специфікаціях до кожної мови програмування.

Висновки

Результатом дослідження є створений веб-додаток для сервісу складання раціону здорового харчування та доставки продуктів.

Було проаналізовано існуючі аналоги у сфері доставки продуктів, на основі досліджень яких, створено власний модуль, з урахуванням усіх недоліків своїх конкурентів.

Програмна реалізація відбувалась на основі сучасного фреймворку, з використанням високотехнологічних інструментів розробки, що дозволило поєднати в собі широкий функціонал, не притаманний подібним існуючим додаткам, який визначає значні переваги над конкурентами в даній сфері.

Розроблений сервіс розміщується на серверах, використовуючи послуги веб-хостингу, задля можливості доступу користувачів до нього та можливості обробки запитів клієнтів. Програмна реалізація здійснювалася на основі фреймворку Foundation для зручності написання коду та використання зарезервованих класів, реалізація бази даних частково проведена за допомогою бази даних MySQL.

Даний веб-ресурс має широкі можливості та нестандартні функції, які мають за мету залучити велику кількість клієнтів та зробити процес замовлення продуктів комфортнішим та швидшим.

Веб-сервіс має широкі перспективи розвитку в майбутньому для розширення своєї клієнтської бази та поліпшення інтерфейсу задля забезпечення всіх потреб користувача.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137–145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
2. Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. (2019) Design and Analysis of Low-Transition Address Generator. In: Zimale F., Enku Nigussie T., Fanta S. (eds) Advances of Science and Technology. ICAST 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 274. Springer, Cham, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_19
3. Manikandan V, Porkodi V, Mohammed AS, Sivaram M, “Privacy Preserving Data Mining Using Threshold Based Fuzzy cmeans Clustering”, ICTACT Journal on Soft Computing, Volume 9, Issue 1, 2018, pp.1813-1816. DOI: [10.21917/ijsc.2018.0252](https://doi.org/10.21917/ijsc.2018.0252)
4. Sivaram M., Yuvaraj D., Amin Salih Mohammed, Porkodi, V., ManikandanV. The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2018. Vol. 8, iss. 2. pp. 95-100.
5. Gomathi, B, Karthikeyan, N.K. and Saravana, Balaji B., (2018), “Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem”, *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 13, Issue 1-3, pp. 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
6. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
7. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1)– P. 75-81. – DOI : <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075>
8. Коваленко А.А. Использование временных шкал при аппроксимации длины очередей компьютерных сетей / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук, И.В. Рубан // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. – 2018. – № 2 (4). – С. 12–18. – DOI: <http://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012>
9. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
10. Кучук Г.А., Аналіз та моделі самоподібного трафіка / Г.А. Кучук, О.О. О.В. Можаяев, Воробйов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – Вып. 9 (35). – С. 173-180
11. Foundation.The most advanced responsive front-end framework in the world. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://foundation.zurb.com/>

12. Appendix E. Elaborate description of Stacking Contexts [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.w3.org/TR/CSS21/zindex.html>
13. Брайан Хоган. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2014. – 159 с.
14. Бен Фрейн. HTML5 и CSS3. Разработка сайтов для любых браузеров и устройств. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2017. – С. 97-102.
15. Этан Браун. Изучаем JavaScript: руководство по созданию современных веб-сайтов, 3-е изд. :Пер. с англ. – СПб.: ООО "Альфа-книга"; 2017. – С. 268-271.

Рецензент: д-р техн. наук, доц. О. В. Шефер,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Полтава
Received (Надійшла) 28.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 03.04.2019

Веб-приложение для сервиса составления рациона здорового питания и доставки продуктов

Д. А. Клименко, А. А. Руденко

В статье обоснована необходимость создания веб-приложения, который объединяет процессы составления здорового рациона питания с учетом потребностей человека и доставки продуктов. Проведен анализ проблем автоматизации и информатизации в Украине привычных для человека повседневных дел, таких как обеспечение продуктами питания, составление правильного рациона. Рассмотрен вопрос актуальности данной проблемы, на основе которой проведен анализ существующих сервисов доставки продуктов в Украине. Были обнаружены ключевые недостатки и функции, которых не хватает в каждом из них. Проведен анализ дизайнов каждого ресурса для создания более современного интерактивного сервиса, который бы удовлетворял не только функциональные потребности пользователей, но и положительно влиял на психоэмоциональное состояние человека. Рассмотрен вопрос по созданию современного веб-приложения, которое сочетает в себе функции выбора продуктов питания в соответствии с насыщенностью питательными веществами и калорийностью, а также реализует возможность доставки выбранных товаров к клиенту. Представленные и аргументированные требования к дизайну ресурса и интерактивным элементам на странице. Определены функции веб-сервиса, требования к контенту и программам для реализации проекта. Веб-приложение разработано с помощью современных веб-технологий, которые полностью соответствуют прописанным требованиям. Определены условия для адаптации и кроссбраузерности приложений, для возможности доступа к нему из всех возможных устройств. Описаны последовательность программной реализации веб-сервиса: разметка, стилизация ресурса, разработка модуля логики и модуля интерактивности. Сформулированы требования к программному коду. Особое внимание уделено функциональным возможностям ресурса, аналогов которым на украинском рынке найдено не было, а именно, возможности выбирать конкретные продукты, в соответствии с содержанием в них питательных элементов, возможности видеть общую калорийность продукта, в соответствии с выбранным весом и функцию удобного оформления доставки заказа, с возможностью добавления собственного комментария клиента, что позволяет уделить особое внимание каждому заказчику и повысить качество предоставления услуг в сфере продажи товаров.

Ключевые слова: веб-приложение, здоровое питание, сервис, дизайн, кроссбраузерность, веб-разработка, программный код, программный модуль, веб-сервис

Web-application for the service of composing healthy food ration and food delivery

D. Klymenko, O. Rudenko

The need to create a web-based application that integrates healthy food ration processes tailored to human needs and product delivery was justified in the article. This article contains analysis of the problems of automation and informatization in Ukraine of everyday tasks which people are accustomed to, such as providing food, drawing up the right diet. The question the relevance of this problem was descryed, on this field the analysis of existing food delivery services in Ukraine was held. The main key weaknesses and functions which are missing in each of them were found. The analysis of the designs of each resource to create more modern interactive service which would satisfy not only functional needs of users but also positively influenced the psycho-emotional state of a person. The question of creating a modern web application which combines the functions of choosing food according to nutrient content and caloric content as well as realizes the possibility of delivery of selected goods to the client was considered. The requirements for resource design and interactive elements on the page were submitted and argued. Web service features, content requirements, and program implementation were defined. The web app is developed by modern web technologies which fully comply with the prescribed requirements. Conditions for adaptation and cross-browser applications to be able to access it from all possible devices were identified. Web service software implementation sequence such as: markup, resource styling, development of a logic module and an interactivity module was described. The software code requirements were articulated. Particular attention is paid to the functionality of the resource. witch doesn't have any analogues in the Ukrainian market, namely the ability to choose specific products, in accordance with the content of nutrients in them, the ability to see the total caloric content of the product, in accordance with the selected weight and the function of a convenient order delivery, with the ability to add your own customer comment that allows you to pay special attention to each customer and improve the quality of delivery services in the sale of goods.

Keywords: web application, healthy food, service, design, cross-browser compatibility, web development, program code, program module, web service.

А. А. Коваленко¹, О. С. Ляшенко¹, О. Ф. Даниленко²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

ПОВЕДІНКА ЧЕРГ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ІЄРАРХІЧНОЇ МОДЕЛІ

Процеси, які мають довгострокові залежності, можуть породити набагато важчий хвіст у трафіковому процесі, ніж традиційний вхідний Пуассонівський процес. **Мета статті** – дослідження поведінки черг комп'ютерних мереж при використанні ієрархічної моделі на прикладі черги до сервера. **Базова модель.** Для дослідження поведінки одиначної черзі мультифрактального трафіку, згенерованого ієрархічною моделлю, розглянуто дворівневу ієрархічну модель, в якій процес відновлення проходить через періоди генерації трафіку і періоди, коли генерація трафіку відсутня. Кожен період генерації трафіку складається, в свою чергу, з кількох аналогічних періодів менших рівнів і періодів недоступності трафіку. **Результати дослідження.** Запропонована модель використана на вході черзі сервера для обчислення розподілу хвоста контентного процесу черзі, тобто промодельовані ON-OFF процеси генерації трафіка. За допомогою збудованої моделі проаналізований контентний процес при часі, який наближається до нескінченності. Його асимптотична поведінка моделюється на відліках, котрі отримані в контрольних точках відновлення. З використанням отриманих результатів доведено, що контентний процес проявляє ступеневу залежність поведінки в часових контрольних точках відновлення. Виходячи з цього, за допомогою перетворення Лапласа отримані вирази для розрахунку розвитку у часі важкого хвоста трафікового процесу. **Висновки.** Розроблено підхід до визначення поведінки черг під час використання ієрархічної моделі. Напрямок подальших досліджень – дослідити взаємодію процесів формування черг з важкими хвостами.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, затримка пакетів, трафік, важкий хвіст.

Вступ

Аналіз черг є надзвичайно важливим процесом при управлінні трафіком комп'ютерних та плануваних різноманітних мережевих політик. Аналіз існуючих робіт [1–6] показав, що процеси, які мають довгострокові залежності, можуть породити набагато важчий хвіст у трафіковому процесі, ніж традиційний вхідний Пуассонівський процес. У роботах [7–12] були запропоновані ієрархічні моделі комп'ютерних систем, але в них не був врахований непуассонівський характер поведінки черг. Крім того, слід відмітити, що питання дослідження поведінки черг у комп'ютерних мережах є доволі необхідним як при проектуванні, так і при розвитку різноманітних систем, котрі використовують інформаційні технології [13–29].

Мета статті – дослідження поведінки черг у комп'ютерних мережах при використанні ієрархічної моделі на прикладі черги до сервера.

Результати досліджень

1. Моделювання вхідного потоку. Для дослідження поведінки одиначної черзі мультифрактального трафіку, згенерованого ієрархічною моделлю, розглянемо дворівневу ієрархічну модель, в якій процес відновлення проходить через періоди генерації трафіку (ON) і періоди, коли генерація трафіку відсутня (OFF). Кожен період ON складається, в свою чергу, з кількох аналогічних періодів ON менших рівнів і періодів OFF. Така модель використовується на вході черзі сервера для обчислення розподілу хвоста $C(t)$ контентного процесу черзі.

Для цього спочатку обчислимо контентний процес в кінцевих точках періодів OFF (контрольних точках відновлення періодичного процесу відновлення). Потім застосуємо теорему Кохена [11] для отримання асимптотичної поведінки контентного

процесу при часі, який наближається до нескінченності. У підсумку, розширимо отримані результати для будь-якої точки часу і обчислимо асимптотичну поведінку контентного процесу при часі, який прагне до нескінченності.

2. Контентний процес в контрольних точках відновлення і його асимптотична поведінка. Для досягнення універсальності покладемо, що трафік генерується з одиначною інтенсивністю в періоді ON. Нехай послідовність відновлень $\{S_n, n \geq 0\}$ при

$$S_n = S_0 + \sum_{i=1}^n (B_i + I_i), n \geq 1, \text{ conclusions}$$

де $\{B_i, i \geq 1\}$ представляє періоди ON, а $\{I_i, i \geq 1\}$ – періоди OFF. S_0 – випадкова величина, обрана таким чином, щоб зробити S_n стаціонарним процесом і складається з ON періоду B_0 і OFF періоду I_0 . Детальний розрахунок значення S_0 наведено в [6]. Кожен ON період B_i далі може бути виражений як

$$B_i = \sum_{j=1}^{N_i} (b_{i,j} + i_{i,j}), \quad (1)$$

де $b_{i,j}$ і $i_{i,j}$ представляють j -й ON і OFF періоди в B_i , відповідно, а N_i – число періодів ON найвищого рівня в B_i . Тоді S_n може бути переписано як

$$\sum_{i=0}^n \left(\sum_{j=1}^{N_i} (b_{i,j} + i_{i,j}) + I_i \right) \quad (2)$$

Нехай $\{\gamma_t, t \geq 0\}$ буде процесом-індикатором, який дорівнює 1 в періоді ON і 0 в інших випадках. Кумулятивний мультифрактальний вхід, згенерований ієрархічною моделлю до моменту t , може бути виражений як

$$a_t = \int_0^t \gamma_u du. \quad (3)$$

Покладемо $a_t \approx t \cdot N \cdot m_{on} / (m_{ON} + m_{OFF})$, де $N = E(N_i)$, $m_{ON} = N(m_{on} + m_{off})$ і N_i є незалежними рівномірно розподіленими. Довготривала вхідна швидкість дорівнює $Nm_{on} / (m_{ON} + m_{OFF})$. Покладемо, що швидкість обслуговування системи при сумарній кількості трафіку x дорівнює

$$r_s(x) = \begin{cases} r, & \text{если } x > 0, \\ 0, & \text{если } x \leq 0, \end{cases} \quad (4)$$

і швидкість генерації трафіку не перевищує швидкість його обробки, тобто

$$Nm_{on} / (m_{ON} + m_{OFF}) < r < 1, \quad (5)$$

а контентний процес $\{C(t), t \geq 0\}$ задовольняє умові

$$dC(t) = da_t - r_s(C(t))dt. \quad (6)$$

Тобто, в періоді ON трафік входить в систему зі швидкістю $1-r$, а в періоді OFF трафік обслуговується зі швидкістю r . Можна показати, що процес $\{C(t), t \geq 0\}$ є регенеративним з часом регенерації

$$\{D_n\} \stackrel{\Delta}{=} \{S_n : C(S_n -) = 0\}. \quad (7)$$

Необхідно зауважити, що часові точки регенерації є точками часу, коли контентний процес спустошується і вхідний процес починає заповнювати чергу. Оскільки $\{S_n\}$ – стабільний процес відновлення, то, відповідно до теореми Сміта [11], $\{C(S_n), n \geq 0\}$ і $\{C(t), t \geq 0\}$ мають обмежені розподіли. Для обчислення обмежених розподілів $\{C(S_n), n \geq 0\}$ і, $\{C(t), t \geq 0\}$ висловимо загальну тривалість періоду ON до n -ї рекурсії як

$$S_n^B = \sum_{i=0}^n B_i = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{N_i} (b_{i,j} + i_{i,j}), \quad (8)$$

а загальну тривалість періоду OFF до n -ї рекурсії як

$$S_n^I = \sum_{i=1}^n I_i. \quad (9)$$

Нехай $\Omega_n \stackrel{\Delta}{=} (1-r)\Omega_n^b - r\Omega_n^i$, $\Omega_n^b = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{N_i} b_{i,j}$ і $\Omega_n^i = \sum_{k=0}^n \sum_{j=1}^{N_i} i_{k,j}$. Оскільки $C(t)$ зростає зі швидкістю $1-r$ під час періоду ON, визначимо ознака порожнього моменту як

$$T_s = \inf_n \left((1-r)\Omega_n^b - r_s(\Omega_n^i + S_n^I) \leq 0 \right). \quad (10)$$

Якщо $T_s = t$, маємо:

$$(1-r)\Omega_j^b - r_s(\Omega_j^i + S_n^I) \begin{cases} > 0, & \text{если } 1 \leq j < t, \\ \leq 0, & \text{если } j = t. \end{cases} \quad (11)$$

Нехай 1_{cond} буде індикатриса, тобто $1_{cond} = 1$, якщо $cond$ зберігається і $1_{cond} = 0$ в інших випадках. Згідно теореми Сміта, для $x > 0$, маємо вирази для розрахунку розвитку важкого хвоста трафікового процесу:

$$\begin{aligned} \bar{U}(x) &= 1 - U(x) \stackrel{\Delta}{=} P_r(C(S_n) > x) \rightarrow \\ &\rightarrow E \left(\sum_{j=1}^{T_s} 1_{C(S_j) > x} \right) / E(T_s); \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \bar{V}(x) &= 1 - V(x) \stackrel{\Delta}{=} P_r(C(t) > x) \rightarrow \\ &\rightarrow E \left(\int_{j=1}^{D_1} 1_{C(u) > x} du \right) / E(S_{T_s}), \end{aligned} \quad (13)$$

де $E(S_{T_s}) = (m_{ON} + m_{OFF})E(T_s)$. Для обчислення $U(x)$ маємо таке ітеративне співвідношення:

$$\begin{aligned} C(S_{n+1}) &= \left(C(S_n) + \sum_{j=1}^{N_{n+1}} ((1-r)b_{n+1,j} - ri_{n+1,j}) - \right. \\ &\left. - rI_{n+1} \right)^+ = \left(C(S_n) + \eta_{n+1} \right)^+, \end{aligned} \quad (14)$$

де $\{\eta_n = \sum_{j=1}^{N_n} ((1-r)b_{n,j} - ri_{n,j}) - rI_n\}$ – послідовність незалежних змінних з матсподіванням

$$\begin{aligned} E(\eta_n) &= N(1-r)m_{on} - Nrm_{off} - rm_{OFF} = \\ &= Nm_{on} - r(m_{ON} + m_{OFF}). \end{aligned} \quad (15)$$

Вираз $m_{ON} = N(m_{on} + m_{off})$ використовується в (15). Вираз (14) тепер може бути записано як $C(S_{n+1}) = \left(\left((C(S_0) + \eta_1)^+ + \eta_2 \right)^+ + \dots + \eta_{n+1} \right)^+$, тобто вважаючи, що $C(0) = 0$, отримаємо

$$C(S_n) \sim \max_{0 \leq n < \infty} \sum_{i=1}^n \eta_i < \infty. \quad (16)$$

3. Аналіз часових околів. Особливу увагу необхідно приділити околиці часових точок $\{S_n\}$. Так, можна зрушити разом все найвищі періоди on в кожному з періодів ON. Нехай контентним процесом, відповідним змішаної вхідний моделі, буд $\tilde{C}(S_n)$. Доведемо лему.

Лема. Контентні процеси в момент часу $\{S_n, n \geq 0\}$ є однаковими для вихідної і змішаної вхідних моделей, тобто

$$C(S_n) = \tilde{C}(S_n). \quad (17)$$

Доведення. Важливо довести, що перший цикл починається в $C(0) = \tilde{C}(0) = 0$. При обох вхідних моделях, час циклу однаково, і може бути позначено як $T = T_{ON} + T_{OFF}$. T_{ON} може, в свою чергу, бути виражено як $T_{ON} = T_{on} + T_{off}$, де T_{on} – сума всіх найвищих періодів on , а T_{off} – сума всіх найвищих періодів off . Отже, $T = T_{on} + T_{off} + T_{OFF}$. Єдиним розходженням між цими моделями є розташування найвищих періодів on і off . Маємо

$$C(S_1) = 1 \cdot T_{on} - r \cdot (T_{off} + T_{OFF}) = \tilde{C}(S_1), \quad (18)$$

незалежно від розташування цих періодів on і off .

Тепер можна описати $\bar{U}(x)$.

Теорема. З огляду на розподілу P і M , а також

$$\bar{P}(x) \sim x^{\alpha_b} L(x), 1 < \alpha_b < 2, x \rightarrow \infty, \quad (19)$$

$$\bar{M}(x) \sim x^{\alpha_N} L(x), 1 < \alpha_N < 2, x \rightarrow \infty, \quad (20)$$

$$\text{маємо} \quad \bar{U}(x) \sim \xi x^{-(\alpha_{\min}-1)} L(x), x \rightarrow \infty, \quad (21)$$

$$\xi = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{(1-r)^{\alpha_{\min}-1}}{(\alpha_{\min}-1)Nm_{on}}, \rho = \frac{Nm_{on} \cdot (1-r)}{(Nm_{off} + m_{OFF})r} < 1.$$

Доведення. Згідно лемі $C(S_n) = \tilde{C}(S_n)$, досить розглянути контентний процес $\{\tilde{C}(S_n), n \geq 0\}$ при змішаній вхідній моделі. Таким чином ми маємо новий ON/OFF процес, де ON дорівнює сумі кількох найвищих періодів *on*, а OFF - сумі OFF і декількох найвищих періодів *off*. Далі можна показати, що розподіл ON, $\{\tilde{C}(S_n), n \geq 0\}$, обумовлено правилом:

$$1 - F_{ON}(x) \sim x^{-\alpha_{\min}} L(x), x \rightarrow \infty, \quad (22)$$

де $\alpha_{\min} = \min(\alpha_b, \alpha_N)$, а $L(x)$ - повільно змінюється функція. Для застосування теореми Кохена [12], наведемо нову ON/OFF модель до GI/G/1 моделі черги з щільністю трафіку

$$\rho = Nm_{on} \cdot (1-r) / (Nm_{off} + m_{OFF})r < 1, \quad (23)$$

і відповідний розподіл часу обслуговування в черзі GI/G/1, $B(x)$, виглядає наступним чином:

$$B(x) \sim F_{ON}((1-r)x). \quad (24)$$

Безпосередньо застосовуючи теорему Кохена, отримаємо

$$\bar{U}(x) \sim \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{(1-r)^{\alpha_{\min}-1}}{(\alpha_{\min}-1)Nm_{on}} \cdot x^{-(\alpha_{\min}-1)} L(x), \quad (25)$$

де $\alpha_{\min} = \min(\alpha_b, \alpha_N)$.

Вираз (25) показує, що $C(t)$ проявляє ступеневу залежність поведінки в тимчасових контрольних точок відновлення. Виходячи з цього, обчислимо, оскільки $V(x)$ є більш загальним випадком ніж $U(x)$. Визначимо перетворення Лапласа для $V(x)$ і $U(x)$ як $V(s)$ і $U(s)$ відповідно.

Обчислення $\bar{V}(x)$. Для обчислення $\bar{V}(x)$, висловимо кількість часу, протягом якого процес $C(t)$ знаходиться за x в n -му циклі ON/OFF як

$$L_n(x) = \int_{S_n}^{S_{n+1}} 1_{(C(t)>x)} dt. \quad (26)$$

Ми раніше визначили послідовності $\{B_n\}$, $\{I_n\}$ і $\{C(S_n)\}$. Далі визначимо послідовності $\{b_n^m\}$, $\{i_n^m\}$ і $\{s_n^m\}$, для найвищих рівнів *on*, *off* і відновлюють послідовностей в періоді ON відповідно, і розглянемо відповідні стаціонарні послідовності $\{b_n^m\}$, $\{i_n^m\}$ і $\{s_n^m\}$, і ретельним підбором розподілу на початку періоду [12].

Висновки

За допомогою збудованої моделі проаналізований контентний процес при часі, який наближається до нескінченності. Його асимптотична поведінка моделюється на відліках, котрі отримані в контрольних точок відновлення. Доведена теорема, котра дозволяє визначити асимптотичний характер динамічного процесу розвитку черги. З використанням отриманих результатів доведено, що контентний процес проявляє ступеневу залежність поведінки в часових контрольних точок відновлення. Виходячи з цього, за допомогою перетворення Лапласа отримані вирази для розрахунку розвитку у часі важкого хвоста трафікового процесу. Отже, розроблено підхід до визначення поведінки черг під час використання ієрархічної моделі. **Напрямок подальших досліджень** – дослідити взаємодію процесів формування черг з важкими хвостами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44–48.
2. Кучук Г. А., Можаяв О. О., Воробйов О. В. Метод агрегування фрактального трафіка. Радіоелектронні та комп'ютерні системи. 2006. № 6 (18). С. 181–188.
3. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446.
4. Saravana, Balaji B., Mohamed, Uvaze Ahamed, Eswaran C. and Kannan R., (2019), "Prediction-based Lossless Image Compression", *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics (Springer)*, Vol. 30, No 1, pp.1749 – 17961, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00665-5_161
5. Кучук Г. А. Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах / Г.А. Кучук // Системи обробки інформації. – 2004. – № 3(31). – С. 91-100.
6. Кучук Г.А. Анализ та моделі самоподібного трафіка / Г.А. Кучук, О.О. Можаяв, Воробйов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – Вып. 9 (35). – С. 173-180.
7. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
8. Gomathi, B, Karthikeyan, N.K. and Saravana, Balaji B., (2018), "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 13, Issue 1-3, pp. 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
9. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>

10. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1, doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i1/139577>
11. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *International Conference on Information and Digital Technologies*. 2015. P. 266-271.
12. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81.
13. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
14. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // *Системи обробки інформації*. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
15. Кучук Г. А. Метод параметрического управления передачей данных для модификации транспортных протоколов беспроводных сетей / Г.А. Кучук, А.С. Мохаммад, А.А. Коваленко // *Системи обробки інформації*. – 2011. – № 8(98). – С. 211-218.
16. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. ЛуковаЧуйко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
17. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, iss. 2, 2018, pp. 95-100.
18. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed, A.S., Manikandan V. Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network. *ICTACT Journal on Soft Computing*. 2019. Vol. 09, Issue 02. pp. 1844-1850.
19. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. Vol. 29, No 5. P. 137-145. DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
20. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1-6, DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. В. Рубан,
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків
Received (Надійшла) 09.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.02.2019

Поведение очередей при использовании иерархической модели

А. А. Коваленко, А. С. Ляшенко, А. Ф. Даниленко

Процессы, которые имеют долгосрочные зависимости, могут породить гораздо тяжелее хвост в трафикового процессе, чем традиционный входной пуассоновский процесс. **Цель статьи** - исследование поведения очередей компьютерных сетей при использовании иерархической модели на примере очереди к серверу. **Базовая модель.** Для исследования поведения единичной очереди мультифрактального трафика, сгенерированного иерархической моделью, рассмотрены двухуровневую иерархическую модель, в которой процесс восстановления проходит через периоды генерации трафика и периоды, когда генерация трафика отсутствует. Каждый период генерации трафика состоит, в свою очередь, из нескольких аналогичных периодов меньших уровней и периодов недоступности трафика. **Результаты исследования.** Предложенная модель использована на входе очереди сервера для вычисления распределения хвоста контентного процесса очереди, то есть промоделированы on-off процессы генерации трафика. С помощью построенной модели проанализирован контентный процесс по времени. Его асимптотическое поведение моделируется по отсчетам, которые получены в контрольных точках восстановления. С использованием полученных результатов доказано, что контентный процесс проявляет степенную зависимость поведения во временных точках восстановления. Исходя из этого, с помощью преобразования Лапласа полученные выражения для расчета развития во времени тяжелого хвоста трафикового процесса. **Выводы.** Разработан подход к определению поведения очередей при использовании иерархической модели. Направление дальнейших исследований - исследовать взаимодействие процессов формирования очередей с тяжелыми хвостами.

Ключевые слова: компьютерная сеть, задержка пакетов, трафик, тяжелый хвост.

Queue behavior when using a hierarchical model

A. Kovalenko, O. Lyashenko, O. Danilenko

Processes that have long-term dependencies can generate a much heavier tail in the traffic process than the traditional input Poisson process. **The purpose of the article** is to study the behavior of computer network queues when using a hierarchical model using the example of a queue to a server. **The based model.** To study the behavior of a single queue of multifractal traffic generated by a hierarchical model, we consider a two-level hierarchical model in which the recovery process passes through traffic generation periods and periods when traffic generation is absent. Each period of traffic generation consists, in turn, of several similar periods of lower levels and periods of unavailability of traffic. **The results of the study.** The proposed model is used at the input of the server queue to calculate the distribution of the tail of the queue content process, that is, the traffic generation processes are modeled on-off. Its asymptotic behavior is modeled on samples that are obtained at control restore points. Using the obtained results, it was proved that the content process manifests a power dependence of behavior at the time points of recovery. On this basis, using the Laplace transformation, the obtained expressions for calculating the development in time of the heavy tail of the traffic process. **Conclusions.** An approach to determining the behavior of queues using the hierarchical model has been developed. The direction of further research is to investigate the interaction of the processes of formation of queues with heavy tails.

Keywords: computer network, packet delay, traffic, heavy tail.

В. А. Краснобаєв¹, С. О. Кошман¹, В. М. Курчанов², Д. А. Зіневич¹

¹ Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна,

² Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ У КЛАСІ ЛИШКІВ І ЇХ ВПЛИВ НА СТРУКТУРУ ТА ПРИНЦИПИ РЕАЛІЗАЦІЇ АРИФМЕТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

Предметом дослідження статті є методи обробки даних у комп'ютерній системі (КС), що функціонує у непозиційній системі числення у залишкових класах (СЗК). **Мета** статті – провести дослідження впливу всіх основних властивостей СЗК на структуру КС і принципи реалізації арифметичних операцій у СЗК. **Задачі**, що вирішуються у статті наступні. Формулювання та дослідження властивостей СЗК, а також отримання результатів впливу властивостей СЗК на структуру КС і принципи реалізації арифметичних операцій додавання, віднімання та множення. **Методи** дослідження: методи аналізу і синтезу комп'ютерних систем. Отримані наступні **результати**: узагальнено аналіз результатів дослідження властивостей СЗК, а також результат аналізу впливу властивостей СЗК на структуру і принципи реалізації арифметичних модульних операцій. **Висновки**. Результати дослідження впливу властивостей СЗК на структуру КС та принципи реалізації арифметичних операцій показали, що застосування СЗК дозволяє підвищити швидкодню виконання арифметичних операцій та підвищити відмовостійкість функціонування КС. Крім цього, застосування СЗК дозволяє створити унікальну систему контролю, діагностики і корекції помилок даних КС без зупинок обчислень, що не має аналогів в позиційній системі числення (ПЧ). Підвищення швидкодії реалізації арифметичних операцій у СЗК досягається за рахунок можливості організації паралельної обробки даних, а також за рахунок застосування табличного принципу реалізації арифметичних операцій. Використання властивостей СЗК обумовлює наявність у КС одночасно трьох видів резервування: структурного, інформаційного та функціонального. Це, у свою чергу, дозволяє підвищити відмовостійкість непозиційних обчислювальних структур у СЗК за рахунок застосування методів, заснованих на пасивній (постійне структурне резервування) і активній (структурне резервування заміщенням) відмовостійкості.

Ключові слова: комп'ютерна система, непозиційна система числення, система залишкових класів, швидкодія реалізації арифметичних операцій, відмовостійкість, надійність.

Вступ

Сучасний етап розвитку науки і техніки відрізняється все більш складними завданнями, які вимагають свого вирішення. Однак складність задач, що вирішуються випереджає темпи наростання потужності універсальних ЕОМ. У цьому аспекті, основними напрямками вдосконалення обчислювальних систем обробки інформації (СОІ) в реальному часі є підвищення користувальницької продуктивності і безвідмовності функціонування, за рахунок забезпечення необхідного (заданого) рівня відмовостійкості.

Аналіз літератури. Залежно від прийнятих архітектурних рішень, всю безліч обчислювальних систем у позиційних системах числення (ПЧ), як правило в двійковій, можна розділити на чотири основні групи: так, застосування SISD-архітектури (одиначний потік команд і одиначний потік даних) забезпечує домінуюче становище у класичній Фоннеймановській архітектурі. У таких машинах обробка інформації відбувається послідовно, команди виконуються одна за одною, при цьому кожна команда ініціює, як правило, одну скалярну операцію. У цьому випадку використання паралельної роботи інтерфейсу введення-виведення інформації та процесора, суміщення операцій, що виконуються окремими блоками і вузлами арифметико-логічного пристрою, не дозволяють ефективно реалізувати паралельні обчислювальні системи реального часу. Отже, можливості щодо підвищення швидкодії сучасних позиційних ЕОМ, які базуються на класичній архітектурі послідовного виконання операторів,

практично досягли свого граничного значення; обчислювальні системи другої групи - MISD-архітектури (множинний потік команд і одиначний потік даних) великої практичної реалізації не отримали; ці задачі, в яких кілька процесорів могли б ефективно обробляти один потік даних, в науці і техніці поки невідомі; основу третьої групи обчислювальних систем становлять пристрої, розроблені на основі SIMD-архітектури (одиначний потік команд і множинний потік даних); використання SIMD-архітектури дозволяє реалізувати високошвидкісні СОІ реального часу; з їх допомогою ефективно вирішуються завдання векторних і матричних обчислень, завдання визначення коренів систем алгебраїчних і диференціальних рівнянь і т.д.; особливе місце займають завдання цифрової обробки сигналів, які є найбільш оптимальними для SIMD-структури. Дана архітектура обчислювальної системи орієнтована на паралельно-конвеєрне виконання найбільш працездатних обчислювальних операцій. Забезпечення граничної для даного рівня технології продуктивності обчислювальної системи можливо тільки за рахунок застосування нетрадиційної арифметики, в якій процес розпаралелювання здійснюється на рівні арифметичних операцій (мікрооперацій); альтернативним рішенням проблеми розв'язання задач підвищеної обчислювальної складності в реальному часі є застосування MIMD-архітектури (множинний потік команд і множинний потік даних). Цей клас припускає, що в обчислювальній системі є кілька пристроїв обробки команд, об'єднаних в єдиний комплекс і працюючих кожен зі своїм по-

током даних і команд (мультимікропроцесорні, багатомашинні, кластерні та інші подібні обчислювальні системи). Однак, незважаючи на всі переваги, зазначені вище, такі як наявність власної пам'яті у кожного процесорного елемента та незалежність обчислювального процесу, системи з масовим паралелізмом породили цілий ряд проблем, пов'язаних з описом і програмуванням комутацій процесів і управління ними. У той самий час відсутність математичного апарату, що дозволяє вирішити проблему підвищення продуктивності обчислювальних систем, є основним стримуючим фактором широкого застосування MIMD-систем з масовим паралелізмом.

Таким чином, очевидно, що подальший поступальний розвиток обчислювальної техніки і засобів обробки інформації у ПСЧ прямо пов'язаний з переходом до паралельних обчислень. Цей перехід, безумовно, відкриває нові можливості в галузі вдосконалення і розвитку обчислювальних пристроїв [1-24].

Резервами підвищення надійності, відмовостійкості та живучості функціонування, а також користувачької продуктивності обчислень є використання обчислювальних структур, спеціалізованих обчислювачів і спецпроцесорів, створених на принципі розпаралелювання задачі, що розв'язується (алгоритму) на рівні однієї мікрооперації.

Концепція паралелізму давно привертала увагу фахівців своїми потенційними можливостями підвищення продуктивності і надійності обчислювальних систем. Проведені теоретичні, експериментальні та промислові розробки в цьому напрямку дозволили обґрунтувати основні принципи побудови паралельних обчислювальних систем. Саме з подібними системами зв'язується в даний час перспектива подальшого нарощування обчислювальної потужності і надійності.

У 2005 році виповнилося 50 років від дати опублікування статті чеського інженера М. Валаха, в якій вперше була висунута ідея застосувати для операцій над комп'ютерними числами замість операцій кільця лишків за модулем $M = 2^n$ операції кільця лишків за модулем $M = m_1 m_2 \dots m_n$, де m_1, m_2, \dots, m_n – попарно взаємно-прості числа. У обчислювальній практиці це була видатна ідея, так як всі кільцеві операції по модулю $M = m_1 m_2 \dots m_n$ зводилися до гомоморфної паралельної реалізації тих же операцій по малим модулям m_1, m_2, \dots, m_n . Відома китайська теорема про лишки, яка до цього трактувалася як структурна теорема абстрактної алгебри, гарантувала вказаний паралелізм в обчисленнях над цілими числами, за умови, що результат кільцевих операцій належить діапазону цілих чисел, який визначається добутком модулів $M = m_1 m_2 \dots m_n$. Ця ідея привернула увагу великої групи вчених. Виник новий науковий напрям – модулярна арифметика.

За минулі 50 років модулярна арифметика (система залишкових класів (СЗК), клас лишків) пережила періоди і бурхливого розвитку, і серйозних спадів. У даний час спостерігається прогресуюче

зростання інтересів до модулярної арифметики серед розробників складних систем, пов'язаних з обробкою сигналів і зображень, з криптографічними перетвореннями і т.п. [1, 3, 4].

Відомо, що непозиційна система числення у системі залишкових класів (система залишкових класів (СЗК)) застосовується у комп'ютерних системах (КС) для підвищення швидкодії реалізації цілочисельних арифметичних операцій [1-4]. Це зумовлено наявністю і впливом сукупностей властивостей СЗК як на структуру КС обробки даних, що представлені у цілочисловому виді, так і на принципи функціонування (система числення в більшій мірі впливає на принципи реалізації арифметичних операцій) КС [5-10]. В свою чергу структура і принципи функціонування КС впливають на характеристики обчислювальних систем.

Однак, існує ще ряд факторів впливу властивостей СЗК на структуру КС, а також на принципи реалізації арифметичних операцій. Використання результатів такого дослідження дає змогу більш повно і точно оцінити можливість практичного застосування непозиційних кодових структур (НКС) в обчислювальній техніці.

Мета статі – провести дослідження впливу всіх основних властивостей непозиційної системи числення на структуру КС і принципи реалізації арифметичних операцій у СЗК.

Основна частина.

Утворення НКС $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_n)$ у СЗК базується на використанні принципів паралельності та незалежності формування лишків a_i . Дані принципи обумовлюють три основні властивості СЗК. Проаналізуємо кожен з цих властивостей.

1. *Незалежність кожного лишку у структурі НКС СЗК.* Ця властивість дає змогу сформувати структуру КС у СЗК у вигляді сукупності (за числом n основ (модулів) СЗК) інформаційно незалежних малорозрядних обчислювальних трактів (ОТ), що функціонують незалежно один від одного та паралельно за часом.

При цьому зауважимо, що:

– у загальному випадку, час виконання КС у СЗК арифметичних операцій визначається часом виконання операцій за найбільшою розрядною сіткою ОТ;

– КС у СЗК має модульну конструкцію, що складається з окремих незалежних ОТ; це дозволяє здійснювати ремонт і технічне обслуговування, а також проводити операції контролю, діагностики та корекцію помилок даних в ОТ КС у СЗК без припинення процесу рішення задачі, тобто без зупинки обчислень;

– помилки, що виникають в ОТ КС за основою m_i , не «розмножуються» до інших ОТ; при цьому не має значення, чи мала місце в ОТ за основою m_i одноразова чи багаторазова помилка, або навіть сукупність помилок довжиною не більш значення $[\log_2(m_i - 1) + 1]$ двійкових розрядів. Таким чином,

помилка, яка виникла у довільному ОТ КС за основою m_i , або збережеться в цьому ОТ до кінця обчислень, або в процесі подальших обчислень самоусунеться (наприклад, якщо помилкове значення лишку a_i за основою m_i першого числа множиться на нульовий лишок другого числа за цією ж m_i основою СЗК);

2. *Рівноправність лишків у НКС СЗК.* Довільний лишок a_i числа $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_n)$ у СЗК містить інформацію щодо усього вихідного числа. Це дає можливість, за умови виконання нерівності $m_i < m_j$, програмними методами замінити ОТ КС за модулем m_i , що відмовив, на працездатний ОТ за модулем m_j , без зупинки рішення задачі.

Ця властивість обумовлює той факт, що структура КС у СЗК дає можливість без зупинки обчислень в процесі рішення задачі обмінюватися, на основі застосування програмних методів, такими характеристиками КС, як швидкодія виконання арифметичних операцій, точність виконання арифметичних операцій та надійність виконання арифметичних операцій. В цьому аспекті КС у СЗК може мати різну надійність функціонування в залежності від вимог, наприклад, до точності або швидкодії обчислень. Крім цього, структура КС у СЗК дозволяє організувати деградацію комп'ютерної системи. Це дає можливість (за умови, що відмовили означені елементи структури) продовжувати функціонування без однієї або декількох функцій КС, або продовжити функціонувати з погіршеною якістю, наприклад, зі зниження швидкодії, або зі зниженням точності обчислень тощо.

Використання першої та другої властивостей СЗК обумовлює наявність у КС одночасно трьох видів резервування: структурного, інформаційного та функціонального. Це, у свою чергу, дозволяє синтезувати математичні моделі відмовостійкості з більшою точною оцінкою необхідних характеристик КС.

3. *Малорозрядність лишків, сукупність яких визначає НКС у СЗК.* Ця властивість дозволяє суттєво підвищити швидкоддю реалізації арифметичних операцій як за рахунок малорозрядності представлення лишків числа в СЗК, так і за рахунок можливості (на відміну від позиційних систем числення) застосування табличної арифметики; застосування методів табличної арифметики дозволяє реалізувати основні арифметичні операції у СЗК фактично за один такт роботи КС.

Малорозрядність лишків чисел в СЗК обумовлює широкий вибір варіантів системотехнічних рішень задач реалізації арифметичних модульних операцій, заснованих на наступних принципах:

- суматорний принцип (на основі застосування малорозрядних двійкових суматорів);
- табличний принцип (на основі використання елементів пам'яті);
- принцип кільцевого зсуву (на основі застосування регістрів зсуву).

На основі використання властивостей СЗК визначаються наступні (у порівнянні з позиційними

системами числення (ПСЧ)) переваги:

- можливість реалізації асинхронних арифметичних обчислень на рівні декомпозиції чисел, що підвищує швидкоддю обчислень КС;
- можливість організації табличного (матричного) виконання арифметичних операцій і вибіркою результату модульної операції за один такт;
- можливість створення КС і компонент з ефективним виявленням і виправленням помилок без перерви в обчисленнях, а також можливість синтезу відмовостійких цифрових пристроїв;
- можливість створення системи контролю та корекції помилок у динаміці обчислювального процесу КС;
- забезпечення високої активної відмовостійкості обчислювальних структур на основі оперативної реконфігурації структури КС;
- можливість підвищення надійності КС за рахунок ефективного використання пасивної та активної відмовостійкості.

Сукупність властивостей СЗК обумовлює можливі напрямки її ефективного застосування. В першу чергу це:

- модульні та криптографічні цілочислові перетворення;
- обробка сигналів;
- обробка цілочислових даних великої (сотні та тисячі біт) розрядності у реальному часі;
- обробка великих масивів даних, що представлені у матричному вигляді;
- обробка даних в оптоелектронній й нейрокомп'ютерній науково-технічних областях;
- застосування СЗК для реалізації алгоритмів процесорів мобільного зв'язку, в яких потрібно забезпечити велику швидкоддю обробки даних при незначному споживанні енергії; дійсно, алгоритми обробки даних процесорів мобільного зв'язку в основному складаються з арифметичних операцій складання і множення, таким чином, власне обставина відсутності переносів при виконанні арифметичних операцій у СЗК дає змогу знизити енергію, що споживається процесорами мобільного зв'язку.

Вплив властивостей СЗК на структуру та принципи реалізації арифметичних операцій складається у наступному:

1. Підвищення швидкодії реалізації арифметичних операцій обумовлюється паралельною структурою обробки даних у СЗК та використанням принципу табличного виконання основних арифметичних операцій.

2. Підвищення надійності, відмовостійкості та живучості КС можливо, по-перше, за рахунок використання властивості пасивної відмовостійкості, що апріорно існує у вихідній структурі КС, що функціонує у СЗК. В цьому випадку вихідна природна структура КС у СЗК має вигляд обчислювальної структури, що подібна штучному постійному структурному резервуванню у ПСЧ.

По-друге, підвищення надійності КС можливо за рахунок використання активної відмовостійкості (динамічного структурного резервування) обчислювальних структур у СЗК.

3. Використання першої та другої властивостей СЗК обумовлює більш ефективне, ніж у ПСЧ, одночасне застосування пасивної та активної відмовостійкості, що робить комп'ютерні компоненти КС апріорно більш пристосовані до контролю та діагностики помилок даних.

4. Вплив першої та другої властивостей СЗК обумовлює можливість структури до адаптації до режиму функціонування КС. Ця обставина дозволяє безпосередньо, в процесі обчислень, здійснювати операції обміну між надійністю функціонування КС, швидкістю реалізації арифметичних операцій і точністю рішення задачі.

Висновки

Результати дослідження впливу властивостей СЗК на структуру КС та принципи реалізації арифметичних операцій показали, що застосування СЗК дозволяє підвищити швидкість виконання арифметичних операцій та підвищити відмовостійкість функціонування КС. Крім цього, застосування СЗК дозволяє створити унікальну систему контролю, діагностики і корекції помилок даних КС без зупинок обчислень, що не має аналогів в ПСЧ.

1. Підвищення швидкодії реалізації арифметичних операцій у СЗК досягається за рахунок можливості організації паралельної обробки даних, а також за рахунок застосування табличного принципу реалізації арифметичних операцій.

2. Використання властивостей СЗК обумовлює наявність у КС одночасно трьох видів резервування: структурного, інформаційного та функціонального. Це у свою чергу дозволяє підвищити відмовостійкість унепозиційних обчислювальних структур у СЗК за рахунок застосування методів, заснованих на пасивній (постійне структурне резервування) і активній (структурне резервування заміщенням) відмовостійкості.

3. Виявлено, що КС і компоненти у СЗК відносяться до обчислювальних структур, що легко контролюються та діагностуються. Ця особливість сприяє розробки методів ефективного контролю та діагностики даних у СЗК. Так, використання властивостей СЗК дає можливість створити унікальну систему контролю і корекції помилок даних без зупинок обчислень, що особливо важливо для КС, що функціонують у складі складних технічних систем реального часу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Амербаев, В. М. Теоретические основы машинной арифметики: Алма-Ата, Наука, 1976. 324 с.
2. Торгашев, В. А. Система остаточных классов и надежность ЦВМ: М., Сов. радио, 1973. 118 с.
3. Акушский, И. Я., Юдицкий Д. И. Машинная арифметика в остаточных классах: М., Радио и связь, 1968. 444 с.
4. Коляда А. П., Пак И. Т. Модулярные структуры конвейерной обработки цифровой информации: Минск, Университетское, 1992. 256 с.
5. Краснобаев В. А. и др. Методы повышения надежности специализированных ЭВМ систем и средств связи: Харьков, ХВВКИУ РВ, 1990. 172с.
6. Security and noise immunity of telecommunication systems: new solutions to the codes and signals design problem. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov: ASC Academic Publishing, Minden, Nevada, USA, 2017. 198 p.
7. Краснобаев В. А., Кошман С. А., Мороз С. А., Курчанов В. Н., Янко А. С. Модели и методы обработки данных в системе остаточных классов. Монография: Харьков, ООО "В деле", 2017. 197 с.
8. Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), "Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation", *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446.
9. Saravana, Balaji B., Mohamed, Uvaze Ahamed, Eswaran C. and Kannan R., (2019), "Prediction-based Lossless Image Compression", *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics (Springer)*, Vol. 30, No 1, pp.1749 – 17961, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00665-5_161
10. Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node, *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
11. Gomathi, B, Karthikeyan, N.K. and Saravana, Balaji B., (2018), "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 13, Issue 1-3, pp. 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
12. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>
13. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1, doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i1/139577>
14. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
15. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
16. Кучук Г. А. Метод параметрического управления передачей данных для модификации транспортных протоколов беспроводных сетей / Г.А. Кучук, А.С. Мохаммад, А.А. Коваленко // Системи обробки інформації. – 2011. – № 8(98). – С. 211-218.
17. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. ЛуковаЧуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.

18. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, iss. 2, 2018, pp. 95-100.
19. Sivaram, M., Porkodi, V., Mohammed, A.S., Manikandan V. Detection of Accurate Facial Detection Using Hybrid Deep Convolutional Recurrent Neural Network. *ICTACT Journal on Soft Computing*. 2019. Vol. 09, Issue 02. pp. 1844-1850.
20. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81.
21. Mohammed, A. S. Optimal Forecast Model for Erbil Traffic Road Data. *ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences*. 2017. [Vol. 29, No 5, P. 137–145](#). DOI: <https://doi.org/10.21271/ZJPAS.29.5.15>
22. Amin Salih M., Yuvaraj D., Sivaram M., Porkodi V. Detection And Removal Of Black Hole Attack In Mobile Ad Hoc Networks Using Grp Protocol. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. Vol. 9, No 6. P. 1–6, DOI: <http://dx.doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335>
23. ISCI'2017: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov: LAP Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Germany, 2017. 216 p.
24. ISCI'2017: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov: ASC Academic Publishing, USA, 2017. 207 p.

Received (Надійшла) 12.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Основные свойства непозиционной системы счисления в классе вычетов и их влияние на структуру и принципы реализации арифметических операций компьютерной системы

В. А. Краснобаев, С. А. Кошман, В. Н. Курчанов, Д. А. Зиневич

Предметом исследования статьи являются методы обработки данных в компьютерной системе (КС), которая функционирует в непозиционной системе счисления в остаточных классах (СОК). **Цель статьи** – провести исследование влияния всех основных свойств СОК на структуру КС и принципы реализации арифметических операций в СОК. **Задачи**, которые решаются в статье следующие. Формулировка и исследование свойств СОК, а также получение результатов влияния свойств СОК на структуру КС и принципы реализации арифметических операций сложения, вычитания и умножения. **Методы** исследования: методы анализа и синтеза компьютерных систем. Получены следующие **результаты**: обобщен анализ результатов исследования свойств СОК, а также результат анализа влияния свойств СОК на структуру и принципы реализации арифметических модульных операций. **Выводы**. Результаты исследования влияния свойств СОК на структуру КС и принципы реализации арифметических операций показали, что использование СОК приводит к повышению быстродействия выполнения арифметических операций и повышает отказоустойчивость функционирования КС. Кроме этого, применение СОК позволяет сделать уникальную систему контроля, диагностики и коррекции ошибок данных КС без остановки вычислений, что не имеет аналогов в позиционной системе счисления (ПСЧ). Повышение быстродействия реализации арифметических операций в СОК достигается за счет возможности организации параллельной обработки данных, а также за счет применения табличного принципа реализации арифметических операций. Использование свойств СОК обуславливает существование в КС одновременно трёх видов резервирования: структурного, информационного и функционального. Это, в свою очередь, позволяет повысить отказоустойчивость непозиционных вычислительных структур в СОК за счет применения методов, основанных на пассивной (постоянное структурное резервирование) и активной (структурное резервирование замещением) отказоустойчивости.

Ключевые слова: компьютерная система, непозиционной система счисления, система остаточных классов, быстродействие реализации арифметических операций, отказоустойчивость, надежность.

The main properties of the non-positional numerical system in the class of residues and their influence on the structure and principles of the implementation of arithmetic operations of the computer system

V. Krasnobayev, S. Koshman, V. Kurchanov, D. Zinevich

The **subject** of the study of the article is the methods in the processing of data in a computer system (CS), which functions in a non-positional numeral system in residual classes (SRC). The **aim** of the article is to study the influence of all the main properties of a non-positional numerical system on the structure of the CS and the principles of implementing arithmetic operations in the SRC. The following **tasks** are solved in the article. Formulation and study of the properties of the SRC, as well as obtaining the results of the influence of the properties of the SRC on the structure of the CS and the principles of realization of arithmetic operations of addition, subtraction and multiplication. Research **methods**: methods of analysis and synthesis of computer systems. The following **results** are obtained: the analysis of the results of the study of the properties of the SRC was summarized, as well as the result of the analysis of the influence of the properties of the SRC on the structure and implementation principles of arithmetic modular operations. **Conclusions**. The results of the study of the influence of the properties of the SRC on the structure of the CS and the principles of the implementation of arithmetic operations have shown that the use of the SRC leads to an increase in the speed of performing arithmetic operations and increases the fault tolerance of the functioning of the CS. In addition, the use of SRC allows you to make a unique system of monitoring, diagnostics and data error correction of the CS without stopping the calculations, which has no analogues in the positional numeral system (PNS). Improving the performance of the implementation of arithmetic operations in the SRC is achieved due to the possibility of organizing parallel data processing, as well as through the use of the tabular principle of the implementation of arithmetic operations. The use of the properties of the SRC determines the existence in the CS at the same time of three types of redundancy: structural, informational and functional. This, in turn, allows to increase the fault tolerance of non-positional computing structures in the SRC through the use of methods based on passive (permanent structural redundancy) and active (dynamic structural redundancy) fault tolerance.

Keywords: computer system, non-positional numerical system, system of residual classes, speed of implementation of arithmetic operations, fault-tolerance, reliability.

Н. Г. Кучук¹, В. І. Панченко², А. М. Філоненко², І. Ю. Петровська²

¹Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Харків, Україна

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

РІВНОМІРНИЙ РОЗПОДІЛ РЕСУРСІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ, ЩО МАЮТЬ ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНУ ІНФРАСТРУКТУРУ

Актуальність дослідження. Інфраструктура, створювана на конвергентній платформі, передбачає об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережевих ресурсів в єдиний пул, а при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів. **Метою статті** є розробка підходу до зменшення нерівномірних розподілу ресурсів в комп'ютерних мережах гіперконвергентної архітектури. **Результати дослідження.** Запропоновано метод мінімізації середньої затримки транзакцій в комп'ютерних мережах гіперконвергентної архітектури, що дозволяє побудувати рівномірний розподіл виділених обчислювальних ресурсів для обробки безлічі завдань системи по квантам заданого інтервалу часу. Цільова функція завдання пошуку оптимального розбиття множини запитів, що обробляються в обчислювальній мережі, на підмножини і їх розподілу по вузлах гіперконвергентної мережі, визначається за допомогою введення функції штрафів при виділенні кожного запиту одиниці обчислювального ресурсу в поточний квант часу. **Висновки.** Запропоновано підхід до формування рівномірного розподілу ресурсів в комп'ютерах терни мережах гіперконвергентної архітектури. Застосування підходу дозволяє збалансувати мережеві навантаження і досягти вимог до оперативності.

Ключові слова: гіперконвергентна архітектура; балансування мережі, метод штрафів.

Вступ

Актуальність завдання. В даний час на ринку IT-технологій розподілені хмарні платформи поступово витісняються конвергентними і гіперконвергентними [1]. Розробники систем, які передбачають централізоване управління обчислювальними ресурсами, в даний час все більше схилиються до конвергентних і гіперконвергентних рішень для базових комп'ютерних мереж. Інфраструктура, створювана на конвергентній платформі, передбачає об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережевих ресурсів в пул, заздалегідь об'єднаних для роботи в дата-центрі [2], а при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів. Управління відбувається через загальну консоль адміністрування [3]. Однак в більшості таких систем кінцеві абоненти використовують гетерогенне Software and Hardware.

Постановка задачі. В процесі функціонування гетерогенної комп'ютерної мережі (ГКМ) гіперконвергентної архітектури з гетерогенними компонентами виникає необхідність в забезпеченні розподілення обробки заявок віддалених абонентів в задані проміжки часу. Досягнення максимальної ефективності розподіленої обробки заявок віддалених абонентів ГКМ в задані проміжки часу, можливо, за рахунок забезпечення рівномірного розподілу обчислювальних ресурсів (ОР) ГКМ по квантам заданого інтервалу часу і знаходження розподілу заявок віддалених абонентів по вузлах ГКМ, що дозволяє мінімізувати середню затримку пакета даних в ній [4, 5]. Таким чином, завдання підвищення ефективності розподіленої обробки заявок віддалених абонентів ГКМ може бути сформульована так: необхідно побудувати рівномірний розподіл ОР ГКМ по квантах заданого інтервалу часу і знайти таке розбиття множини заявок віддалених абонентів ГКМ на підмно-

жини і їх розподіл по вузлах ГКМ в процесі розподіленої обробки, щоб середня затримка пакета даних в мережі приймала мінімальне значення і забезпечувалася рівномірною завантаженням ГКМ.

Аналіз літератури. Для вирішення поставленого завдання пропонується багато різних методів [6–23]. Однак в [4], всі перераховані методи мають порівняно невисоку обчислювальну ефективність, що обмежує рішення поставленого завдання числом змінних $h_z \times h_y$, де h_z – кількість незалежних заявок віддалених абонентів, що обробляються в мережі; h_y – кількість вузлів ГКМ. У зв'язку з цим, виникає необхідність в розробці математичної моделі, що дозволяє побудувати рівномірний розподіл обчислювальних ресурсів неоднорідною обчислювальній мережі по квантах заданого інтервалу часу і забезпечує мінімізацію середньої затримки пакета даних в мережі при розподіленої обробки заявок віддалених абонентів для числа змінних $h_z \times h_y > 300$.

Метою статті є розробка підходу до зменшення нерівномірності розподілення ресурсів в комп'ютерних мережах гіперконвергентної архітектури. Для цього пропонується розробити метод мінімізації середньої затримки транзакцій в комп'ютерних мережах гіперконвергентної архітектури, що дозволяє побудувати рівномірний розподіл виділених обчислювальних ресурсів для обробки безлічі запитів системи по квантам заданого інтервалу часу і знайти таке розбиття множини запитів на підмножини і їх розподіл по вузлах мережі в процесі розподілу обробки, щоб середня затримка пакета даних в мережі приймала мінімальне значення і забезпечувалася рівномірною завантаженням мережі при великій кількості одночасно оброблюваних заявок.

Результати досліджень

Рішення завдання побудови рівномірного розподілу виділених обчислювальних ресурсів по квантах заданого часового інтервалу при обробці заявок

окремих абонентів обчислювальної мережі докладно розглядалося в [24]. Вихідними даними для вирішення даної задачі є: T_z – заданий інтервал часу, який представляє собою кінцевий набір квантів, рівних 1 с; Z – безліч транзакцій e-learning. При цьому часовий інтервал T_z представляється у вигляді відрізка натурального ряду $\{t_{z_1}, t_{z_2}, \dots, t_{z_i}, \dots, t_{z_{h_t}}\}$, де t_{z_i} – i -й квант часу, $1 \leq i \leq h_t$; h_t – число квантів тимчасового інтервалу T_z . Кожна заявка $z_b \in Z$, $1 \leq b \leq h_z$, характеризується параметрами ϕ_{z_b} , $M_\phi^{(\gamma)}$, де ϕ_{z_b} – необхідний ВР для обробки заявки z_b ; $T_{z_b} = \{t_{z_{b1}}, t_{z_{b2}}\}$ – інтервал часу, протягом якого необхідно надати необхідний обчислювальний ресурс; $t_{z_{b1}}$ – початковий квант часового інтервалу T_{z_b} ; $t_{z_{b2}}$ – кінцевий квант часового інтервалу T_{z_b} .

В результаті розподілу γ обчислювальних ресурсів ГKM формується матриця $M_\phi^{(\gamma)}$, в якій кожній заявці $z_b \in Z$ зіставляється вектор-рядок $m_{\phi_b} = (m_{\phi_{b,1}}, \dots, m_{\phi_{b,h_t}})$, що представляє собою розклад виділення обчислювальних ресурсів ГKM для обробки заявки z_b , де компонент $m_{\phi_{b,i}}$ визначає виділений для заявки z_b обчислювальний ресурс в i -й квант часу.

Якість розподілу γ оцінюється за допомогою цільової функції $F^{(\gamma)}$ і величини максимального сумарного виділеного ВР, що припадає на квант заданого тимчасового інтервалу T_z в розподілі γ по

всіх заявках безлічі Z [7]: $m_{\phi_{\max}}^{(\gamma)} = \max_{i=1, \dots, h_t} \sum_{b=1}^{h_z} m_{\phi_{b,i}}$.

За умови рівномірного розподілу по квантам заданого тимчасового інтервалу T_z сумарного обсягу обчислень, необхідного для обробки заявок безлічі Z , вираз для визначення величини мінімального сумарного необхідного ВР, що припадає на квант інтервалу, набуде вигляду [24]: $\phi_{z_{\min}} = \frac{1}{h_t} \sum_{b=1}^{h_z} \phi_{z_b}$.

Основною визначення цільової функції $F^{(\gamma)}$ служить штраф при виділенні заявці $z_b \in Z$ одиниці обчислювального ресурсу в i -й квант часу. Якщо одиниця ВР для заявки z_b , яка характеризується інтервалом часу обробки $T_{z_b} = \{t_{z_{b1}}, t_{z_{b2}}\}$, виділена в i -й квант, то відповідний їй штраф визначається як [24]:

$$s_{t_{b,i}} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_{z_{b1}} \leq t_{z_i} \leq t_{z_{b2}}; \\ (t_{z_{b1}} - t_{z_i}) / \phi_{z_b}, & \text{если } t_{z_i} < t_{z_{b1}}; \\ (t_{z_i} - t_{z_{b2}}) / \phi_{z_b}, & \text{если } t_{z_i} > t_{z_{b2}}. \end{cases}$$

Таким чином, для кожної заявки $z_b \in Z$ маємо

вектор $s_{t_b} = (s_{t_{b1}}, \dots, s_{t_{bh_t}})$, у якого компонент $s_{t_{bi}}$, $1 \leq i \leq h_t$, визначає величину штрафу при виділенні заявці z_b одиниці ВР в i -й квант часу.

Величина штрафу, що характеризує отриманий розподіл γ виділених ВР для обробки безлічі заявок Z , визначає цільову функцію [24]:

$$F^{(\gamma)} = \sum_{b=1}^{h_z} \sum_{i=1}^{h_t} m_{\phi_{b,i}} \cdot s_{t_{b,i}}.$$

При побудові розподілу γ ВР по квантам на заданому інтервалі часу T_z мінімізуються величини $F^{(\gamma)}$ і $m_{\phi_{\max}}^{(\gamma)}$. При цьому для розподілу γ потрібно:

$$\forall z_b \in Z, \forall t_{z_i} \in T_{z_b}, m_{\phi_{b,i}} \geq 0, s_{t_{b,i}} \geq 0;$$

$$\forall z_b \in Z \sum_{i=1}^{h_t} m_{\phi_{b,i}} \leq \phi_{z_b}; \quad \forall t_{z_i} \in T_z \sum_{b=1}^{h_z} m_{\phi_{b,i}} \leq \phi_{t_i},$$

де ϕ_{t_i} – сумарний доступний обчислювальний ресурс ГKM в i -й квант заданого проміжку часу T_z .

Отриманий розподіл γ описується за допомогою кортежу $\langle Z, \phi_z, T_z, \phi_t, M_\phi^{(\gamma)}, F^{(\gamma)}, m_{\phi_{\max}}^{(\gamma)} \rangle$, де Z – множина заявок віддалених абонентів; $\phi_z : Z \rightarrow N_+$ – функція, яка вказує кожній заявці $z_b \in Z$ необхідний обчислювальний ресурс для її обробки; $T_z : Z \rightarrow N_+$ – функція, яка вказує кожній заявці $z_b \in Z$ інтервал часу для її обробки; $\phi_t : T_z \rightarrow N_+$ – функція, яка вказує кожному кванту часу $t_{z_i} \in T_z$ сумарний доступний обчислювальний ресурс ГKM

Для вектор-стовпця $m_{\phi_i} = (m_{\phi_{1,i}}, \dots, m_{\phi_{h_z,i}})$ матриці $M_\phi^{(\gamma)}$, що визначає виділений ВР ГKM для обробки заявок множини Z в i -й квант заданого інтервалу часу T_z необхідно знайти таке розбиття множини заявок Z на підмножини і їх розподіл по вузлах ГKM, щоб середня затримка пакета даних в мережі приймала мінімальне значення. Цільова функція задачі пошуку оптимального розбиття множини завдань Z , оброблюваних в мережі, на підмножини і їх розподілу по вузлах $Y_A \in Y$, визначається так [4]:

$$F^{(\gamma)} = \frac{1}{u_{z_{\max}}} \cdot \sum_{b=1}^{h_z} \sum_{a=1}^{h_y} m_{z_{b,a}} \cdot s_{y_{b,a}}, \quad (1)$$

де Y – множина вузлів ГKM; $u_{z_{\max}}$ – незалежна від розподілу γ величина, яка визначає максимальну сумарну інтенсивність обміну заявок з вузлами обчислювальної мережі відповідно до вираження

$$u_{z_{\max}} = \sum_{b=1}^{h_z} \sum_{i=1}^{h_y} u_{z_{b,i}}; \quad u_{z_{b,i}} - \text{інтенсивність обміну зая-$$

вки $z_b \in Z$ з вузлом $y_i \in Y$; $m_{z_{b,a}}$ – ОР вузла y_a , необхідний для обробки заявки z_b ; $s_{y_{b,a}}$ – штраф при розподілі заявки $z_b \in Z$ на вузол $y_a \in Y$, визначений вира-

зом $s_{y_b,a} = \sum_{i=1}^{h_y} (u_{z_b,i} \cdot h_{w_{a,i}}) / \phi_{z_b}$; $h_{w_{a,i}}$ – довжина найкоротшого маршруту між вузлами u_a і u_i , що визначається числом каналів ПД, що входять в цей маршрут. Отриманий розподіл γ відповідає вимогам:

$$\forall y_a \in Y \left\{ \sum_{b=1}^{h_z} m_{z_b,a} \leq \phi_{y_a}; \forall z_b \in Z \left\{ \sum_{a=1}^{h_y} m_{z_b,a} \leq \phi_{z_b}; \right. \right.$$

$$\left. \sum_{a=1}^{h_y} \phi_{y_a} \geq \sum_{b=1}^{h_z} \phi_{z_b}; s_{y_b,a} \geq 0, s_{z_b,a} \geq 0, \right.$$

при $1 \leq a \leq h_y$, $1 \leq b \leq h_z$, де ϕ_{y_a} – доступний обчислювальний ресурс вузла $y_a \in Y$.

З урахуванням наведених умов, завдання пошуку оптимального розбиття множини заявок Z , оброблюваних в обчислювальній мережі, на підмножини і їх розподілу по вузлах $y_a \in Y$ може бути сформульована таким чином. Нехай задані безлічі заявок Z і вузлів Y обчислювальної мережі, які визначаються кортежами $\langle Z, \phi_z, U_z \rangle$ та $\langle Y, \phi_y, H_w \rangle$, де $\phi_z = (\phi_{z_1}, \dots, \phi_{z_{h_z}})$ – вектор необхідних ОР для обробки множини заяв Z ; $U_z = \|u_{z_{b,i}}\|$ – матриця інтенсивності обміну заявкою множини Z з вузлами множини Y ; $\phi_y = (\phi_{y_1}, \dots, \phi_{y_{h_y}})$ – вектор доступних ОР вузлів Y обчислювальної мережі; $H_w = \|h_{w_{a,i}}\|$ – матриця довжин найкоротших маршрутів між кожною парою вузлів ГKM u_a і u_i ,

$1 \leq a \leq h_y$, $1 \leq i \leq h_y$. Потрібно знайти такий розподіл γ , який задовольняє умови 1 – 4, щоб вираз (1) приймало мінімальне значення.

Для вирішення зазначеного завдання доцільно використовувати метод потенціалів [4], що забезпечує послідовне виконання наступних операцій: побудова базового розподілу ОР мережі; побудова системи потенціалів; перевірку базового розподілу на раціональність; побудова замкнутого контуру і перерозподіл ОР по контуру з метою мінімізації цільової функції $F^{(\gamma)}$. В результаті розбиття множини заявок Z , оброблюваних в ГKM, на підмножини і їх розподілу по вузлах безлічі Y , що забезпечують мінімізацію середньої затримки пакета даних в мережі, формується матриця $M_z^{(\gamma)}$, кожен елемент $m_{z_b,a}$ якої визначає ОР вузла $y_a \in Y$, виділений для обробки заявки $z_b \in Z$. Результуючий розподіл описується як $\langle Z, \phi_z, Y, \phi_y, M_z^{(\gamma)}, F^{(\gamma)} \rangle$.

Висновки

Таким чином, запропонований підхід до формування рівномірного розподілу ресурсів в комп'ютерних мережах гіперконвергентної архітектури. Підхід ґрунтується на запропонованому методі мінімізації середньої затримки, що враховує особливості гіперконвергентної архітектури. Застосування підходу дозволяє збалансувати мережеву навантаження при великому числі запитів і досягти вимог до оперативності їх обробки. **Напрямок подальших досліджень** – розробити метод, який зв'яже інформаційну структуру e-learning зі структурою базової гіперконвергентної мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- White Paper: Riverbed Hyper-converged Edge, available at: <https://www.riverbed.com/document-repository/white-paper--riverbed-hyper-converged-edge.html> (accessed 23 April 2017).
- Черняк, Л. (2012), “Время конвергентных инфраструктур”, Открытые системы. СУБД, № 4, available at: <https://www.osp.ru/os/2012/04/13015754/> (accessed 23 April 2017).
- Ганьжа, Д. (2016), “Гиперконвергенция: ИТ-инфраструктура на раз, два, три”, /Журнал сетевых решений, № 5, available at: www.osp.ru/lan/2016/05/13049349 (accessed 23 April 2017).
- Кучук Г. А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення / Г. А. Кучук. – Х.: ХУПС, 2013. – 264 с.
- Кучук Г. А. Концептуальний підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі / Г. А. Кучук, І. В. Рубан, О. П. Давікоза // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 7 (114). – С. 106 – 112.
- Сергиенко І.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наук. думка, 1985. – 520 с.
- Gelenbe E. Analysis and synthesis of computer systems (2nd Edition) / E. Gelenbe, G. Pujolle // Advances in Computer Science and Engineering : Texts – Vol.4 – 2010. – 309 p.
- Whitt W. The Queuing Network Analyzes / W. Whitt // Bell System Tech. I. – 1983. – Vol. 62, № 9. – P. 2779 – 2815.
- Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44–48.
- Кучук Г. А., Можаяв О. О., Воробйов О. В. Метод агрегування фрактального трафіка. Радіоелектронні та комп'ютерні системи. 2006. № 6 (18). С. 181–188.
- Saravana, Balaji B., Karthikeyan, N.K. and Raj Kumar, R.S., (2018), “Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation”, *Computers & Electrical Engineering*, Vol. 69, pp. 435–446.
- Saravana, Balaji B., Mohamed, Uvaze Ahamed, Eswaran C. and Kannan R., (2019), “Prediction-based Lossless Image Compression”, *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics* (Springer), Vol. 30, No 1, pp.1749 – 17961, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00665-5_161
- Кучук Г. А. Фрактальный гауссовский шум в трафиковых трассах / Г.А. Кучук // Системи обробки інформації. – 2004. – № 3(31). – С. 91-100.
- Кучук Г.А. Анализ та моделі самоподібного трафіка / Г.А. Кучук, О.О. О.В. Можаяв, Воробйов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – Вып. 9 (35). – С. 173-180.

15. Gomathi, B, Karthikeyan, N.K. and Saravana, Balaji B., (2018), "Epsilon-Fuzzy Dominance Sort Based Composite Discrete Artificial Bee Colony optimization for Multi-Objective Cloud Task Scheduling Problem", *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, Vol. 13, Issue 1-3, pp. 247-266, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJBIDM.2018.088435>
16. Dhivakar B., Saravanan S.V., Sivaram M., Krishnan R.A. Statistical Score Calculation of Information Retrieval Systems using Data Fusion Technique". *Computer Science and Engineering*. 2012. Vol. 2, Issue 5. pp.43-45. doi: <http://doi.org/10.5923/j.computer.20120205.01>
17. Sivaram, M., Batri, K., Amin Salih, Mohammed and Porkodi V. (2019), "Exploiting the Local Optima in Genetic Algorithm using Tabu Search", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume 12, Issue 1, doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2019/v12i1/139577>
18. Ruban, I. Redistribution of base stations load in mobile communication networks / I. Ruban, H. Kuchuk, A. Kovalenko // Innovative technologies and scientific solutions for industries. – 2017. – No 1 (1) – P. 75-81.
19. Коваленко А.А. Сучасний стан та тенденції розвитку комп'ютерних систем об'єктів критичного застосування / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2018. – Вип. 1(47). – С. 110-113. DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.1.110>
20. Кучук Г. А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системи обробки інформації. – 2014. – № 7(123). – С. 93-96.
21. Кучук Г. А. Метод параметрического управления передачей данных для модификации транспортных протоколов беспроводных сетей / Г.А. Кучук, А.С. Мохаммад, А.А. Коваленко // Системи обробки інформації. – 2011. – № 8(98). – С. 211-218.
22. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. ЛуковаЧуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
23. Sivaram, M., Yuvaraj, D., Amin Salih, Mohammed, Porkodi, V. and Manikandan V. (2018), "The Real Problem Through a Selection Making an Algorithm that Minimizes the Computational Complexity", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, iss. 2, 2018, pp. 95-100.
24. Kosenko V. Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network. Сучасні інформаційні системи (Advanced Information Systems). 2017. Т. 1, № 2. С. 4-9. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. В. Рубан,
Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків
Received (Надійшла) 16.01.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.02.2019

Равномерное распределение ресурсов компьютерных систем с гиперконвергентной инфраструктурой

Н. Г. Кучук, В. И. Панченко, А. М. Филоненко, И. Ю. Петровская

Актуальность исследования. Инфраструктура, создаваемая на конвергентной платформе, предполагает объединение памяти, вычислительных и сетевых ресурсов в единый пул, а при гиперконвергентной инфраструктуре вычислительные мощности, хранилища, серверы, сети объединяются в одно целое с помощью программных средств. **Целью статьи** является разработка подхода к уменьшению неравномерности распределения ресурсов в компьютерных сетях гиперконвергентной архитектуры. **Результаты исследования.** Предложен метод минимизации средней задержки транзакций в компьютерных сетях гиперконвергентной архитектуры, позволяющий построить равномерное распределение выделенных вычислительных ресурсов для обработки множества заданий системы по квантам заданного интервала времени. Целевая функция задачи поиска рационального разбиения множества запросов, обрабатываемых в вычислительной сети, на подмножества и их распределения по узлам гиперконвергентной сети, определяется при помощи ввода функции штрафов при выделении каждому запросу единицы вычислительного ресурса в текущий квант времени. **Выводы.** Предложен подход к формированию равномерного распределения ресурсов в компьютерных сетях гиперконвергентной архитектуры. Применение подхода позволяет сбалансировать сетевую нагрузку при большом числе запросов и достичь требований к оперативности их обработки.

Ключевые слова: гиперконвергентная архитектура; балансировка сети, метод штрафов.

Uniform resource allocation of computer systems with hyperconvergent infrastructure

N. Kuchuk, V. Panchenko, A. Filonenko, I. Petrovskaya

The relevance of research. The infrastructure created on a converged platform involves the integration of memory, computing and network resources into a single pool, and with a hyper-convergent infrastructure, computing power, storage, servers, networks are combined into one whole using software tools. **The purpose of the article** is to develop an approach to reducing the uneven distribution of resources in computer networks of hyperconvergent architecture. **The results of the study.** A method is proposed for minimizing the average transaction latency in computer networks of a hyperconvergent architecture, which makes it possible to construct a uniform distribution of the allocated computational resources for processing a set of system tasks using the quanta of a given time interval. The objective function of the task of finding a rational partition of the set of queries processed in the computer network into subsets and their distribution among the nodes of the hyperconvergent network is determined by entering the penalty function when each query unit is allocated a computing resource in the current time slot. **Conclusions.** An approach to the formation of a uniform distribution of resources in computer networks of hyperconvergent architecture is proposed. The application of the approach allows you to balance the network load with a large number of requests and to achieve the requirements for the efficiency of their processing.

Keywords: hyperconvergent architecture; network balancing, penalty method.

І.О. Мартінкус, К.А. Нагорний, М.В. Ткачук

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

МЕТРИКИ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВІВ НАСКРІЗНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ В УСПАДКОВАНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ

Предметом вивчення в статті є метрики та засоби для дослідження впливу наскрізної функціональності в успадкованих програмних системах. **Метою** є підвищення ефективності використання пост об'єктно-орієнтованих технологій (ПООТ) у процесі супроводу успадкованих програмних систем (УПС). **Завдання:** розглянути проблему наскрізної функціональності (НФ) при розробці та супроводу УПС, можливі типи та класифікації НФ, запропонувати метрики для дослідження негативного впливу НФ, розробити процедуру класифікації НФ, програмний засіб для реалізації запропонованого підходу, та проведення експериментальних досліджень. Використовуваними **методами** є: кількісні метрики якості програмного забезпечення, об'єктно-орієнтовані та пост об'єктно-орієнтовані методи аналізу та синтезу програмного забезпечення. Отримані такі **результати:** досліджено особливості негативного впливу НФ на супровід УПС, запропоновано множину метрик її вимірювання (питома вага НФ в вихідному коді цільової УПС, розповсюдження НФ серед програмних компонентів УПС, ступінь розсіювання НФ у компонентах УПС). Розроблено процедуру класифікації НФ та запропоновано програмний засіб для реалізації оцінки негативного впливу НФ на супровід УПС. **Висновки.** Проведені експериментальні дослідження для тестових УПС показали, що найменший ступінь присутності НФ після модифікації структури УПС на основі ПООТ забезпечує застосування аспектно-орієнтованого підходу. Напрямоком подальших досліджень є розробка методик та проведення експериментів з метою оцінки впливу застосування ПООТ на рівень присутності дефектів у програмному коді УПС.

Ключові слова: наскрізна функціональність, пост об'єктно-орієнтовані технології, метрики, успадкована програмна система.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Останні тенденції в області розробки та супроводу сучасних ПС, зокрема, такі як їх постійно зростаючі структурна складність та інтенсивність внесення змін у вимоги до програмних систем, привели до того, що у практиці застосування об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) проявилися певні кризові явища. Одне із них отримало назву феномену наскрізної функціональності (crosscutting functionality) – НФ, суть якої полягає в неможливості виділити програмний код НФ в окремий програмний клас, натомість код НФ є розсіяним з-поміж класів, в яких реалізовані інші вимоги до програмних систем (ПС). Для подолання негативних наслідків НФ були запропоновані нові технології розробки програмного забезпечення, що розширюють можливості застосування ООП за рахунок вбудованих механізмів, які дозволяють ізолювати програмний код НФ в окремому програмному модулі, та потім у неінвазійний спосіб отримати нову конфігурацію ПС. Ці нові підходи до створення ПС можуть бути узагальнено визначені терміном пост об'єктно-орієнтовані технології (ПООТ)

В роботі [1] вирішувалася науково-практична задача розробки моделей та інформаційних технологій для визначення ефективності використання пост об'єктно-орієнтованих технологій у процесі супроводу успадкованих програмних систем (УПС). В рамках цієї роботи досліджувалася проблема впливу наскрізної функціональності на супровід УПС.

Мета статті – дослідження негативного впливу НФ на успадковані програмні системи за допомогою метрик, та розробка відповідної процедури класифікації НФ та програмного засобу для реалізації запропонованого підходу

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день існує багато досліджень, присвячених проблемі НФ взагалі, та варіативності її проявів у вихідному коді ПС зокрема. В літературі досліджуються властивості НФ, наводяться різні варіанти її типізації відповідно до цих властивостей та пропонуються відповідні засоби реакції на ті чи інші типи НФ [2, 10, 11]. Крім того в роботах [12, 13, 14] запропоновано варіант розділення НВ на сорти, яких усього налічується 13.

В цій роботі пропонуються метрики та засоби для дослідження впливу НФ на успадковані програмні системи. Для цього в першому розділі досліджується поняття НФ ті підходів щодо його класифікації. В другому розділі розробляється множина метрик для вимірювання негативного впливу НФ. В третьому розділі пропонується процедура та програмний засіб для дослідження НФ та аналіз експериментальних результатів ПС. В четвертому розділі визначаються задачі для подальших досліджень.

Основна частина

1. Наскрізна функціональність та її (негативний) вплив на процес розробки програмних систем

Наскрізна функціональність (НФ) [2] – це цілісний, на рівні опису вимог, запит кінцевого користувача до функціональності ПС, який розсіюється (crosscut) на рівні розробки ПЗ. Тобто, це така частина бізнес-логіки УПС, яка не може бути локалізована в окремий програмний модуль у вигляді вихідного коду, але залишається самостійною у вигляді вимоги до цієї УПС.

Найпростіший підхід до визначення типу НФ – це підхід, що орієнтується на природу НФ: гомогенна або гетерогенна НФ [10]. В дослідженні [11] пропонується розділення НФ на відповідні шаблони

(іх 13) які розбиті на 4 категорії: плоскі шаблони НФ (flat crosscutting patterns), шаблони наслідування (inheritance-wise concerns), «шаблони зв'язку» (communicative concerns) та інші шаблони (miscellaneous), що не увійшли до перших трьох груп. В рамках цього дослідження запропоновані стратегії щодо виявлення таких шаблонів НФ та даються рекомендації, яким чином можливо усунути реалізації НФ, що віднесені до конкретного шаблону за допомогою АОП.

У роботах [12–14] запропоновано розділяти НФ на сорти, всього таких сортів представлено 13. Кожен сорт НФ характеризується п'ятьма атрибутами, що відображають його «назву» (name), «намір» (intent), «успадковану реалізацію» (legacy implementation), «бажану реалізацію» (desired implementation), «варіанти» (instances), наприклад:

- *назва* (сорту НФ) – «Прошарок переспрямування» (Redirection layer);
- *намір* (опис) – НФ визначає інтерфейсний прошарок для об'єкта та перенаправляє виклики до цього об'єкта;
- *успадкована реалізація* (ООП) – визначення проміжного прошарку (декоратор або адаптер), та додання методів до цього прошарку, що перенаправляють їх виклики;
- *бажана реалізація* (АОП) – зріз (pointcut) та порада заміщення (around advice);
- *варіанти* – шаблон «Декоратор», шаблон «Адаптер» [15].

Для кожного сорту НФ надається порада щодо усунення її за допомогою АОП, тобто в рамках цих робіт, бажана реалізація є аспектно-орієнтована реалізація.

2. Вимірювання негативного впливу наскрізної функціональності

2.1. Питома вага НФ в вихідному коді цільової УПС.

Зазначені вище способи класифікації НФ: шаблони, сорти з точки зору команди супроводу УПС можуть давати загальне розуміння присутності НФ, відноситься до деякого класу, та деякі можливі стратегії її видалення. Але ці класи не дають кількісного уявлення про складність ураження системи НФ. З огляду на це в рамках даного дослідження пропонується додатковий клас, що має розрізняти різні реалізації НФ за ступенем поширення її в УПС: «слабке ураження», «ураження середньої тяжкості», «сильне ураження».

Ступінь ураження УПС можна виразити через коефіцієнт питомої ваги НФ (Crosscutting Functionality Ratio – CFR), що запропоновано у [3]:

$$CFR = \frac{C_{cf}}{N}, \quad CFR \in [0;1] \quad (1)$$

де CFR – коефіцієнт питомої ваги НФ в УПС,

C_{cf} – кількість класів базової бізнес-логіки УПС, де присутній вихідний код НФ,

N – загальна кількість класів в УПС.

Якщо $CFR = 1$, це свідчить про те, що НФ уражені всі класи УПС. Якщо $CFR = 0$, присутності НФ в системі не виявлено.

При цьому граничні показники коефіцієнта питомої ваги НФ, пропонується обирати за принципом звичних знань для нормалізованих показників, згідно із [4], що наведені у табл. 1:

Таблиця 1 – Граничні значення для нормалізованих показників

Граничне значення	Семантичне значення
0.25	Одна чверть
0.33	Одна третина
0.5	Половина
0.66	Дві третини
0.75	Три чверті

Таким чином, граничні значення діапазонів ураження УПС наскрізною функціональністю будуть наступні:

- якщо значення метрики $0 \leq CFR < 0.33$ – то дана УПС має слабе ураження, тобто НФ присутня менше ніж у третині її класів;
- якщо значення метрики потрапляє в діапазон $0.33 \leq CFR < 0.75$ – то дана УПС має ураження середньої тяжкості, тобто НФ присутня у трьох чвертях її класів;
- якщо значення метрики $0.75 \leq CFR \leq 1$ – то дана УПС має сильне ураження, тобто НФ присутня майже в усіх її класах;

Рис. 1 в термінах діаграми класів, нотації UML 2.0 [5] відображає існуючі (запропоновані в інших роботах) класи НФ, та з огляду на їх недоліки до існуючої класифікації додано новий клас за ступенем ураження УПС наскрізною функціональністю [3].

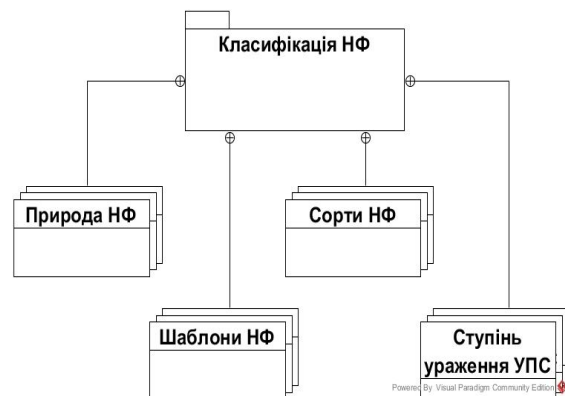


Рис. 1. Класифікація наскрізної функціональності

2.2. Розповсюдження НФ серед програмних компонентів УПС.

В [6] запропоновано декілька метрик, та також присутнє порівняння їх із уже відомими. Одна із запропонованих у зазначеній роботі метрик є ступінь розсіювання (Degree of Scattering) DS , що вимірює ступінь розсіювання НФ серед класів УПС. Вона показує на скільки таке розсіювання рівномірне:

$$DS = 1 - \frac{N}{N-1} \sum_{n=2}^N \left(\frac{LOC(cf, n)}{LOC(cf)} - \frac{1}{N} \right)^2, \quad DS \in [0;1], \quad (2)$$

де N – кількість класів бізнес-логіки, $N > 1$,

$LOC(cf,n)$ – кількість строк коду у класі n , що відносяться до НФ,

$LOC(cf)$ – загальна кількість строк коду, що відносяться до НФ.

Якщо $DS = 1$, це свідчить про те, що НФ рівномірно розсіяна серед уражених їй класів УПС. Якщо ж $DS = 0$, то така НФ повністю ізольована. Ця метрика є досить придатною для подальших розрахунків, за виключенням одного недоліку – вона не відображає кількість класів, що уражені в УПС. Тобто не є зрозумілим, у якій саме частині УПС присутня НФ, яка наприклад рівномірно розсіяна.

2.3. Ступінь розсіювання НФ у компонентах УПС. Беручи до уваги різні аспекти НФ, що можуть бути виміряні за допомогою зазначених вище метрик, в рамках даного дослідження пропонується поєднати деякі із них (1) та (2). Таким чином, комбінована метрика буде показувати на скільки рівномірно розсіяна (scattered) НФ серед уражених їй класів УПС [7]:

$$CFL = DS \cdot CFR, CFL \in [0;1], \quad (3)$$

де CFL – ступінь присутності НФ (Crosscutting Functionality Level),

DS – ступінь розсіювання НФ (Degree of Scattering), вираз (2),

CFR – коефіцієнт питомої ваги НФ (Crosscutting Functionality Ratio), вираз (1).

Якщо $CFL = 1$, це свідчить про те, що НФ рівномірно розсіяна серед усіх класів УПС, тобто уражені усі класи. Якщо $CFL = 0$, то НФ повністю ізольована в одному класі.

3. Процедура та програмний засіб для дослідження НФ та аналіз експериментальних результатів УПС

Для класифікації та дослідження наскрізної функціональності слід обрати один з методів або алгоритмів класифікації. До найбільш відомих методів класифікації відносяться: дерево рішень, метод Байеса та метод SVM (support vector machine) [9]. У якості цільового методу класифікації було обрано метод дерева рішень. Процедура визначення класу НФ у нотатції IDEF0 зображена на рис. 2.

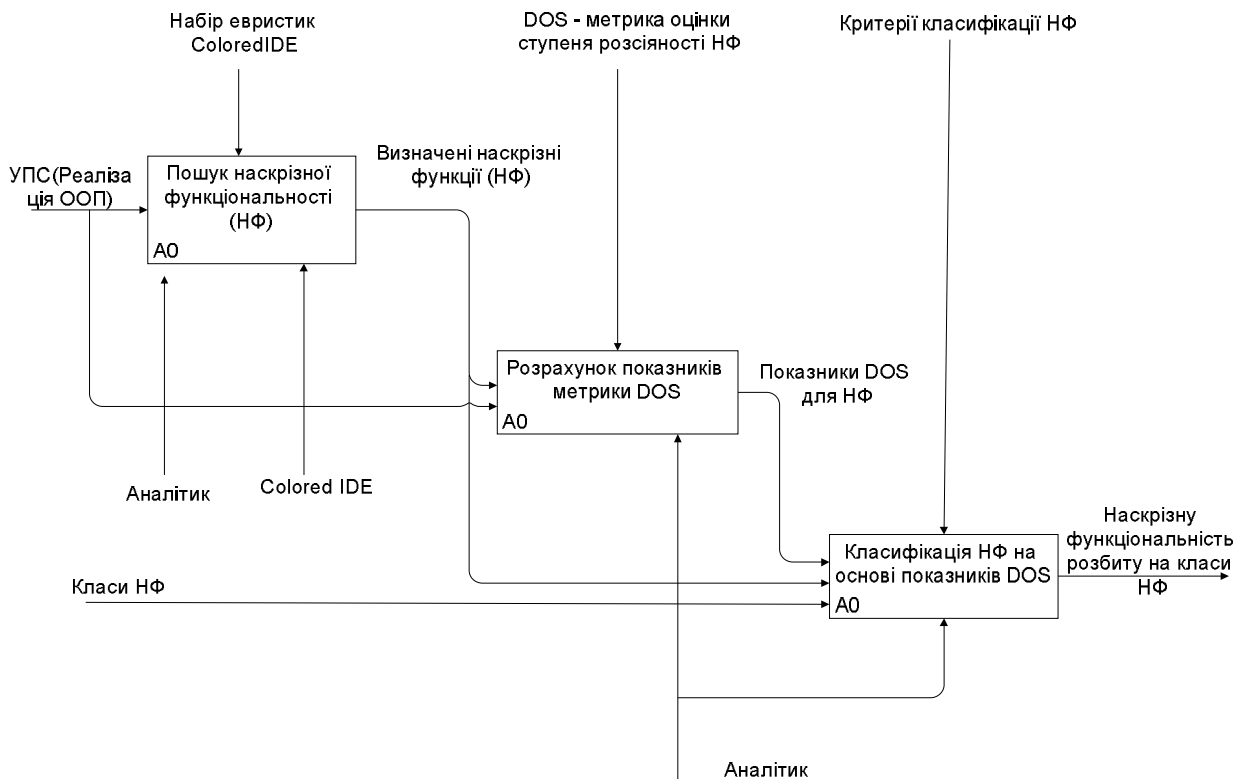


Рис. 2. Процедура класифікації НФ

Для автоматизації застосування запропонованих метрик визначення впливу НФ було розроблено програмний засіб, який реалізує запропоновану процедуру, фрагмент діаграми класів якого представлений на рис 3.

На основі обробки повного об'єму експериментальних даних, приклад розрахунків яких був приведений у попередньому параграфі, були отримані остаточні результати застосування запропонованої інформаційної технології визначення ефективності використання ПООТ в процесі супроводу ПС [7,8].

Для цього були обрані чотири УПС відповідного класу та сфери застосування. Початкові характеристики цих систем для першої фази експерименту наведені в табл. 2.

Таким чином, УПС №1 відповідно до загальної процедури запропонованої інформаційної технології віднесена до першого (I) типу ПС, вона є стабільною з точки зору стану запитів на модифікацію, тобто стан її ФВ визначається як «низький», а ранг ФВ представляється найнижчим «нейтральним» пріоритетом, та «низькою» функціональною складністю.

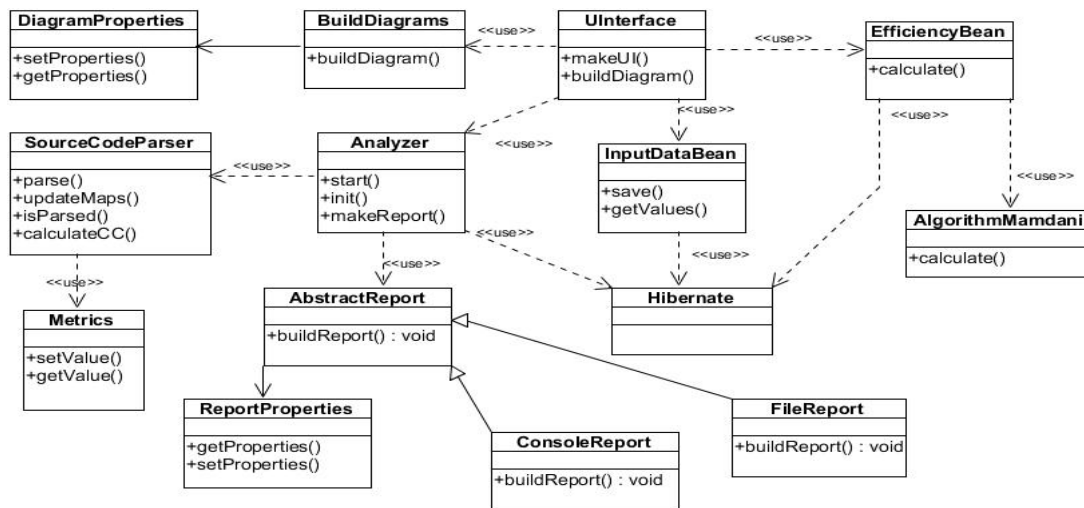


Рис. 3. Фрагмент діаграми класів розробленого програмного засобу

Таблиця 2 – Вхідні характеристики досліджуваних УПС

№ УПС	Кількість java- класів що реалізують бізнес-логіку	Ранг ФВ	Структурна складність	Тип УПС
1	58	Низький	Проста	I
2	97	Високий	Проста	II
3	119	Низький	Складна	III
4	334	Високий	Складна	IV

Також УПС №1 має «просту» структурну складність, що вказує на те що показники по всім метрикам складності програмного коду не перевищують їх середнього граничного значення для більшості структурних елементів (методів, класів).

УПС №2 віднесена до другого (II) типу ПС, вона є «нестабільною» з точки зору стану запитів на модифікацію, тому що має «високий» ранг ФВ, що характеризується здебільшого максимальним «невідкладним» пріоритетом виконання вимог та максимальною «високою» функціональною складністю вимог. У той самий час, УПС №2 має «просту» структурну складність, що як у випадку із УПС №1, вказує на те, що показники метрик програмного коду не перевищують середні граничні умови для більшості структурних елементів цієї програмної системи.

УПС №3 віднесена до третього (III) типу ПС, вона є «стабільною» з точки зору стану запитів на модифікацію, т.я. має «низький» ранг ФВ, але вона має «високу» структурну складність, що вказує на те, що показники метрик програмного коду перевищують середні граничні умови, тобто належать до «складного» сегменту, для більшості структурних елементів цієї програмної системи. Це, в свою чергу,

вказує на те, що УПС містить недосконалі проектні рішення та зумовлює ускладненість її супроводу.

УПС №4 віднесена до четвертого (IV), найскладнішого типу ПС, вона є «не стабільною» з точки зору стану запитів на модифікацію, тому що має «високий» ранг ФВ. УПС №4 має «високу» структурну складність, що вказує на те, що показники метрик програмного коду перевищують середні граничні умови, тобто належать до «складного» сегменту УПС з точки зору більшості структурних елементів цієї програмної системи. Відповідно, ця УПС містить недосконалі проектні рішення, які з урахуванням функціональної складності і невідкладності реалізації нових ФВ дуже сильно ускладнюють супровід такої УПС.

Для зазначених УПС, відповідно до четвертого етапу методики проведення експерименту (представленої у попередньому параграфі), був визначений коефіцієнт питомої ваги НФ (див. Табл. 3). Слід зазначити, що для розрахунку показників НФ, до розгляду приймаються незалежні від каркасу (framework) класи, а саме, java-класи бізнес-логіки.

Згідно із даними у Табл. 3 та відповідно до запропонованої класифікації НФ, всі розглянуті вище УПС мають «ураження» НФ середньої тяжкості.

Таблиця 3 – Коефіцієнт питомої ваги в досліджуваних УПС

№ УПС	Загальна кількість класів бізнес-логіки	Кількість «уражених» класів бізнес-логіки	Кількість класів бізнес-логіки «вільних» від НФ	Показник коефіцієнта питомої ваги НФ
1	58	21	37	36,21%
2	97	59	51	60,82%
3	119	76	43	63,87%
4	334	156	178	46,71%

Для УПС III та IV, такі ураження є досить суттєвими, так як НФ має властивості «заплутуватись» та «перемішуватись» (див. п. 1.2 першого розділу роботи), що у поєднанні із складною структурою цих УПС, додатково ускладнюють процес супроводу системи.

Після відповідних ПООТ - модифікацій вихідного коду усіх УПС, розрахований ступінь присут-

ності НФ (*CFL* – Crosscutting Functionality Level) представлено графіками на рис. 4. Із результатів розрахунку *CFL* видно, що найменший ступінь присутності НФ після ПООТ - модифікації структури УПС забезпечує застосування аспектно-орієнтованого підходу (АОП), який є близьким до 0,05%, тобто використання АОП дозволяє ізолювати НФ в найменшій кількості додаткових АОП - модулів.

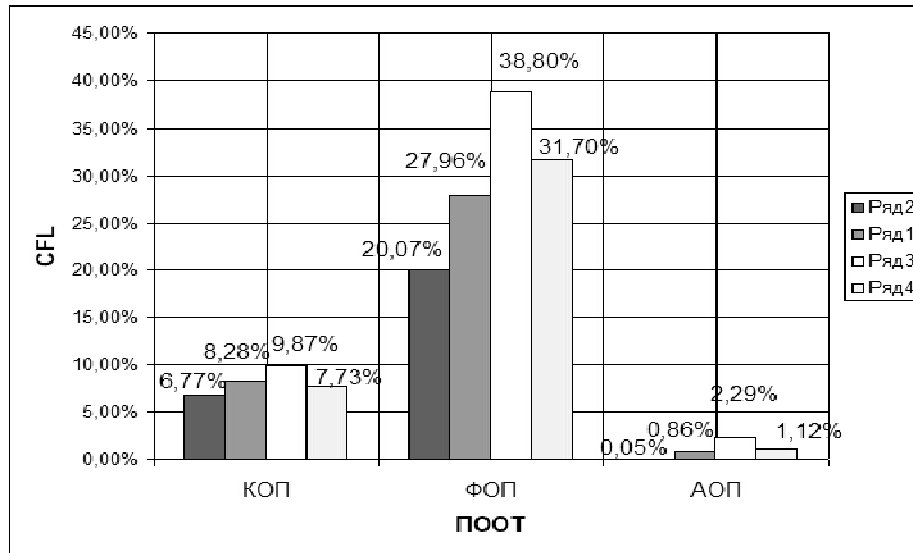


Рис. 4. Показник ступеню присутності НФ (*CFL*)

Висновки і напрямки подальших досліджень

В роботі було розглянуто особливості негативного впливу НФ на супровід успадкованих програмних систем та запропоновано множину метрик його вимірювання, а саме для оцінки:

- 1) питомої ваги НФ в вихідному коді цільової УПС;
- 2) ступеня розповсюдження НФ серед програмних компонентів УПС;
- 3) ступеня розсіювання НФ у компонентах УПС.

Розроблено процедуру класифікації НФ та запропоновано програмний засіб для реалізації оцінки негативного впливу НФ на супроводі УПС. Проведені експериментальні дослідження для тестових УПС показали що найменший ступінь присутності НФ після ПООТ - модифікації структури УПС забезпечує застосування аспектно-орієнтованого підходу.

Подальші дослідження мають бути направлені на розробку методики та проведення експериментів з метою оцінки впливу застосування ПООТ на рівень присутності дефектів у програмному коді успадкованої програмної системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нагорний, К.А. Моделі та інструментальні засоби супроводу програмних систем на основі пост об'єктно-орієнтованих технологій: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, 2016. 182 с.
2. Kaur, A., Johari, K. Identification of Crosscutting Concerns: A Survey. / Kaur A., Johari K. // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2009. – vol. 1(3). – pp. 166-172.
3. Ткачук, Н.В., Нагорний, К.А. Об одном подходе к оценке эффективности применения пост объектно-ориентированных технологий при сопровождении программных систем / Ткачук Н.В., Нагорный К.А. // Проблемы программирования. – К.: НАН України. – 2010. – № 2-3 (спец. выпуск). – с. 252 - 260.
4. Lanza, M., Marinescu, R. Object-Oriented Metrics in Practice: Using Software Metrics to Characterize, Evaluate, and Improve the Design of Object-Oriented Systems/ Lanza, M., Marinescu, R. – Germany: Springer-Verlag, 2006. – 207 p.
5. Unified Modeling Language (UML) Resource Page //Офіційний веб-ресурс уніфікованої мови моделювання UML, що розробляється консорціумом OMG – Object Management Group [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.uml.org>
6. Eaddy, M., Aho, A., Murphy, G. C. Identifying, Assigning, and Quantifying Crosscutting Concerns / Eaddy M., Aho A., Murphy G. C. // Proceedings of the ACoM '07: the First International Workshop on Assessment of Contemporary Modularization Techniques – 2007.
7. Нагорний К. А. Разработка и применение методики оценки эффективности пост объектно-ориентированных технологий. / Нагорный К.А. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 3/10 (63). – с. 21–25.
8. Нагорний К. А. Експериментальне дослідження ефективності пост об'єктно-орієнтованих технологій розробки програмних систем. / К. А. Нагорний, М. В. Ткачук, Ю. М. Жадан // Матеріали XXII міжнародної науково-практичної

- конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», НТУ «ХПИ», Харків, 15-17 жовтня 2014 р. – с. 15.
9. Черезов Д. С. Обзор основных методов классификации и кластеризации данных / Черезов Д. С., Тюкачев Н. А., Воронежский государственный университет, 2009.
 10. Apel, S., Batory, D., Rosenmüller, M. On the Structure of Crosscutting Concerns: Using Aspects or Collaborations? / Apel S., Batory D., Rosenmüller M. // Proceedings of the AOPLE'06: the 1st Workshop on Aspect-Oriented Product Line Engineering co-located with the GPCE'06: the 5th International Conference on Generative Programming and Component Engineering. – Portland, OR, USA. – Oct. 2006.
 11. Figueiredo, E. Concern-Oriented Heuristic Assessment of Design Stability. Submitted for the Degree of PhD. / Figueiredo E. – Lancaster University, Lancaster, UK, October 2009. – 237 p.
 12. Marin, M., Moonen, L., Deursen, A.V. A Classification of Crosscutting Concerns. / Marin M., Moonen L., Deursen A.V. // Proceedings of the ICSM'2005: the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance, IEEE Computer Society. – 2005. – pp. 673-676.
 13. Marin, M., Moonen, L., Deursen, A.V. An Approach to Aspect Refactoring Based on Crosscutting Concerns Types. / Marin M., Moonen L., Deursen A.V. // Proceedings of the MACS'2005: Workshop on Modeling and Analysis of Concerns in Software, ACM. – St. Louis, Missouri. – 2005. – pp. 1-5.
 14. Marin, M. Formalizing typical crosscutting concerns. / Marin M. // Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance, IEEE Computer Society. – 2005. – pp 673-676.
 15. Gamma, E. et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software / Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. – Addison-Wesley, 1994. – 395 p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. О. Філатов,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків
Received (Надійшла) 20.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Метрики и средства для исследования проявлений сквозной функциональности в унаследованных программных системах

И. О. Мартинкус, К. А. Нагорный, Н. В. Ткачук

Предметом изучения в статье являются метрики и средства для исследования влияния сквозной функциональности в унаследованных программных системах. **Целью** является повышение эффективности использования пост-объектно-ориентированных технологий (ПООТ) в процессе сопровождения унаследованных программных систем (УПС). **Задачи:** рассмотреть проблему сквозной функциональности (СФ) при разработке и сопровождению УПС, возможные типы и классификации СФ, предложить метрики для исследования негативного влияния СФ, разработать процедуру классификации СФ, программное средство для реализации предлагаемого подхода и проведение экспериментальных исследований. Используемыми **методами** являются количественные метрики качества программного обеспечения, объектно-ориентированные и пост-объектно-ориентированные методы анализа и синтеза программного обеспечения. Получены следующие **результаты.** Исследованы особенности негативного влияния СФ на сопровождение УПС, предложено множество метрик его измерения (удельный вес СФ в исходном коде целевой УПС, распространение СФ среди программных компонентов УПС, степень рассеивания СФ в компонентах УПС). Разработана процедура классификации СФ и предложено программное средство для реализации оценки негативного воздействия СФ на сопровождение УПС. **Выводы.** Проведенные экспериментальные исследования для тестовых УПС показали, что наименьшая степень присутствия СФ после модификации структуры УПС на основе ПООТ обеспечивает применение аспектно-ориентированного подхода. Направлением дальнейших исследований является разработка методик и проведение экспериментов с целью оценки влияния применения ПООТ на уровень присутствия дефектов в программном коде УПС.

Ключевые слова: сквозная функциональность, пост-объектно-ориентированные технологии, метрики, унаследованная программная система.

Metrics and tools for exploration of the crosscutting functionality in legacy software systems

I. Martinkus, K. Nagorny, M. Tkachuk

The **subject matter** of the article are metrics and tools for studying the influence of crosscutting functionality in legacy software systems (LSS). The **goal** is to increase the efficiency of post-object-oriented technologies (POOT) usage in the process of maintainability legacy software systems. The **tasks** are: consider the problem of crosscutting functionality (CF) in the development and maintenance of LSS, possible types and classification of CF, purpose metrics for studying the negative impact of CF, develop a classification procedure for CF, a software tool for implementing the proposed approach and conducting experimental research. The **methods** used are quantitative software quality metrics, object-oriented and post-object-oriented methods for analyzing and synthesizing software. The following **results** were obtained. The features of the negative impact of CF on the maintenance of the LSS are investigated, a set of metrics for CF-measurement (the proportion of the CF in the source code of the target LSS, the distribution of the CF among the software components of the LSS, the degree of dispersion of the CF in the LSS components) are proposed. A procedure for CF-classifying has been developed and a software tool has been proposed for realizing an assessment of the negative impact of CF on the maintenance of LSS. **Conclusions.** Experimental LSS test cases showed that the smallest degree of presence of the CF after modifying the structure of the LSS on the basis of POOT ensures the use of an aspect-oriented approach. The direction of further research is to develop a methodology and conduct experiments to assess the impact of the application of POOT on the level of presence of defects in the LSS code.

Keywords: crosscutting functionality, post object-oriented technologies, metrics, legacy software system.

Є. В. Мелешко

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ГРАФІВ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Предметом вивчення у статті є процес кластеризації графів соціальних мереж. **Метою** є виявлення методів кластеризації графів соціальних мереж, які можна використати для побудови рекомендаційних систем для соціальних медіа. **Завдання:** провести дослідження існуючих методів кластеризації графів соціальних мереж та дослідити можливість і доцільність їх використання у рекомендаційних системах. Отримані такі **результати:** Проведено дослідження існуючих методів кластеризації графів соціальних мереж двох типів, для одержання кластерів, що не перетинаються, та для одержання кластерів, які можуть перетинатися. Досліджено можливість використання розглянутих методів для побудови рекомендаційних систем соціальних медіа. Досліджено можливості графової СУБД Neo4j по реалізації алгоритмів кластеризації графів. **Висновки.** Було проведено дослідження різних методів кластеризації графів соціальних мереж. Розглянуто методи засновані на оптимізації модулярності графу, на розмітці графу та на методах випадкових блукань, також розглянута окрема група методів, що розбиває граф на кластери, які можуть перетинатися. Досліджено можливість та доцільність використання методів кластеризації графів для побудови рекомендаційних систем. Досліджено можливості графової системи управління базами даних Neo4j для реалізації методів кластеризації графів. Встановлено, що Neo4j надає широкі можливості реалізації розглянутих методів. Для виділення кластерів СУБД Neo4j пропонує декілька реалізованих у її бібліотеці Graph algorithms алгоритмів, а саме Louvain, Label Propagation та Triangle Counting. Проведено тестування функцій бібліотеки Graph algorithms, що реалізують алгоритми Louvain, Label Propagation та Triangle Counting у Neo4j. Інші алгоритми кластеризації графів треба, при необхідності, реалізовувати самостійно, але СУБД Neo4j надає багато зручних інструментів для роботи з даними, які можна використати для реалізації різних алгоритмів кластеризації графів меншими зусиллями, ніж без використання Neo4j.

Ключові слова: кластеризація графів, рекомендаційні системи, соціальні мережі, модулярність, розмітка графів, алгоритми випадкового блукання

Вступ

Одною з основних задач аналізу соціальних мереж (СМ) та соціальних графів є задача виділення співтовариств (кластерів). Співтовариство – це набір вершин, у яких багато спільних ребер між собою та мало спільних ребер з іншими вершинами графу. Вершини одного співтовариства, як правило, мають багато спільних властивостей і саме тому у них виникають спільні зв'язки. Напр., це можуть бути користувачі СМ, що живуть в одному місті, або мають спільні інтереси, або купують схожі товари, тощо. Виділення співтовариств може бути корисним при розробці: рекомендаційних систем, систем виявлення ботів, систем виявлення прихованих соціальних структур, тощо.

Методи пошуку співтовариств за принципом роботи можна поділити на наступні: засновані на оптимізації модулярності, засновані на спектральних особливостях графу та засновані на оцінці ентропії системи [1]. За результатами роботи методи пошуку співтовариств можна поділити на такі, що розбивають граф на кластери, які не перетинаються (Edge Betweenness, Label Propagation, FastGreedy, WalkTrap, Infomap, Leading Eigenvector, MultiLevel, тощо), та на ті, що розбивають граф на кластери, які перетинаються (k-Clique Perlocation, BigCLAM, DEMON, CONGO, тощо) [2].

Метою даної роботи є дослідження методів кластеризації графів соціальних мереж та дослідження можливості і доцільності їх використання для побудови рекомендаційних систем соціальних медіа. Також в ході проведення дослідження було здійснено тестування деяких методів кластеризації

графів з застосуванням програмного забезпечення розробленого на мові програмування Python та СУБД Neo4j.

Методи кластеризації графів, засновані на оптимізації модулярності

Переважає більшість алгоритмів кластеризації графів заснована на оптимізації модулярності [2, 3].

Модулярність – деяка числова характеристика, яка описує вираженість структури кластерів в певному графі [1–3]. Для оцінки модулярності можна використовувати формулу:

$$Q = \frac{1}{2n_e} \sum_{ij} \left(A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2n_e} \right) \cdot \delta(C_i, C_j), \quad (1)$$

де n_e – кількість ребер у графі; A – матриця суміжності графу; d_i – кількість ребер, суміжних з вершиною i ; d_j – кількість ребер, суміжних з вершиною j ; $\delta(C_i, C_j)$ – дельта-функція, рівна одиниці, якщо $C_i = C_j$ та нулю в іншому випадку.

Дана величина дорівнює різниці між кількістю ребер всередині кластера при поточному розбитті і кількістю ребер, якби вони були випадково згенеровані [3].

Значення модулярності показує вираженість кластерів, вона буде:

- рівна одиниці для повного графу, в якому всі вершини помістили в один кластер;
- рівна нулю для розбиття на кластери, при якому кожна вершина знаходиться в окремому кластері;
- для невдалих розбиттів модулярність може приймати негативне значення.

По-суті, за допомогою значення модулярності можна оцінити якість розбиття графів на кластери. Якісне розбиття має на увазі, що кількість внутрішніх зв'язків всередині кожного кластера має бути більша, ніж кількість його зовнішніх зв'язків.

Значення модулярності характеризує не те, наскільки для даного розбиття внутрішньо-кластерні зв'язки більш щільні, ніж міжкластерні, а те, наскільки вони більш щільні в порівнянні з деякою початковою щільністю. Тому відбувається порівняння з «нульовою гіпотезою», що полягає в тому, що дуги розподілені випадково, тобто немає закономірностей в розподілі щільності дуг всередині графу.

Принцип алгоритмів кластеризації графів, заснованих на оптимізації модулярності, полягає у тому, що: на кожному кроці алгоритму кожній вершині деяким чином ставиться у відповідність деякий кластер, обчислюється значення модулярності та здійснюється перерозподіл вершин графу між кластерами таким чином, щоб збільшити значення модулярності. Робота таких алгоритмів припиняється тоді, коли вже не можна покращити значення модулярності.

Розглянемо деякі найбільш відомі методи кластеризації графу на основі оптимізації модулярності.

Метод FastGreedy – полягає в жадібній оптимізації модулярності [2, 4]. На першому кроці алгоритму кожній вершині графу ставиться у відповідність окремий кластер, а потім об'єднуються такі пари кластерів, об'єднання яких призводить до максимального збільшення модулярності. При цьому об'єднуються тільки інцидентні пари вершин, так як, в іншому випадку, модулярність не може збільшитися. Ітерації об'єднання кластерів продовжуються поки продовжує збільшуватися значення модулярності після них.

Метод Louvain (або **Multilevel**) – заснований на багаторівневій оптимізації функції модулярності [2, 5]. Більш якісно розбиває граф на кластери порівняно з попереднім методом. Даний метод складається з двох частин. Перша частина по суті ідентична методу FastGreedy. Друга частина методу полягає у наступному: створюється новий граф з метавершинами у вигляді знайдених кластерів і ребрами з сумарною вагою всіх ребер, що йдуть від одного кластера до іншого (також створюються петлі з сумарними вагами зв'язків всередині кластера). Такий граф називається метаграф. Алгоритм знову запускається на новому графі. Один з найбільш широко відомих методів за рахунок швидкості роботи.

Метод Leading Eigenvector – спектральний метод, заснований на власних векторах матриці модулярності [2], яка визначається таким способом:

$$B_{ij} = A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2n_e}, \quad (2)$$

де A – матриця суміжності графу; d_i – кількість ребер, суміжних з вершиною i ; d_j – кількість ребер, суміжних з вершиною j ; n_e – кількість ребер у графі.

Для даної матриці знаходиться перший власний вектор (з максимальним власним числом). Ті вершини, у яких відповідне значення менше нуля, на-

лежать одному кластеру, а де більше нуля – іншому. Подібним чином можливий поділ на більшу кількість кластерів.

Дані алгоритми є досить ефективними, але не найпростішими у реалізації.

Методи кластеризації графів, засновані на розмітці графів

Для пошуку кластерів у графі можна використовувати різні методи розмітки та розфарбовування графів.

В основі даних методів лежить ідея, що вершина належить до того кластеру, до якого належить найбільша кількість її сусідніх вершин.

В даних методах дуже важливий порядок перебору вершин.

Методи розмітки графу допомагають перебрати вершини певним чином та з врахуванням їх сусідства визначитися з їх приналежністю до певних кластерів.

Розглянемо найвідоміший метод з даної групи методів – LabelPropagation.

Метод LabelPropagation – розбиває граф на кластери наступним чином: кожна вершина у графі відноситься до того кластеру, якому належить більшість її сусідів, якщо ж таких кластерів декілька, то вибирається випадково один з них [2, 3, 5].

Розглянемо принцип роботи даного методу. У початковий момент часу всім вершинам ставиться у відповідність окремий кластер. Кожна вершина одержує мітку або колір відповідного кластеру. Потім для кожної вершини перевіряється, до яких кластерів належать її сусіди та відбуваються перерозподіл приналежності до кластерів. Через випадковості важливо на кожній ітерації змінювати порядок обходу вершин. Алгоритм закінчує роботу, коли нема чого змінювати: всі вершини відносяться до тих спільнот, що і більшість їх сусідів. Для покращення результатів можна застосувати наступну хитрість – запустити алгоритм декілька разів, кожного разу зберігати результат його роботи та обрати найкращий варіант розбиття графу. Головна перевага даного алгоритму – майже лінійна складність. Недоліком алгоритму є те, що на зашумлених графах часто відбувається об'єднання всіх вершин в одну спільноту, або невелику кількість спільнот.

Методи кластеризації графів, засновані на випадкових блуканнях

Для розбиття графу на кластери можна застосувати алгоритми випадкового блукання.

Випадкове блукання – математична модель процесу випадкових змін – кроків в дискретні моменти часу. При цьому передбачається, що зміна на кожному кроці не залежить від попередніх змін і від часу.

Розглянемо найвідоміші методи кластеризації графів, засновані на випадкових блуканнях.

Метод Walktrap – використовує ідею про те, що короткі випадкові блукання не призводять до виходу з поточної спільноти (кластеру) [2, 4]. Відстань між вершинами або між групами вершин, роз-

раховують на основі ймовірності досяжності шляху від однієї вершини до іншої в процесі випадкового блукання. Даний показник є великим, якщо вершини знаходяться в різних кластерах в графі, і маленьким, якщо вони знаходяться в одному кластері. Далі здійснюється ієрархічна кластеризація агломеративним способом на основі методу Уорда: вершини об'єднуються в співтовариства на основі вибору найменшого середнього квадрата відстаней між ними. Після того, як вершина приєднана до якого-небудь кластера, відстані між вершинами і кластерами перераховуються.

Метод Infomar – заснований на понятті інформаційних потоків в мережах, кодуванні і стисненні інформації [2]. В даному методі застосовується підхід, що базується на випадкових блуканнях та кодах Хаффмана. У кожній вершині є певна ймовірність її відвідування. За допомогою кодів Хаффмана, відповідно до цих ймовірностей, можна закодувати шлях блукання. Ця послідовність матиме деяку довжину. Якщо використовувати ієрархічне кодування, можна скоротити довжину послідовності. Infomar ґрунтується на жадібному способі мінімізації довжини коду блукання.

Методи розбиття графів на кластери, що перетинаються

Розглянуті вище методи дозволяють розбити граф на кластери, що не перетинаються. В той же час для рішення деяких практичних задач може виникнути необхідність розбити граф на кластери, що можуть перетинатися між собою.

Розглянемо деякі методи, що дозволяють вирішити цю задачу.

Метод Clique perlocation method (CPM) – призначений для розбиття графу на кластери, що перетинаються, використовуючи особливості структури графу, а саме наявності *клік*. Починає роботу з пошуку всіх клік розміру l , після чого будується новий граф, вершинами якого є знайдені кліки [2, 4]. Ребро утворюється в разі, якщо перетин вершин-клік складається з $(l-1)$ вершин початкового графу. Компоненти зв'язності нового графу і будуть визначати знайдені кластери.

Перевагою методу є його інтуїтивність та простота для розуміння. Недоліком методу є непридатність його використання на графах з дуже великою кількістю вершин.

Слід пояснити термін кліка у теорії графів.

Кліка – підмножина вершин неорієнтованого графу, будь-які дві з яких з'єднані ребром (рис. 1).

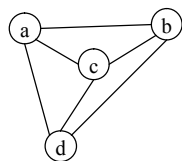


Рис. 1. Приклад кліки у графі

Метод Cluster Affiliation Model for Big Networks – ймовірнісна генеративна модель, що зводить задачу виділення кластерів до задачі фактори-

зації невід'ємних матриць [2, 4]. Застосовується до двудольного графу, в одній частині якого знаходяться кластери, а в іншій – вершини, причому кожна вершина $v \in V$ не просто належить кластеру $c \in C$, а належить йому з деякою невід'ємною вагою. Задача оптимізації полягає у визначенні методом максимізації правдоподоби для даного графу оптимальної матриці зв'язків приналежності до кластерів. Для того, щоб відповісти на питання належить, чи не належить певний об'єкт до певного кластера, до зв'язків подобає застосовуватися відсікання по пороговому значенню.

Метод Democratic Estimate of the Modular Organization of a Network (DEMON) – полягає у тому, що для кожної вершини графу будується его-мережа, потім для кожної такої его-мережі окремо застосовується алгоритм Label Propagation, у результаті якого отримуються розбиття на кластери $C_i(u_i)$, для кожного користувача u_i [2]. Усі такі покриття потім об'єднуються в загальне покриття C , яке на початку ініціалізувалося порожнім. Під час такого об'єднання два кластери об'єднуються в один тільки в тому разі, якщо не більше ε відсотків меншого з них не міститься в більшому з них, наприклад, для $\varepsilon = 0$ об'єднання буде відбуватися тільки, коли один з кластерів повністю міститься в іншому, а для $\varepsilon = 1$ об'єднання буде відбуватися завжди.

Оскільки в реальних системах один і той самий елемент може належати до різних категорій одночасно, то дані методи кластеризації видаються досить корисними для виявлення більш коректного поділу елементів на типи, напр., в рекомендаційних системах.

Застосування методів кластеризації графів у рекомендаційних системах

Оскільки генерація списків рекомендацій у рекомендаційних системах заснована на визначенні схожих між собою користувачів та/або схожих між собою об'єктів (товарів, послуг, контенту) [6, 7], а елементи системи (користувачі, об'єкти) зручно представляти у вигляді графу [8] (рис. 2), то застосування методів кластеризації графів може бути досить доречним та вирішувати питання пошуку схожих елементів.

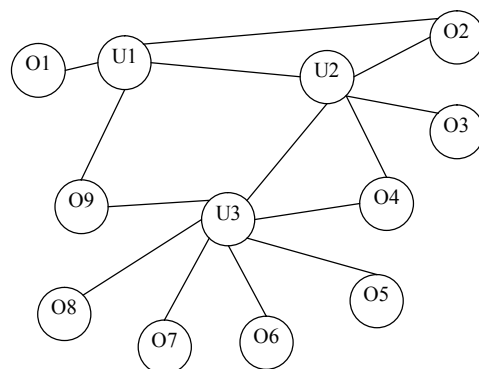


Рис. 2. Приклад графу елементів рекомендаційної системи: вершини типу U – користувачі, вершини типу O – об'єкти системи, ребра – різні взаємодії між елементами системи

Також при застосуванні кластеризації графів у рекомендаційних системах можна враховувати крім зв'язків подоби також зв'язки типу «Дружба» та/або «Підписка». Дані про такі зв'язки легко отримати, якщо рекомендаційна система будується для сайту соціальної мережі, або веб-ресурсу з деякими елементами соціальної мережі, а використання методів кластеризації графів дозволить врахувати ці зв'язки як додатковий параметр у рекомендаційній системі для визначення, до якої категорії віднести елемент системи.

У сучасних рекомендаційних системах для пошуку схожих елементів переважно використовується обчислення коефіцієнтів подоби для кожної пари однотипних елементів системи. Як коефіцієнти подоби можуть виступати коефіцієнт кореляції Пірсона, косинусна відстань, тощо [6, 7]. Такий підхід дозволяє для кожного елемента системи знайти схожі на нього елементи, але не дає можливості розділити елементи на певні категорії та типи. Застосування кластеризації може надати таку можливість та додати гнучкості рекомендаційній системі.

Кластеризувати елементи рекомендаційної системи можна за різними показниками. Так, наприклад, користувачів можна кластеризувати на основі оцінок, які вони ставили об'єктам, на основі властивостей об'єктів, які вони позитивно оцінили, на основі даних з їх профайлів, тощо. Об'єкти можна кластеризувати на основі ключових слів з їх опису, на основі тегів, на основі оцінок, які їм ставили користувачі, тощо.

Після розбиття графу елементів рекомендаційної системи на кластери, можна визначити елементи з якого кластеру/кластерів більше цікавлять певного користувача системи та рекомендувати йому в першу чергу елементи з цього кластеру/кластерів. Також для формування списків рекомендацій певному користувачу можна використовувати вподобання користувачів, які знаходяться з ним в одному кластері.

Для вирішення даної задачі можуть бути цікавими різні методи кластеризації графів, і ті, які розбивають граф на кластери, що не перетинаються, і ті, які розбивають його на кластери, що перетинаються.

Здається більш перспективним розділяти елементи рекомендаційної системи на кластери, що перетинаються, оскільки окремі користувачі можуть мати вподобання в декількох різних сферах, а окремі об'єкти можуть відноситися одразу до декількох категорій.

В той же час, в середині певної сфери інтересів доречно буде додатково поділити користувачів на кластери, що не перетинаються.

Дослідження методів кластеризації графу у даній роботі проводилося для оцінки можливості та доцільності їх застосування у розроблюваному програмному забезпеченні [8] для створення та тестування рекомендаційних систем. Оскільки програмне забезпечення розроблялося на основі графової бази даних Neo4j, доречним буде дослідження наявних у ній методів кластеризації графів.

Засоби для кластеризації графів у графовій СУБД Neo4j

Neo4j – це система управління базами даних типу NoSQL, заснована на представленні даних у вигляді графів [5]. Вона має вбудовану бібліотеку Graph algorithms з розпаралеленими алгоритмами для роботи з графами.

Для кластеризації графів дана бібліотека містить реалізації таких алгоритмів [5]:

– **Louvain** (функція `algo.louvain`) – алгоритм кластеризації графів, заснований на оптимізації модулярності. Вузли об'єднуються у кластери так, щоб збільшити модулярність. Є одним з найшвидших алгоритмів на основі модулярності, і добре працює з великими графами.

– **Label Propagation** (функція `algo.labelPropagation`) – кластеризує граф, використовуючи лише його структуру. Кожна вершина в графі поміщається в той кластер, якому належить більшість його сусідів. Якщо ж таких кластерів декілька, то вибирається випадково одне з них. У початковий момент часу всім вершинам ставиться у відповідність окреме співтовариство.

– **Triangle Counting / Clustering Coefficient** (функція `algo.triangleCount`) – визначає кількість трикутників, що проходять через кожен вузол у графі. Трикутник являє собою набір з трьох вузлів, в якому кожен вузол має зв'язки з усіма іншими вузлами. На основі одержаних даних визначає коефіцієнт кластеризації. Хоча розробники СУБД Neo4j відносять даний алгоритм до алгоритмів кластеризації, слід зазначити, що це не зовсім коректно, адже знаходяться трикутники, а не кластери у графі, а трикутник лише частковий випадок кластера.

Також серед реалізацій алгоритмів кластеризації графів у документації до бібліотеки Graph algorithms Neo4j [5] пропонуються до використання **Connected Components** та **Strongly Connected Components** які знаходять зв'язані підграфи незв'язного графу для неорієнтованих та орієнтованих графів відповідно, та **Balanced Triads** – алгоритм оцінки структурного балансу графу соціальної мережі, що знаходить збалансовані та незбалансовані тріади у мережі. Оскільки ці алгоритми не розбивають граф на кластери, а виконують трохи інші функції, їх тестування у рамках даного дослідження не проводилося.

Для реалізації інших алгоритмів виділення співтовариств у СМ необхідно розробляти власні функції, існуючі запити Neo4j дають таку можливість.

У розроблюваній системі для роботи з Neo4j була використана бібліотека `neo4j.v1` для мови Python. Для підключення до Neo4j використовується наступний код:

```
driver = GraphDatabase.driver
("bolt://localhost", auth=basic_auth(user
= <login>, password = <password>))
session = driver.session()
```

Для здійснення запитів до бази даних використовується функція:

```
session.run("""<запити_до_бази_
даних>""", [<змінні_через_кому>])
```

Запис у базу даних інформації можна здійснити за допомогою таких запитів:

```
//створення вузлів
MERGE (U1:User {id:$id1, name:$name1})
MERGE (U2:User {id:$id2, name:$name2})
// створення ребер
MERGE (U1)-[:Friend]->(U2)
```

Дані в Neo4j зберігаються у вигляді на рис. 3.

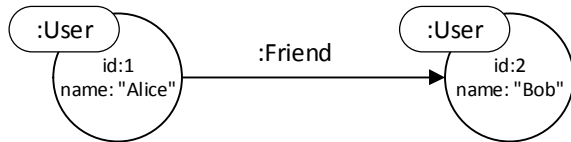


Рис. 3. Формат запису даних у СУБД Neo4j

Для тестування алгоритмів кластеризації графів було згенеровано випадковий граф з властивостями схожими на властивості графів CM.

Наведемо приклад запиту для виділення співтовариств методом Louvain:

```
CALL algo.louvain('User', 'Friend',
{write:true, writeProperty:'community'})
YIELD nodes, communityCount, iterations,
loadMillis, computeMillis, writeMillis;
```

Після виконання даного запиту у кожній вершині графу з міткою :User з'явиться властивість community, що буде містити номер кластеру, до якого метод Louvain віднесе відповідну вершину.

Результати роботи даного методу для графу з 2348 вузлами (користувачами) та 10762 зв'язками (відношеннями «друзі») наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Приклад результатів виклику функції Louvain для графу з 2348 вузлами та 10762 зв'язками

Кількість кластерів	Кількість ітерацій	Час завантаження даних, мс	Час роботи алгоритму, мс	Час запису результатів у граф, мс
11	2	18	34	93

Таблиця 2 – Приклад результатів виклику функції labelPropagation для графу з 2348 вузлами та 10762 зв'язками

Кількість кластерів	Кількість ітерацій	Час завантаження даних, мс	Час запуску алгоритму, мс	Час запису результатів у граф, мс
3	3	25	1	3

Таблиця 3 – Приклад результатів виклику функції triangleCount для графу з 2348 вузлами та 10762 зв'язками

Кількість трикутників	Середній коефіцієнт кластеризації	Час завантаження даних, мс	Час роботи алгоритму, мс	Час запису результатів у граф, мс
10630	0.1756	18	3	7

Висновки

Було проведено дослідження методів кластеризації графів. Розглянуто методи засновані на оптимізації модулярності, на розмітці графу та на випадкових блуканнях, також розглянута окрема група методів, що розбиває граф на кластери, що можуть перетинатися. Досліджено можливість та доцільність використання методів кластеризації графів для побудови рекомендаційних систем.

Досліджено можливості графової СУБД Neo4j для реалізації методів кластеризації графів. Neo4j надає широкі можливості реалізації даних методів.

Запит до бази даних для виконання алгоритму кластеризації Label Propagation:

```
CALL algo.labelPropagation('User',
'Friend','BOTH', {iterations:10,
partitionProperty:'partition', write:true})
YIELD nodes, iterations, loadMillis,
computeMillis, writeMillis, write,
partitionProperty;
```

Після виконання даного запиту у кожній вершині графу з міткою :User з'явиться властивість partition, що буде містити номер кластеру, до якого метод Label Propagation віднесе відповідну вершину.

Результати роботи даного методу для графу з 2348 вузлами (користувачами) та 10762 зв'язками (відношеннями «друзі») наведені у табл. 2.

Запит до бази даних для виконання алгоритму кластеризації Triangle Counting:

```
CALL algo.triangleCount('User', 'Friend',
{concurrency:4, write:true, write-
Property:'triangles', clusteringCoefficient
Property:'coefficient'})
YIELD loadMillis, computeMillis, write-
illis, nodeCount, triangleCount,
averageClusteringCoefficient;
```

Після виконання даного запиту у кожній вершині графу з міткою :User з'явиться властивість triangles, що буде містити номер трикутника, у якому знаходиться вершина.

Результати роботи даного методу для графу з 2348 вузлами (користувачами) та 10762 зв'язками (відношеннями «друзі») наведені у табл. 3.

Для виділення кластерів вона пропонує декілька реалізованих у її бібліотеці Graph algorithms алгоритмів, а саме Louvain, Label Propagation та Triangle Counting. Інші алгоритми кластеризації графів треба реалізовувати самостійно, але Neo4j надає багато зручних інструментів для роботи з даними, які можна використати для реалізації методів кластеризації графів меншими зусиллями, ніж без використання Neo4j.

Наступні дослідження будуть спрямовані на інтеграцію розглянутих методів кластеризації графів у розроблюване програмне забезпечення для побудови та тестування рекомендаційних систем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Выделение сообществ в графе взаимодействующих объектов / М.И. Коломейченко, И.В. Поляков, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // Фундаментальная и прикладная математика. – Т. 21. № 3. – 2016. – С. 131–139.

2. Никишин Е.С. Методы выделения сообществ в социальных графах [Электронный ресурс] / Е.С. Никишин. – 2016. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/8a/Nikishin_coursework_community_detection.pdf.
3. Форман Д. Много цифр. Анализ больших данных при помощи Excel / Джон Форман. – М.: Альпина Паблицер, 2016. – 464 с.
4. Пархоменко П.А., Григорьев А.А., Астраханцев Н.А. Обзор и экспериментальное сравнение методов кластеризации текстов // Труды ИСП РАН. 2017. №2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-eksperimentalnoe-sravnienie-metodov-klasterizatsii-tekstov>
5. neo4j [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neo4j.com/>.
6. Мелешко Є.В. Дослідження методів побудови рекомендаційних систем в мережі Інтернет / Є.В. Мелешко, Г.С. Семенов, В.Д. Хох. // Збірник наукових праць "Системи управління, навігації та зв'язку". Випуск 1(47). – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2018. – С. 131–136.
7. Recommender Systems Handbook / Editors Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. – 1st edition. – New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2010. – 842 с.
8. Мелешко Є.В. Розробка рекомендаційної системи на базі СУБД neo4j. / Є.В. Мелешко, В.В. Босько, В.А. Резніченко // V Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та взаємодії", 20-21 листопада 2018 року, м. Київ. – 2018. – С. 351–352.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. Г. Семенов,
 Національний технічний університет "ХПІ", Харків
 Received (Надійшла) 15.02.2019
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Методы кластеризации графов социальных сетей для построения рекомендательных систем

Е. В. Мелешко

Предметом изучения в статье является процесс кластеризации графов социальных сетей. **Целью** является выявление методов кластеризации графов социальных сетей, которые можно использовать для построения рекомендательных систем для социальных медиа. **Задача:** провести исследование существующих методов кластеризации графов социальных сетей и исследовать возможность и целесообразность их использования в рекомендательных системах. Получены следующие **результаты:** Проведено исследование существующих методов кластеризации графов социальных сетей двух типов, для получения кластеров, которые не пересекаются, и для получения кластеров, которые могут пересекаться. Исследована возможность использовать рассмотренные методы для построения рекомендательных систем социальных медиа. Исследованы возможности графовой СУБД Neo4j по реализации алгоритмов кластеризации графов. **Выводы.** Было проведено исследование различных методов кластеризации графов социальных сетей. Рассмотрены методы основанные на оптимизации модулярности графа, на разметке графа и на методах случайных блужданий, также рассмотрена отдельная группа методов, которые разбивают граф на кластеры, которые могут пересекаться. Исследована возможность и целесообразность использования методов кластеризации графов для построения рекомендательных систем. Исследованы возможности графовой системы управления базами данных Neo4j для реализации методов кластеризации графов. Установлено, что Neo4j предоставляет широкие возможности реализации рассмотренных методов. Для выделения кластеров СУБД Neo4j предлагает несколько реализованных в ее библиотеке Graph algorithms алгоритмов, а именно алгоритмы Louvain, Label Propagation и Triangle Counting. Проведено тестирование функций, реализующих алгоритмы Louvain, Label Propagation и Triangle Counting в Neo4j. Другие алгоритмы кластеризации графов нужно, при необходимости, реализовывать самостоятельно, но СУБД Neo4j предоставляет множество удобных инструментов для работы с данными, которые можно использовать для реализации различных алгоритмов кластеризации графов меньшими усилиями, чем без использования Neo4j.

Ключевые слова: кластеризация графов, рекомендательные системы, социальные сети, модулярность, разметка графов, алгоритмы случайного блуждания.

Graph clustering methods in social networks for building recommendation systems

Ye. Meleshko

The **subject matter** of the article is the process of graph clustering in social networks. The **goal** is to investigate the graph clustering in methods social networks that can be used to build recommender systems for social media. The **tasks** to be solved are: to study the existing graph clustering methods in social network and investigate the possibility and feasibility of using them in recommender systems. The following **results** were obtained: The study of existing graph clustering methods in social networks of two types, to obtain clusters that do not intersect, and to obtain clusters that can intersect was conducted. The possibility of using the considered methods for building recommendatory systems of social media is investigated. The possibilities of the graph DBMS Neo4j in the implementation of graph clustering algorithms are investigated. **Conclusions.** The study was conducted on various graph clustering methods in social networks. Methods based on optimization of the graph modularity, on the graph labeling and on the methods of random walks and a separate group of methods that find on a graph into intersecting clusters are considered. The possibility and feasibility of using graph clustering methods for constructing recommender systems has been investigated. The possibilities of the graph database management system Neo4j for the implementation of graph clustering methods are investigated. It has been established that Neo4j provides wide possibilities for the implementation of the considered methods. In order to define clusters in a graph, the DBMS Neo4j offers several algorithms implemented in its Graph Algorithms library, namely the Louvain, Label Propagation and Triangle Counting algorithms. The functions that implement the Louvain, Label Propagation and Triangle Counting algorithms in Neo4j were tested. Other graph clustering algorithms need, if necessary, to be implemented on their own, but the DBMS Neo4j provides many convenient tools for working with data that can be used to implement various graph clustering algorithms with less effort than without using Neo4j.

Keywords: graph clustering, recommendation systems, social networks, modularity, graph labeling, random walk algorithms.

О. І. Морозова

Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В ОСВІТНІХ ТА ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ, ЗАСНОВАНА НА ВИКОРИСТАННІ ОНТОЛОГІЧНОГО ІНЖИНІРИНГУ

В роботі наведено модель формування процесів, що протікають в освітніх та виробничих системах, заснована на використанні онтологічного інжинірингу. В основу моделі входить термінологічна система предметної галузі «Організація та функціонування закладу вищої освіти», терміни якої пов'язані між собою гіперономічними відносинами. Основною метою побудови термінологічної системи є відокремлення з термінологічної низки три групи термінів, тобто їх попередня класифікація. Така класифікація передбачає упорядкування певних термінів з метою пошуку між них однорідних зв'язків та відносин. Рівень корінного поняття має троє термінів та їх поняття, які формують три гілки поняття. Наведено укрупнену схему термінології предметної галузі «організація та функціонування вищого навчального закладу». Як кореневий термін, який задає своєрідний розмір термінологічного дерева предметної області «організація і функціонування закладу вищої освіти» обраний термін «вища освіта». Виділено три гілки термінів, які утворюють термінологічне дерево, яке покриває своїми визначеннями предметну область. Перша гілка передбачає використання відносин «загальне – часткове» та «рід – вид». Друга гілка буде формуватися на просторі часових відносинах або як кажуть темпоральних відносинах, а також причино-наслідних зв'язків між певними поняттями. Третя гілка, в корні якої полягає термін «педагогіка вищої школи» передбачає будь які відносини між низ лежачими термінами. Одержану термінологічну систему предметної галузі представлено у виді онтологічної моделі, структура якої має деревовидний вигляд. Таке представлення дає можливість формалізувати предметну галузь. Корисність даної термінологічної системи у тому, що вона може стати основою для множини навчальних дисциплін, які називаються «Вступ до спеціальності». Крім того, словник дає методичну основу викладачам, які формують або оновлюють робочі навчальні програми на етапі обмірковування назв навчальних модулів, тим, а також анотацій до них з метою створення укрупненого термінологічного дерева навчальної дисципліни, яке буде основою для наповнення її навчальним матеріалом.

Ключові слова: освітні системи, виробництво, модель формування процесів, онтологічний інжиніринг, продукційні правила.

Вступ

Основною причиною розробки моделі формування процесів, що протікають в освітніх та виробничих системах, заснована на використанні онтологічного інжинірингу, є проблемна ситуація, яка виникла в галузі вищої освіти, що пов'язана з впливом на суспільство множини факторів, обумовлених інформаційною революцією, інтеграційними процесами освітніх систем, сучасним науково-технічним процесом, виробництвом та ін. [1–13]. Вони породжують множину напрямків досліджень в освітній сфері, що в свою чергу призводить до створення нових термінів і їх визначень.

Однак, множина навчальної та довідкової літератури в галузі педагогіки недостатньо чітка, а іноді суперечливо тлумачить ті чи інші терміни, що призводить до термінологічної плутанини.

Метою створення моделі формування процесів є забезпечення учасників навчального процесу (адміністрації закладу вищої освіти, науково-педагогічних працівників та студентів) єдиного розуміння процесів, які протікають в освітній системі, а також забезпечення єдиного розуміння ролі та місця кожного з них в структурі освітньої системи. Двоєдиним завданням моделі є, по-перше, лексична систематизація термінів і визначень з метою однакового розуміння всіма учасниками навчального процесу основ організації та функціонування такої складної і багатофункціональної системи як заклад вищої освіти, по-друге, показати приклад створення термінологічної системи тієї або іншої предметної об-

ласті, наприклад, «організація і функціонування закладу вищої освіти». Створення термінологічних систем навчальних дисциплін дозволить упорядкувати й стандартизувати в рамках конкретних спеціальностей лексику предметних областей, що становлять основу знань бакалаврів і магістрів.

Термінологічна система предметної галузі: «Організація та функціонування закладу вищої освіти»

Розглянемо укрупнену схему термінології предметної галузі «організація та функціонування вищого навчального закладу» (рівень корінного поняття).

Перша гілка (позначено літерою А) при розкритті поняття «ЗВО», як система передбачає використання відносин «загальне – часткове» та «рід – вид».

Друга гілка (позначено літерою В), крім того, буде формуватися на просторі часових відносинах або як кажуть темпоральних відносинах, а також причино-наслідних (каузальних) зв'язків між певними поняттями.

Третя гілка (позначено літерою С), в корні якої полягає термін «педагогіка вищої школи» передбачає будь які відносини між низ лежачими термінами.

Дослідження корінного поняття неможливо без знання 20 термінів, які на рис. 1 наведені пунктирною лінією та є забезпечуючими для розкриття корінного поняття.

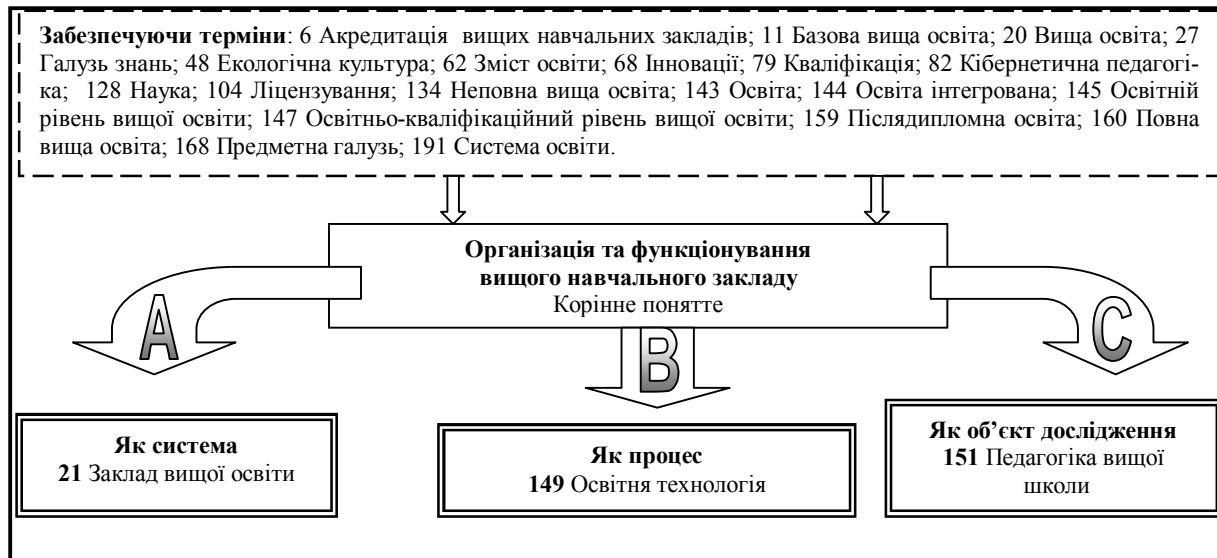


Рис. 1. Узагальнена схема термінологічного дерева предметної галузі «організація та функціонування вищого навчального закладу»

Онтологічна модель предметної галузі: «Організація та функціонування закладу вищої освіти»

Одержану термінологічну систему предметної галузі уявимо у виді онтологічної моделі, структура якої має деревовидний вигляд. Таке представлення дає можливість формалізувати предметну галузь. У роботі [14] наведено граф у якому вершини мають номери, що відповідають номерам термінів тезауруса.

Значимо множену D , яка має двадцять термінів та понять, котрі забезпечують загальне розуміння складовому терміну «Організація та функціонування вищого навчального закладу» $Z = \{z\}$, де z є одиничним елементом множини Z .

Множину $D = \{d_6, d_{11}, d_{20}, \dots, d_{168}, d_{191}\}$ не будемо урахувати при побудові онтологічної моделі так як її елементи є вершинами більш крупної моделі, яка віддзеркалює організацію та функціонування системи вищої освіти держави в цілому, яка у даній роботі не розглядається. З урахуванням, що

$$A = \{a_i\}, B = \{b_j\}, C = \{c_k\},$$

де a_i, b_j, c_k – будь-які терміни, що належить гілкам $A, B, C, a_i \in A, b_j \in B, c_k \in C$, а також $i = \text{ord } A, j = \text{ord } B, k = \text{ord } C$, тобто i, j, k є поточне значення вершин той або іншої гілок онтологічної моделі. У теорії множин поточні числа називають ординальними числами (ord).

У аналітичному загальному вигляді онтологічну модель можна уявити сукупністю підграфів $G = (Z, A, B, C)$. Простий арифметичний підрахунок дає можливість визначити кардинальні числа або потужність множин Z, A, B , и C , які складають вершини відповідних під графів $|Z|=1; |A|=124; |B|=69; |C|=16$.

Запишемо у аналітичному вигляді підграф A . Вершини, які мають більш одного входу будемо позначати символом « \otimes ».

Для того щоб побудувати онтологічну модель процесу інтеграції освітніх систем додаємо в тезаурус терміни «День відкритих дверей», «Підготовчі курси», «Школа розвитку» і дамо їм відповідні номери 32.1, 158.1, 221.1.

Тоді додатково до моделі додаємо фрагмент, що враховує зв'язку школярів і абітурієнтів з вузом (див. рис. 2).

$$A.72.1 a_{223}^{\otimes} \rightarrow a_{105} \rightarrow a_{203}^{\otimes} \rightarrow a_{55} \rightarrow a_{24} \rightarrow a_{142}^{\otimes} \rightarrow a_{32.1};$$

$$A.72.2 a_{142}^{\otimes} \rightarrow a_{152}^{\otimes} \rightarrow a_{219}^{\otimes} \rightarrow a_{78}^{\otimes} \rightarrow a_{221.1};$$

$$A.72.2 a_{142}^{\otimes} \rightarrow a_{152}^{\otimes} \rightarrow a_{158.1};$$

Аналогічну процедуру інтеграції виконаємо по відношенню до освітньої системи 3-4 рівня акредитації і виробничій системі. Для цього в тезаурус введемо терміни «165.1. Переддипломна практика», «18.1. Виробництво» і «167.1. Роботодавець».

На рис. 3 покажемо фрагмент семантичної мережі, яка доповнюється трьома новими термінами, що забезпечують інтеграцію освітньої та виробничій систем.

Вони доповнюють і виділені по відношенню до інших вершин онтологічної моделі.

Запишемо аксіоматику, відповідну введенням доповнень:

$$B.56.1 b_{165}^{\otimes} \rightarrow b_{165.1};$$

$$B.56.2 b_{165}^{\otimes} \rightarrow b_{165.1}^{\otimes} \rightarrow b_{18.1};$$

$$B.56.3 b_{165}^{\otimes} \rightarrow b_{165.1}^{\otimes} \rightarrow b_{167.1}.$$

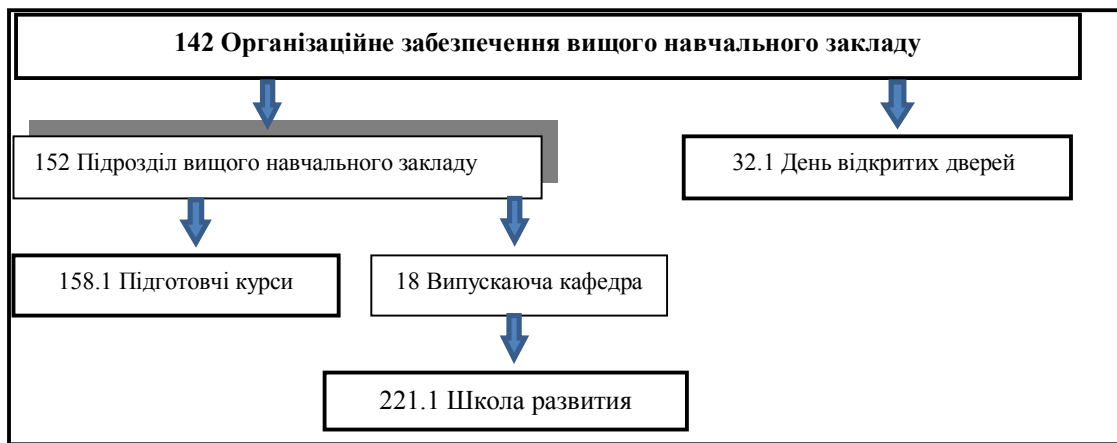


Рис. 2. Фрагмент онтологічної моделі з додатковими термінами, що забезпечують інтеграцію двох освітніх систем



Рис. 3. Фрагмент онтологічної моделі з додатковими термінами

Висновки

В основу моделі формування процесів, що протікають в освітніх та виробничих системах, заснована на використанні онтологічного інжинірингу, входить термінологічна система предметної галузі «організація та функціонування закладу вищої освіти».

Основною метою побудови термінологічної системи є відокремлення з термінологічної низки три групи термінів, тобто їх попередня класифікація.

Одержану термінологічну систему предметної галузі представлено у вигляді онтологічної моделі, структура якої має деревовидний вигляд. Створення моделі у вигляді термінологічної системи вимагає введення між термінами не тільки родовидових відносин і відносин «загальне – приватне», а й додатково, відносин строгого порядку.

Іншими словами, терміни повинні бути впорядковані не тільки в алфавітному порядку (квазіпорядку), але й строго пронумеровані.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Christensen C. M., Eyring H. J. The innovative university: Changing the DNA of higher education from the inside out. San Francisco: Jossey-Bass, 2011. 512 p.
- Подольак Л. Г., Юрченко В. І. Психологія вищої школи: навч. посіб. Київ : Філ-студія, 2006. 320 с.
- Фіцула М. М. Педагогіка : навч. посіб. для студентів вищих педагог. закл. Київ : Академвидав, 2007. 560 с.
- Метешкін К. О., Морозова О. І. Технологія формалізації процесів в системах навчання, освіти та виробництва // Земельне адміністрування: особливості формування та сучасні технології реалізації : монографія / за заг. ред. К. А. Мамонова. Харків : ФОП Мезіна В. В., 2018. С. 274–282.
- Merlac V. Resources Distribution Method of University e-learning on the Hyperconvergent platform / V. Merlac, S. Smatkov, N. Kuchuk, A. Nechausov // Conference Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Service and Technologies. DESSERT'2018. Ukraine, Kyiv, May 24-27, 2018. – P. 136-140. DOI: [10.1109/DESSERT.2018.8409114](https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409114)
- Amin Salih M., Potrus M.Y. A Method for Compensation of TCP Throughput Degrading During Movement Of Mobile Node. ZANCO Journal of Pure and Applied Sciences. 2015. Vol. 27, No 6. P. 59–68.
- Saravana Balaji B., Karthikeyan N.K., Raj Kumar R.S. Fuzzy service conceptual ontology system for cloud service recommendation. Computers & Electrical Engineering, 2018. Vol. 69, P. 435-446, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.09.013>
- Saravana Balaji B., Mohamed Uvaze Ahamed, Eswaran C, Kannan R, "Prediction-based Lossless Image Compression", Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics (Springer), Volume 30, No 1, 2019, pp.1749 – 17961. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00665-5_161
- Saravanan S., Hailu M., Gouse G.M., Lavanya M., Vijaysai R. (2019) Design and Analysis of Low-Transition Address Generator. In: Zimale F., Enku Nigussie T., Fanta S. (eds) Advances of Science and Technology. ICAST 2018. Lecture Notes of

- the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 274. Springer, Cham, DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-030-15357-1_19
10. Semenov S. Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm / S. Semenov, O. Sira, N. Kuchuk // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2018. – № 2/4(92). – P. 39-46.
 11. Кучук Н. Г. Уменьшение задержки транзакций e-learning в компьютерных сетях гиперконвергентной архитектуры [Электронный ресурс] / Н. Г. Кучук, А. А. Можаяев, С. И. Шматков, Н. В. Косенко // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. - 2018. - № 2. - С. 19-24
 12. Донець В. В. Моделювання інформаційної системи e-learning з використанням генетичних алгоритмів / В. В. Донець, Н. Г. Кучук, С. І. Шматков // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2018. - Вип. 3. - С. 153-156.
 13. Зиков І. С. Синтез архітектури комп'ютерної системи управління транзакціями e-learning [Електронний ресурс] / І. С. Зиков, Н. Г. Кучук, С. І. Шматков // Сучасні інформаційні системи. - 2018. - Т. 2, № 3. - С. 60-66.
 14. Кибернетическая педагогика: онтологический инжиниринг в обучении и образовании : монография / К. А. Метешкин, О. И. Морозова, Л. А. Федорченко, Н. Ф. Хайрова. Харьков : ХНАГХ, 2012. 207 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. В. Козелков,
Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 01.03.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Модель формирования процессов, протекающих в образовательных и производственных системах, основанная на использовании онтологического инжиниринга

О. И. Морозова

В работе приведена модель формирования процессов, протекающих в образовательных и производственных системах, основанная на использованные онтологического инжиниринга. В основу модели входит терминологическая система предметной области «Организация и функционирование учреждения высшего образования», сроки которой связаны между собой гиперномичными отношениями. Основной целью построения терминологической системы является отделение из терминологического ряда три группы терминов, то есть их предварительная классификация. Такая классификация предусматривает упорядочение определенных сроков с целью поиска между них однородных связей и отношений. Уровень коренного понятия имеет три термина и их понятия, которые формируют три ветви понятий. Приведены укрупненную схему терминологии предметной области «организация и функционирование высшего учебного заведения». Как корневой срок, который задает своеобразный размер терминологического дерева предметной области «организация и функционирование учреждения высшего образования» выбран термин «высшее образование». Выделены три ветви сроков, которые образуют терминологическое дерево, которое покрывает своими определениями предметную область. Первая ветвь предусматривает использование отношений «общее - частичное» и «род - вид». Вторая ветка будет формироваться на просторно временных отношениях или как говорят темпоральных отношениях, а также причинно-наследных связей между определенными понятиями. Третья ветвь, в корне которой заключается термин «педагогика высшей школы» предусматривает любые отношения между низ лежащими сроками. Полученную терминологическую систему предметной области представлены в виде онтологической модели, структура которой имеет древовидный вид. Такое представление дает возможность формализовать предметную область. Полезность данной терминологической системы в том, что она может стать основой для множества учебных дисциплин, которые называются «Введение в специальность». Кроме того, словарь дает методическую основу преподавателям, которые формируют или обновляют рабочие учебные программы на этапе обдумывания названий учебных модулей, тем, а также аннотаций к ним с целью создания укрупненного терминологического дерева учебной дисциплины, будет основой для наполнения ее учебным материалом.

Ключевые слова: образовательные системы, производство, модель формирования процессов, онтологический инжиниринг, производственные правила.

Model of processes formation related in educational and production systems based on used ontological engineering

O. I. Morozova

In the work the model of the formation of processes occurring in educational and production systems based on used ontological engineering is given. The model is based on the terminological system of the subject field "Organization and functioning of the higher educational institution", the terms of which are interconnected by hypernomic relations. The main purpose of constructing a terminology system is to separate from the terminology series three terms groups, that is, their preliminary classification. Such a classification involves the ordering of certain terms in order to search for homogeneous relationships and relationships between them. The level of the root concept has three terms and their notions that form the three branches of concepts. The enlarged scheme of terminology of the subject field "Organization and functioning of the higher educational institution" is given. The term "higher education" is chosen as the root term, which specifies the peculiar size of the terminological tree of the subject area "Organization and functioning of the higher educational institution". Three branches of terms form a terminological tree, which covers the subject area by its definitions. The first branch involves the use of the relations "general - partial" and "genus - species". The second branch will be formed on a spacious temporal relationship or as it knows temporal relations, as well as causal relationships between certain concepts. The third branch, in the root of which is the term "pedagogy of high school", implies any relationship between lower terms. The resulting terminological system of the subject field is represented as an ontological model whose structure has a tree-like appearance. Such a representation enables to formalize the subject field. The usefulness of this terminology system is that it can become the basis for a plurality of academic disciplines, called "Introduction to a specialty". In addition, the vocabulary provides a methodological basis for teachers who create or update work syllabuses at the stage of thinking about the names of the training modules, as well as annotations to them in order to create an enlarged terminology tree of the discipline, which will be the basis for filling it with the educational material.

Keywords: educational systems, manufacturing, model of process formation, ontological engineering, production rules.

О. М. Петровський¹, Т. Ю. Кузнецова¹, С. В. Лейко², Л. І. Азарова¹

¹ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

² Полтавський коледж харчових технологій, Полтава, Україна

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ТА ЇХ ЗМІНА ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

Висвітлено результати експериментальних досліджень роботи біотехнічної системи опромінення насіння високо-частотним електромагнітним полем, безперервним синусоїдальним сигналом із різною вихідною потужністю для насіння пшениці. Визначений тепловий та осциляторний вплив електромагнітного поля на біологічну тканину. Запропонована фізико-математична модель структури біологічної тканини на рівні клітинних мембран, внутрішньо і міжклітинного середовища з точки зору електричних властивостей. На основі будови клітин визначені електричні властивості біологічної тканини, з якої складається насіння рослин. Показана зміна складових комплексного опору в залежності від частоти електромагнітного випромінювання за допомогою якого проводилась стимуляція. Побудовано рівняння регресії і проведено оцінку їх адекватності за критерієм Фішера. Аналіз рівнянь регресії дозволив визначити оптимальне співвідношення незалежних факторів для досягнення максимального відсотка схожості насіння. Отримані результати дозволили конкретизувати критерії оцінювання опромінення насіння. Експериментально доведено, що еквівалентну електричну схему неможливо звести до простих випадків з'єднання опорів і ємностей, а саме насіння не можна вважати нейтральним діелектриком. Розроблена методика оцінки інтенсивності обмінних процесів залежно від електричного опору насіння.

Ключові слова: насіння, мембрана, опір, ємність, частота, еквівалентна схема, обмінний процес.

Вступ

Постановка проблеми. Проведення передпосівної обробки насіння різними чинниками впливу позитивно позначається на процесах його проростання, вегетації рослин, і як наслідок, покращується формування колосу, плодів, підвищується врожайність. Існує чимало технологій передпосівної обробки насінневого матеріалу, що включають хімічні, біологічні, фізичні фактори впливу на стан насіння з метою стимуляції фізіологічних процесів проростання і розвитку. Зміна біофізичних властивостей насіння, стимуляція обміну речовин, інтенсифікація проростання, збільшення поглинання води й добрив є вирішальними задачами передпосівної обробки. Результат дії високо-частотного електромагнітного поля на насіння залежить від електричних характеристик насіння. Крім того, вивчення зміни електричних характеристик після високо-частотної (ВЧ) обробки насіння дає певні відомості що до зміни обмінних процесів у насінні.

Мета досліджень. На основі електрофізичної моделі будови насіння визначити зміну його електричних властивостей під впливом електромагнітної стимуляції обмінних процесів, із позитивним впливом на фізіологічний стан – схожість та енергію росту рослин. Провести статистичний аналіз проведених експериментів з визначенням найбільш впливових факторів. Вдосконалення способу високо-частотної електромагнітної стимуляції з забезпеченням оптимальних змін електричних властивостей насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час сформувався два основних уявлення про вплив електромагнітних полів радіочастотного діапазону на матеріали і речовини. Для високо-частотної області (міліметровий діапазон) перевага віддається «інформаційному впливу» [1], а для низько-частотної області (сантиметровий, дециметровий, мет-

ровий діапазони) зміни пояснюють за рахунок теплового впливу.

Трансформація електромагнітної енергії у матеріалах і речовинах приводить до нагрівання, однак, наслідки цього ефекту можуть бути різними, починаючи з чисто фізичних змін у речовині (плавлення, прискорення розчинення), чи супроводжуватися хімічними реакціями (утворення складних ефірів, розщеплення крохмалів) [2]. У рослинах і біологічних об'єктах електромагнітні поля забезпечують оборотні і необоротні процеси, що використовуються для прискорення проростання насіння і збільшення врожайності рослин, знищення комах та їхніх личинок [1-4]. Неоднозначність одержуваних результатів після впливу електромагнітного поля (ЕМП) обумовлена багатфакторністю систем, а також змінними зовнішніми умовами, найбільш істотними з яких є: вихідна вологість і температура зразка, що опромінюється, відношення рівня потужності до маси, стан зразка (щільність і рухливість).

За особливостями впливу на біологічні об'єкти спектр електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону підрозділяють на 5 інтервалів [5].

1. Одиниці герц ... 10 кГц – хвильова зона знаходиться на відстанях, де інтенсивність електромагнітного поля втрачає свою біологічну значимість.

2. 10кГц ... 30 МГц – характерне нерівномірне поглинання електромагнітної енергії різними біо-структурами насіння. Поглинання енергії зростає пропорційно квадрату колової частоти ω^2 .

3. 30 МГц ... 10 ГГц – характерно виникнення виражених інтерференційних явищ, що супроводжується складним розподілом поглиненої енергії. Максимальне поглинання має місце у випадку виникнення резонансних явищ за певного співвідношення довжини хвилі і розмірів об'єкта [6-8]. Виникають області так званих «гарячих плям».

4. 10 ... 200 ГГц – характерне швидке загасання хвилі під пас проходження через тканини. Ефективна глибина проникнення близько $0,01 \dots 0,1 \lambda$. Характерний ефект локального впливу. На частотах 49...60 ГГц спостерігаються біорезонансні явища.

5. 200 ... 3000 ГГц – характерно поглинання енергії самими поверхневими шарами.

В основі механізму дії ЕМП лежить первинна дія на заряджені частинки (іони, електрони, атоми, молекули), з яких складаються тканини біологічного об'єкту. Це дія обумовлена як тепловим, так і нетепловим осциляторним ефектом високочастотних коливань. Під впливом ЕМП за рахунок трансформації високочастотної енергії в теплову всередині тканин утворюється тепло, що залежить від електричних властивостей тканин, головним чином, від питомої електропровідності й діелектричної проникності, а також від частоти застосовуваного струму.

За рахунок наявності ємнісної складової, загальний опір біологічних тканин буде залежати від частоти, на якій здійснюється вимір опору. Зі збільшенням частоти загальний опір буде зменшуватися за рахунок зменшення ємнісної складової опору.

На високих частотах опір буде прямувати до нуля, а загальний опір перестав залежати від частоти і визначається паралельно з'єднаними опорами. Таке явище має місце на частотах $10^5 - 10^6$ Гц. Найбільший опір біологічна тканина має для постійного струму і струму низької частоти, коли ємнісний опір набагато перевищує значення активного опору. Відношення опору на низькій частоті до опору на високій частоті називається поляризаційним коефіцієнтом. Величина поляризаційного коефіцієнту вказує на інтенсивність обмінних процесів. Чим більша інтенсивність обмінних процесів, тим більший поляризаційний коефіцієнт. Зазначимо, що у разі припинення обмінних процесів і руйнування клітинних мембран поляризаційний коефіцієнт зменшується. Самі мембрани стають провідниками, їхній опір стає малим. Тому загальний опір буде мати найменше значення і не буде залежати від частоти.

За частоти змінного струму близько $10^5 - 10^6$ Гц ємнісна складова комплексного опору зменшується. Активний опір не залежить від частоти і лишається весь час сталим.

Коли клітини мембрани повністю зруйновані або їх функції остаточно порушені, ємнісна складова комплексного опору майже відсутня, то загальний опір перестав залежати від частоти і може вважатися чисто активним.

Теоретична частина

Розроблено спосіб опромінення насіння. Спосіб полягає в опроміненні насіння електромагнітним полем високої частоти, яке виникає між конденсаторними пластинами, з'єднаними з генератором електромагнітних коливань [6].

Використовується синусоїдальна безперервна форма сигналу, що задається генератором сигналів, забезпечується роботою ключа і блоку управління. Час опромінення обумовлений біофізичними властивостями опромінюваного насіння. Потужність зале-

жить від фізіологічних параметрів оброблювального матеріалу та умов навколишнього середовища.

Визначення електричних характеристик насипного насіння пшениці озимої проводили за допомогою вимірювача добротності (Q-метра) Е-4-4. Діапазон частот генератора цього приладу знаходиться в межах від 50кГц до 35МГц. Вимірювання проводилися на частотах 3, 6, 9, 12 МГц. Використовувався метод розстроювання ємності.

Вимірювалися характеристики необробленого насіння (контрольна партія) і насіння, оброблене електромагнітним полем ВЧ діапазону. Опромінення високочастотним (ВЧ) полем проводили на частоті 27,12МГц за допомогою апарата УВЧ-60 Мед ТеКо. Потужність опромінення становила 60Вт, а тривалість обробки 5хвилин.

Наявність у біологічних тканинах поляризованих мембран приводить до того, що крім активного опору біологічні тканини характеризуються ще й ємнісним опором. Взагалі опір біологічних тканин, внаслідок вищезгаданих причин, буде комплексним. Мембрану клітини можна представити в вигляді паралельно з'єднаних активного опору та ємності (реактивного ємнісного опору). Опори міжклітинного і внутрішньоклітинного середовищ матимуть переважно лише активну складову. Для зручності визначення лінійних розмірів клітин, що необхідно у врахуванні масштабного фактора, представлено клітини в вигляді прямокутних паралелепіпедів. Розміри паралелепіпедів такі ж, як і розміри клітин. Зміна форми клітини істотно не вплине на електричні параметри. Як відомо, на електричні параметри перш за все впливають фізичні властивості тіла (питомий опір, діелектрична проникність, лінійні розміри). Форма тіла має другорядне значення.

У моделі зроблено спрощення і розташовано клітини впорядковано в вигляді прямокутного паралелепіпеда (рис. 1). У цій моделі клітини розглядаються як паралелепіпеди певних розмірів, оточені зовнішніми клітинними мембранами, які, в свою чергу, оточені міжклітинним середовищем.

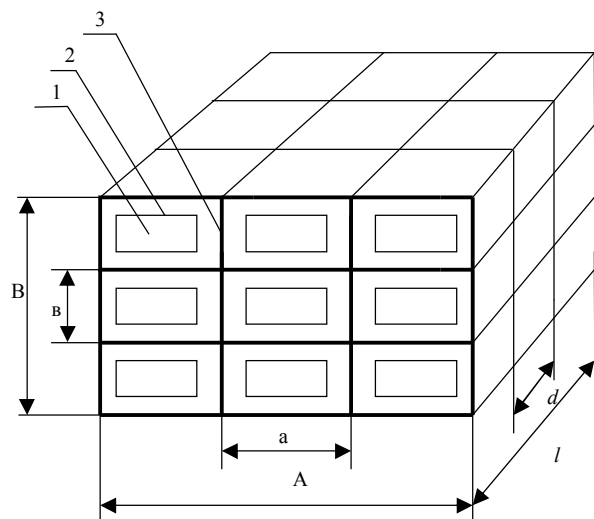


Рис. 1. Модель тіла, що має клітинну будову: 1 – вміст клітини; 2 – клітинна мембрана; 3 – міжклітинне середовище; a, b, d – лінійні розміри клітини; A, B, l – лінійні розміри насіння.

Еквівалентна електрична схема однієї комірки моделі (клітини) може бути представлена певним поєднанням опорів і ємностей (рис. 2).

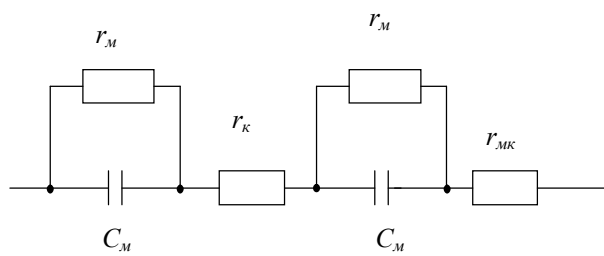


Рис. 2. Еквівалентна електрична схема клітини: r_M – активний опір мембрани, Ом; C_M – ємність мембрани, Ф; r_K – опір вмісту клітини, Ом; r_{MK} – опір міжклітинного середовища, Ом

Оскільки можна вважати, що опір міжклітинного середовища набагато менший опору клітини $r_{MK} \ll r_K$, то в подальших розрахунках не враховано r_{MK} . Комплексний опір мембрани \dot{Z}_1 , паралельно з'єднаних r_M і C_M , буде визначатися як [2]:

$$\frac{1}{\dot{Z}_1} = \frac{1}{r_M} + \frac{1}{X_C} = \frac{1}{r_M} + j\omega C_M. \quad (1)$$

Після перетворень з урахуванням масштабного фактора одержано:

$$\dot{Z}_{заг} = \frac{\gamma l R_{КОМ} \rho_{МК}^2 + \gamma \rho_{МК} R_{КОМ}^2 - \gamma X_{КОМ}^2}{S (\rho_{МК} + \gamma R_{КОМ})^2 + (\gamma X_{КОМ})^2} - \frac{j(\rho_{МК} X_{КОМ} + \gamma R_{КОМ} X_{КОМ} \rho_{МК} + \rho_{МК} \gamma R_{КОМ} X_{КОМ})}{(\rho_{МК} + \gamma R_{КОМ})^2 + (\gamma X_{КОМ})^2}, \quad (2)$$

де
$$R_{КОМ} = \frac{r_K + 2r_M + r_K r_M^2 \omega^2 C_M^2}{1 + \omega^2 C_M^2 r_M^2}, \quad (3)$$

$$X_{КОМ} = \omega C_M \frac{2r_M^2}{1 + \omega^2 C_M^2 r_M^2}. \quad (4)$$

Аналізуючи вираз (2), можна побачити, що простий вигляд він має тільки у деяких окремих випадках, коли здійснюється висока поляризація клітинних мембран (значна інтенсивність обміну речовин), то $\omega^2 C_M^2 r_M^2 \gg 1$. Якщо, крім того, можна знехтувати провідністю міжклітинного середовища, тобто $1/R \rightarrow 0$, і відповідно $\rho_{МК}^2 \rightarrow \infty$, то поділивши чисельник і знаменник виразу (2) на $\rho_{МК}^2$ і враховуючи, що за зробленими припущеннями $\rho_{МК} \rightarrow \infty$, одержимо:

$$\dot{Z}_{заг} = \frac{\gamma l}{S} (R_{КОМ} - jX_{КОМ}). \quad (5)$$

Тобто, за зробленими припущеннями, опір насіння складається з послідовно з'єднаних активного опору $\gamma l R_{КОМ} / S$ та ємнісного опору $\gamma l X_{КОМ} / S$.

Якщо опір комірки моделі (клітини) переважно реактивний (ємнісний), але провідністю міжклітинного середовища нехтувати не можна, то

$$\frac{1}{\dot{Z}_{заг}} = \frac{S}{\gamma l} \left(\frac{\gamma}{\rho_{МК}} + j \frac{1}{X_{КОМ}} \right). \quad (6)$$

У цьому випадку ми маємо паралельне з'єднання активного опору міжклітинного середовища та ємнісного опору мембрани.

За достатньо низьких і достатньо високих частотах опір тканини буде переважно активним, але його абсолютне значення за низьких частот суттєво залежить від ступеня поляризації клітинних мембран.

Експериментальні дослідження

Результат дії височастотного електромагнітного поля на насіння залежить від параметрів поля за допомогою якого виконується обробка і від електричних характеристик насіння. Крім того, вивчення зміни електричних характеристик після ВЧ обробки насіння дає певні відомості щодо зміни обмінних процесів у насінні. Для планування експерименту з опромінювання насіння на установці ВЧ і статистичного аналізу отриманих результатів доцільно використовувати тривірневий ортогональний центральний композиційний план (ОЦКП). Перевагою даного плану є можливість отримання максимально наближеної математичної моделі за мінімальної кількості дослідів. На основі отриманих експериментальних даних складаємо рівняння регресії. Рівняння регресії складаються для кожної з залежних змінних:

$$Y_1 = 62.89 + 0.197X_1 - 0.00237X_1^2 + 6.165X_2 - 0.345X_2^2 - 0.0135X_3 + 0.00003X_3^2 + 0.00533X_1X_2 + 0.00028X_1X_3 - 0.001X_2X_3, \quad (7)$$

$$Y_2 = 64.84 - 0.028X_1 + 0.001X_1^2 + 7.176X_2 - 0.41X_2^2 - 0.075X_3 + 0.00068X_3^2 + 0.00155X_1X_2, \quad (8)$$

$$Y_3 = 64.391 + 0.121X_1 - 0.0012X_1^2 + 5.384X_2 - 0.295X_2^2 + 0.037X_3 - 0.0005X_3^2 + 0.0024X_1X_2 + 0.0001X_1X_3 + 0.0012X_2X_3, \quad (9)$$

$$Y_4 = 64.93 + 0.342X_1 - 0.004X_1^2 + 5.81X_2 - 0.344X_2^2 - 0.051X_3 + 0.0002X_3^2 + 0.0042X_1X_2 + 0.0007X_1X_3 - 0.0004X_2X_3. \quad (10)$$

Перевіряємо рівняння регресії (математичної моделі) на адекватність за критерієм Фішера:

$$F = S_{ад}^2 / S_{вотн}^2 < F_{теор}, \quad (11)$$

де
$$S_{ад} = \sum_{j=1}^{16} (y_j - y_j')^2 / (N-3),$$

$$S_{вотн} = \sum_{j=1}^2 (y_j - \bar{y}_j)^2 / (2-1),$$

$S_{ад}$ – дисперсія адекватності; $S_{вотн}$ – дисперсія відтворення; y_j і y_j' – показники схожості, визначені експериментальним і розрахунковим методами.

Провівши розрахунки, одержимо:

дисперсія адекватності $S_{ад} = 3,18$;

дисперсія відтворення $S_{вотн} = 1,32$.

Таким чином, розрахунковий критерій Фішера дорівнює $F = 3,18^2 / 1,32^2 = 5,8$.

Теоретична границя критичної області $F_{теор0,05;9;2} = 19,4$.

Рівняння адекватне, тому що

$$F = S_{ад}^2 / S_{восн}^2 < F_{теор} = 5,8 < 19,4.$$

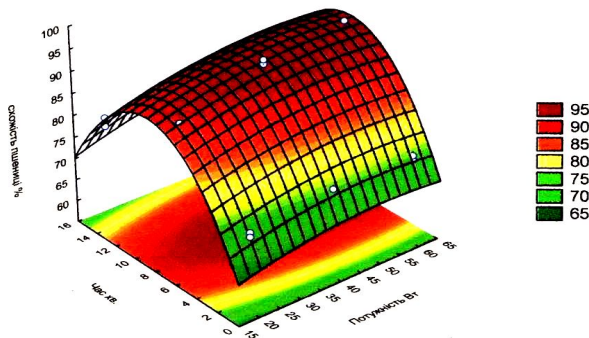
Визначимо оптимальний режим роботи установки під час опромінення насіння ячменя. Для цього проаналізуємо отримані рівняння на екстремуми відносно X_1, X_2, X_3 :

$$\begin{cases} \frac{\partial Y_3}{\partial X_1} = -0.008X_1 + 0.0042X_2 + 0.0007X_3 + 0.342 = 0; \\ \frac{\partial Y_3}{\partial X_2} = 0.0042X_1 - 0.688X_2 - 0.0004X_3 + 5.81 = 0; \\ \frac{\partial Y_3}{\partial X_3} = 0.0007X_1 - 0.0004X_2 + 0.0004X_3 - 0.051 = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Вирішуючи отриману систему, визначимо значення факторів, у разі співвідношення яких схожість насіння пшениці буде найбільша:

- потужність (X_1) – 50 Вт;
- час (X_2) – 8,7 хв.;
- маса насіння пшениці (X_3) – 50 гр.

Підставивши отримані значення в рівняння регресії, визначимо максимально прогнозовану схожість насіння пшениці після опромінення на установці ВЧ (рис. 3).



$$Y_3 = 97,5\%.$$

Рис. 3. Залежність схожості насіння пшениці від часу та потужності опромінення

Аналіз рівняння показав, що найбільш значущими факторами, що впливають на схожість насіння пшениці, є потужність і час.

Таким чином, головними факторами, що впливають на схожість насіння, є потужність опромінення і час експозиції.

Визначення електричних характеристик насипного насіння озимої пшениці проводили за допомогою вимірювача добротності (Q-метра) Е-4-4. Діапазон частот генератора цього приладу знаходиться в межах від 50кГц до 35 МГц.

Вимірювання проводилися на частотах 3, 6, 9, 12 МГц. Використовувався метод розстроювання ємності. Насіння насипали у вимірювальну комірку, в

якій знаходилися дві паралельні металеві пластинки, що утворювали плоский конденсатор. Діелектриком такого конденсатора виступало насипане в комірку насіння. Для вимірів застосовували котушки з попередньо визначеними значеннями індуктивності і добротності.

Вимірювали характеристики необробленого насіння (контрольна партія) і насіння, обробленого електромагнітним полем ВЧ діапазону. Опромінення ВЧ полем проводили на частоті 27,12 МГц за допомогою апарату УВЧ-60 Мед ТеКо. Потужність опромінення складала 60 Вт, а тривалість обробки – 5 хвилин.

Для обробки насіння ВЧ полем і для вимірювання його електричних характеристик використовувалося незволожене насіння, його вологість складала приблизно 10 %.

За допомогою Q-метра вимірювали комплексний опір, тобто активну і ємнісну складові опору. Для визначення цих характеристик використовували паралельну схему з'єднання ємності й активного опору. Це дозволило розрахувати діелектричну проникливість і питомий опір насіння.

Експериментальні результати визначення активного опору для неопроміненого і опроміненого насіння пшениці наведені на рис. 4.

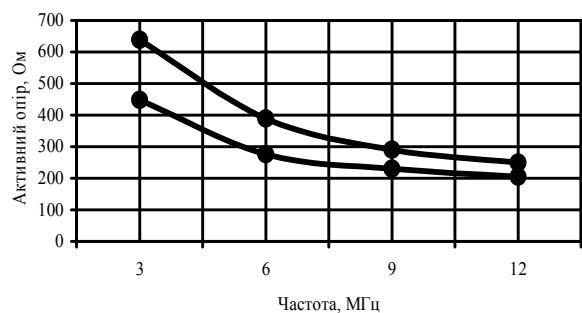


Рис. 4. Залежність активного опору опроміненого (нижня крива) і неопроміненого (верхня крива) насіння пшениці від частоти

Із наведених результатів видно, що обробка насіння полем ВЧ впливає на його електричні характеристики.

Слід зазначити, що в досліджах використовувалося сухе насіння, тобто насіння, яке спеціально не зволожували. Внаслідок цього ємнісна складова комплексного опору значно перевищує його активну складова і дозволяє, в даному випадку, вважати насіння діелектриком.

Опромінене насіння характеризується меншим значенням активного опору для паралельної схеми вимірювання, що пов'язано зі збільшенням проникливості мембран після опромінення насіння полем ВЧ.

Висновки

Розроблена фізико-математична модель електричних властивостей біологічних тканин рослин, що дає змогу аналізувати пасивні електричні характеристики насіння на різних частотах до і після опромінення.

Визначено, що еквівалентна електрична схема насіння є комбінованою й її неможливо звести до послідовно чи паралельно з'єднаних постійних ємності та активного опору. Експериментально підтве-

рджено, що під дією ВЧ опромінення змінюється опір; це пояснюється інтенсифікацією обмінних процесів, збільшенням водопоглинання і, як наслідок, стимулюється процес проростання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Thomasset A. Proprietes bioelectriques des tissus. Mesure de l'impedance en clinique / A. Thomasset // Lyon Med.-vol. 28.- 1962. – P. 107-109.
2. Исмаилов Э. Ш. Биофизическое действие СВЧ излучений / Э. Ш. Исмаилов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 306 с.
3. Бородин И. Ф. Воздействие электромагнитной волны с семенем при дезинсекции зерна / И. Ф. Бородин, С. В. Вендин, С. Г. Кузнецов // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. – № 6. – С. 8–10.
4. Грабовски Б. Справочник по электронике / Б. Грабовски. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 416 с.
5. Кутовой В. А. Высоочастотная технология защиты зерна от амбарных вредителей / В. А. Кутовой, Б. И. Рудяк, Л. А. Базыма // Вопросы атомной науки и техники. – 2001. – № 4. – С. 129-132.
6. Олейник В.П. Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами / В.П. Олейник. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 61 с.
7. Пат.51700 UA МПК (2009) A01C 1/00 (2010. 07). Спосіб передпосівного опромінення насіння зернових. / Петровський О.М., Смердов А.А., Жемела Г.П., Волков С.І., Ландар А.А. // власник Петровський О.М. Патент на корисну модель №51700. заявлено 15.02.2010; опубліковано 26.07.2010. Бюл. № 14 2010р.
8. Черенков А. Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина //Світлотехніка та електроенергетика / Міжнародний науково-технічний журнал. – Х.: ХНАМГ. – 2005. – № 5. – С. 77-80.

Рецензент: д-р. хім. наук, проф. В. В. Соловійов,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Полтава.

Received (Надійшла) 06.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Физико-математическая модель электрических свойств биологических тканей семян пшеницы и их изменения под влиянием электромагнитное излучение высокочастотного диапазона

А. Н. Петровский, Т. Ю. Кузнецова, С. В. Лейко, Л. И. Азарова

Представлены результаты экспериментальных исследований работы биотехнической системы облучения семян высокочастотным электромагнитным полем, непрерывным синусоидальным сигналом с разной выходной мощностью для семян пшеницы. Определены тепловое и осциляторное влияние электромагнитного поля на биологическую ткань. Предложена физико-математическая модель структуры биологической ткани на уровне клеточных мембран, внутренней и межклеточных сред с точки зрения электрических свойств. На основе строения клеток определены электрические свойства биологической ткани, из которой состоит семя растений. Показано изменение составляющих комплексного сопротивления в зависимости от частоты электромагнитного излучения с помощью которого проводилась стимуляция. Построено уравнение регрессии и проведена оценка их адекватности по критерию Фишера. Анализ уравнений регрессии позволил определить оптимальное соотношение независимых факторов для достижения максимального процента всхожести семян. Для наглядного отображения влияния данных факторов на показатель сходства построено поверхность отклика. Полученные результаты позволили конкретизировать критерии оценки облучения семян. Экспериментально доказано, что эквивалентную электрическую схему невозможно свести к простым случаям соединения сопротивлений и емкостей, а именно семена нельзя считать нейтральным диэлектриком. Разработана методика оценки интенсивности обменных процессов в зависимости от электрического сопротивления семян.

Ключевые слова: семена, мембрана, сопротивление, емкость, частота, эквивалентная схема, обменный процесс.

Physically-mathematical model of electrical properties of biological tissues of seeds of wheat and their changes after influence of electromagnetic radiation of high-frequency ranges

O. Petrovskiy, T. Kuznetsova, S. Leyko, L. Azarova

The results of experimental research of the biotechnical system of irradiation of seeds by high-frequency electromagnetic field, continuous sinusoidal signal with different output power for wheat seeds are highlighted. The thermal and oscillatory effects of the electromagnetic field on the biological tissue are determined. The physical-mathematical model of the structure of biological tissue at the level of cell membranes, internal and intercellular media from the point of view of electrical properties is proposed. Based on the structure of the cells, the electrical properties of the biological tissue from which the seeds of plants are composed are determined. Shown is the change in the components of the integrated resistance, depending on the frequency of electromagnetic radiation through which the stimulation was carried out. The equation of regression is constructed and an estimation of their adequacy according to Fischer's criterion. The analysis of the equations of regression allowed to determine the optimal ratio of independent factors for achieving the maximum percentage of similarity of the seeds. For a clear reflection of the influence of these factors on the similarity index, the response surface is constructed. The obtained results allowed to specify the criteria for evaluating the irradiation of seeds. It has been experimentally proved that an equivalent electric circuit can not be reduced to simple cases of the connection of resistances and capacities, and the seed can not be considered a neutral dielectric. The method of estimation of the intensity of exchange processes is developed, depending on the electrical resistance of the seeds.

Keywords: seed, membrane, resistance, capacity, frequency, equivalent circuit, exchange process.

А. И. Поворознюк, О. А. Поворознюк, Г. Р. Мумладзе

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ЭТАПОВ ДИАГНОСТИКО-ЛЕЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ

Предметом изучения в статье является комплекс диагностически-лечебных мероприятий (ДЛМ). **Целью** данного исследования является формализация этапов диагностико-лечебных мероприятий при проектировании компьютерных систем поддержки принятия решений в медицине. **Задачи:** формализовать задачу комплексной оценки этапов ДЛМ, определить множества входов, выходов и управляющих воздействий каждого этапа ДЛМ, разработать функциональную модель процесса ДЛМ и выполнить ее декомпозицию. Для достижения целей в работе используются: **методология** функционального моделирования IDEF0 для построения функциональной модели; **методы** морфологического анализа для выделения диагностически-значимых структурных элементов биомедицинских сигналов и изображений; **методы** кластеризации для синтеза иерархических структур диагностируемых состояний (дерева решений) и диагностических признаков; **методы** теории информации для синтеза структуры информативных признаков; **методы** теории принятия решений для синтеза диагностического решающего правила. **Выводы.** Научная новизна состоит в следующем: разработана функциональная модель диагностико-лечебных мероприятий, которая является основой для разработки структурной и математической модели, а также для разработки структуры системы поддержки принятия решений при проведении диагностико-лечебных мероприятий, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности предоставления медицинских услуг и минимизации рисков врачебных ошибок. Дальнейшие исследования направлены на использование более сложного представления врачебных действий, включая при необходимости ранговые и числовые компоненты, формируя соответствующее пространство при реализации других видов врачебных действий.

Ключевые слова: компьютерная система, поддержка принятия решений, диагностика, врачебное действие, функциональная модель, диагностический признак, решающее правило.

Введение

Комплекс диагностически-лечебных мероприятий (ДЛМ) состоит из двух взаимосвязанных этапов: диагностики пациента и лечения выявленных заболеваний с возможной последующей реабилитацией. Следует отметить, что диагностика является сложным процессом уточнения диагноза, в котором участвуют несколько врачей (семейный врач и врачи специалисты). Результатом диагностики является развернутый диагноз, который включает основное и сопутствующие заболевания, причем после диагностики и назначения лечебных процедур необходим мониторинг текущего состояния пациента с целью оценки эффективности процесса лечения и, при необходимости, его коррекции. Для лечения того или иного заболевания необходимо предоставление определенных врачебных действий (ВД) на организм пациентов (хирургическое вмешательство, фармакологическое, лечебно-терапевтическое воздействие, реабилитационные мероприятия) или их комбинация.

На каждом из указанных этапов врач, как лицо, принимающее решение (ЛПР), выполняет управленческое решение в условиях дефицита исходных данных и существенной априорной неопределенности, основываясь на своей квалификации, опыте и интуиции. При этом принятие неправильного решения (врачебная ошибка) как на этапе диагностики, так и на этапе лечения может иметь катастрофические последствия для здоровья пациента. Термин «врачебная ошибка» (ВО) определяет неправильную диагностику болезни или неправильные ВД, которые обусловлены искренним заблуждением врача,

при этом исключается халатность и недобросовестность при исполнении своих обязанностей. Причиной ошибки диагностики является недостаточный объем и/или недостаточная информативность диагностических данных (применение устаревшего оборудования или недостаточная квалификация врача, который назначал список обследований), или их неверная интерпретация (особенно при субъективном анализе качественных показателей).

Причиной неправильных ВД при правильном диагнозе является недостаточный учет индивидуальных особенностей пациента (аллергические реакции на определенные препараты, список болезней, которыми уже болел пациент, принимаемые лекарства и т.д.).

В настоящее время имеется широкий спектр компьютерных диагностических систем в различных предметных областях медицины [1, 2], в которых используются различные математические методы поддержки принятия решений (детерминированная логика [3], вероятностный подход [4], нечеткая логика [5, 6], нейронные сети [7] и т.д.) и современные информационные технологии, включая телемедицину [8–11]. Так как существенную долю диагностической информации содержат биомедицинские сигналы и изображения (БМС/И), то методам их обработки с целью повышения качества визуализации, морфологического анализа (выделение диагностически-значимых структурных элементов на фоне помех), определения диагностических признаков, уделяется большое внимание [12, 13]. Информатизация рекомендаций по выбору и реализации ВД на современном этапе выполнена не так широко, и ограничивается медицинскими справочниками, рекомендациями

по выполнению врачебных процедур [14], в том числе в виде информационно-поисковых систем [15].

В современных компьютерных системах поддержки принятия решений в медицине задачи диагностики и ВД рассматриваются независимо друг от друга, при диагностике минимизируется риск неправильной постановки диагноза без учета этапа ВД, поэтому актуальной является задача минимизации риска ВО при комплексной оценке всех этапов ДЛМ.

Цель и задачи исследования. Целью работы является формализация задачи и разработка информационной технологии комплексной оценки этапов ДЛМ с целью повышения эффективности предоставления медицинских услуг и минимизации риска врачебных ошибок.

Для достижения поставленной цели эта работа решает следующие задачи:

- формализовать задачу комплексной оценки этапов ДЛМ, определить множества входов, выходов и управляющих воздействий каждого этапа ДЛМ;

- разработать функциональную модель процесса ДЛМ и выполнить ее декомпозицию.

Методы и основные предположения. Для достижения целей в работе используются: методология функционального моделирования IDEF0 для построения функциональной модели; методы морфологического анализа для выделения диагностически-значимых структурных элементов биомедицинских сигналов и изображений; методы кластеризации для синтеза иерархических структур диагностируемых состояний (дерева решений) и диагностических признаков; методы теории информации для синтеза структуры информативных признаков; методы теории принятия решений для синтеза диагностического решающего правила.

Формализация этапов ДЛМ, разработка функциональной модели

Представим процесс диагностико-лечебных мероприятий в виде обобщенной модели M_G вида: $M_G = \{M_F, M_S, M_M\}$, где M_F, M_S, M_M - функциональная, структурная, математическая модели процесса ДЛМ соответственно.

Рассмотрим более подробно функциональную модель (рис. 1). Разработка функциональной модели ДЛМ выполнена с помощью методологии функционального моделирования IDEF0. Для построения контекстной диаграммы, которая представляет ДЛМ как единое целое и показывает связь с внешним миром, необходимо определить входы, выходы, управление и механизмы. В качестве входов M_F рассматриваются следующие структуры данных, которые использу-

ются в заданной предметной области медицины:

- множество анализируемых БМС/И, результатом анализа которых является множество вычисляемых (вторичных) диагностических признаков;

- множество измеряемых (первичных) диагностических признаков X ;

- множества диагностируемых состояний D .

Кроме того, входными данными являются диагностические данные, которые получены при обследовании каждого пациента и определяют его состояние: реализация БМС/И каждого пациента; реализация первичных диагностических признаков пациента.

Выходом M_F являются рекомендованные системой и подтвержденные или скорректированные врачом необходимые врачебные действия для конкретного пациента.

В качестве управления выступают различные законодательные акты и нормативная документация, структура диагностического решающего правила, а также применяемые критерии оптимизации $Q1 - Q4$. Структуру диагностического решающего правила определяет математический метод классификации диагностируемых состояний при анализе диагностических признаков: детерминистический, вероятностный, на основе нейронных сетей и т.д. Основными механизмами в контекстной диаграмме являются пациент, ЛПР, медперсонал, который обеспечивает процесс инструментального обследования пациента и система поддержки принятия решений в медицине.

Для декомпозиции контекстной диаграммы (рис. 2) были выделены два основных функциональных блока (работы), которые соответствуют этапам ДЛМ:

- выполнить диагностику пациента;

- выполнить необходимые врачебные действия.

Управлением для всех работ являются различные критерии оптимизации, которые рассматриваются при дальнейшей декомпозиции контекстной диаграммы.

Была выполнена дальнейшая декомпозиция работ 1 и 2. При этом работа 1 была разбита на функциональные блоки «Формирование вектора диагностических признаков» (работа 1.1) и «Постановка диагноза» (работа 1.2), после чего была выполнена их декомпозиция (рис. 3-5).

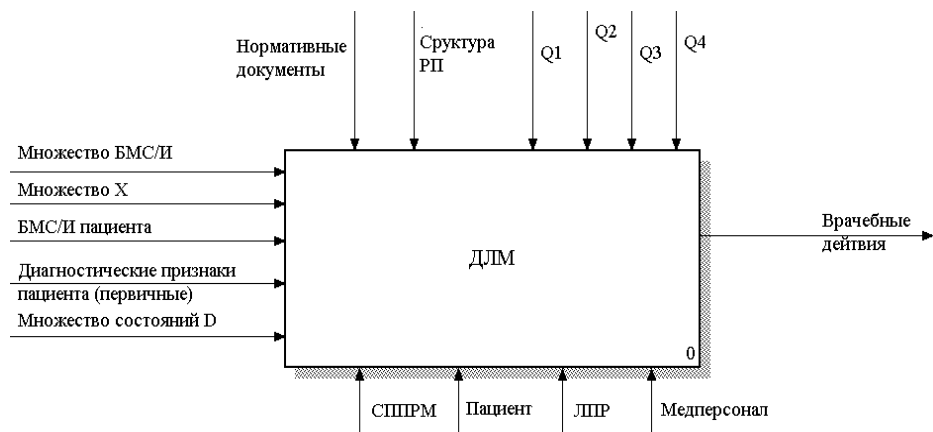


Рис. 1. Функциональная модель этапов ДЛМ

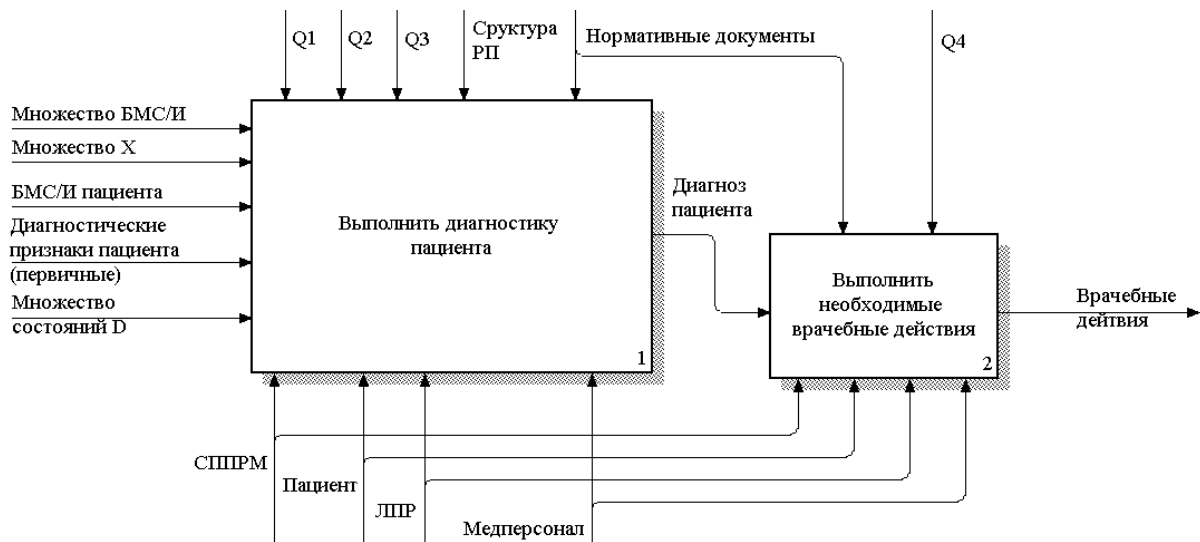


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы ДЛМ

Входом работы 1.1.1 «Сформировать алгоритм морфологического анализа» (рис. 3) является множество БМС/И, которое задается протоколом обследования; выходом – множество структурных элементов ω (в режиме обучения системы); управлением – критерий оптимальности Q_1 , в качестве которого выступает минимум ошибки распознавания структурных элементов.

Входом работы 1.1.2 «Выполнить регистрацию и морфологический анализ БМС/И» (рис. 3) является множество БМС/И, которые регистрируются у пациента; выходами – найденные структурные элементы ω^p .

Входами работы 1.1.3 «Сформировать множество диагностических признаков» (рис. 3) являются выходы работы 1.1.1 и множество возможных диагностических признаков (множество первичных признаков) в заданной предметной области медицины, которые регистрируются непосредственно у пациента, исключая анализ БМС/И; выходом – формализованное представление диагностических признаков X . Работа 1.1.3 реализует также алгоритмы вычисления вторичных диагностических признаков при анализе параметров структурных элементов ω .

Входами работы 1.1.4 «Сформировать век-

тор диагностических признаков пациента» являются выходы работы 1.1.2 и множество первичных диагностических признаков, которые регистрируются у пациента; выходом – вектор значений диагностических признаков X^p пациента после их предварительной обработки (восстановление пропущенных данных, приведение к одной шкале, нормализация и



Рис. 3. Декомпозиция работы 1.1 «Формирование вектора диагностических признаков»

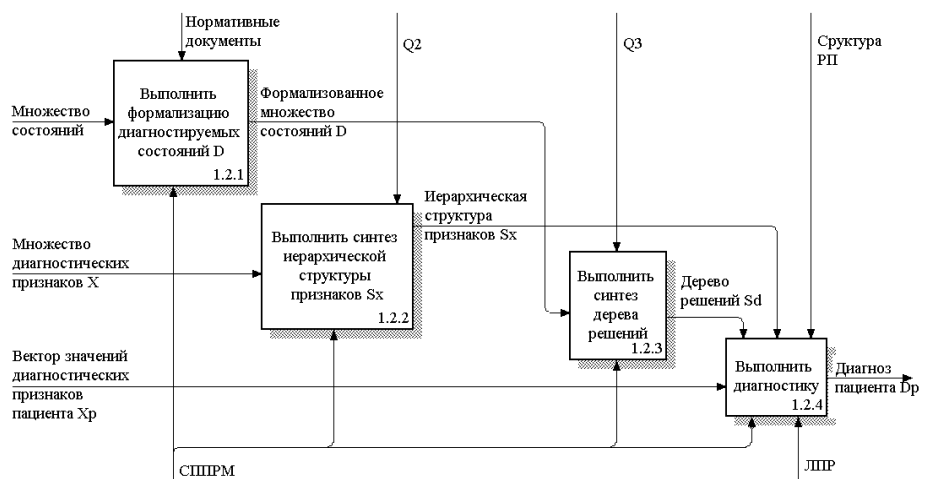


Рис. 4. Декомпозиция работы 1.2 «Постановка диагноза»

т.д.). Управління роботи 1.1.4 являється виходом роботи 1.1.3.

Входом роботи 1.2.1 «Виконати формалізацію діагностических состояний D» (рис. 4) являється множество возможных состояний (діагнозов) в заданной предметной области медицины, выходом – их формализованное представление D (в режиме обучения системы).

Работы 1.2.2 и 1.2.3 выполняются только в режиме обучения системы (рис. 4).

Входом работы 1.2.2 «Виконати синтез ієрархічної структури S_X » (рис. 4) являється вихід роботи 1.1.3 (рис. 4); выходом – ієрархічна структура інформативних діагностических признаков S_X согласованная с структурой S_D (см. далее). Управление – комплексный критерий оптимизации Q_2 , который включает частные критерии: критерий кластеризации и критерий информативности.

Входом работы 1.2.3 «Виконати синтез дерева решений» (рис. 4) являється вихід роботи 1.2.1; выходом – ієрархічна структура діагностических состояний S_D (дерево решений). Управление – критерий оптимизации Q_3 в виде критерия кластеризации состояний D в пространстве признаков X .

Входом работы 1.2.4 «Виконати діагностику» являється вихід роботи 1.1.4 (рис. 1); выходом – развернутый диагноз D^p пациента. Управление – выходы работ 1.2.2 и 1.2.3, а также структура диагностического решающего правила (РП). Работа 1.2.4 в формализованном виде являється задачей классификации состояния пациента D^p при анализе вектора диагностических признаков X^p .

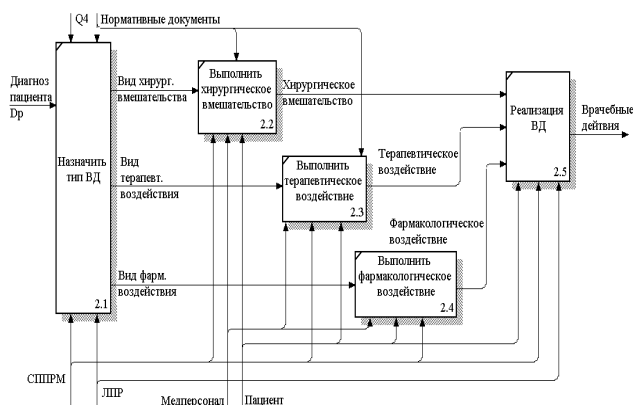


Рис. 5. Декомпозиция работы 2 «Выполнить необходимые врачебные действия»

Входом работы 2.1 «Назначить тип ВД» (рис. 5) являється вихід роботи 1.2.4 (рис. 4); выходы – типы необходимых ВД (хирургическое вмешательство, фармакологическое, лечебно-терапевтическое воздействие, реабилитационные мероприятия или их комбинации). Управление – нормативная документация и критерий оптимальности Q_4 , в качестве которого используется интегральный критерий в задаче выбора альтернатив.

Входами работ 2.2, 2.3 и 2.4 (рис. 5) являється соответствующие выходы работы 2.1; выходами – реализации соответствующих ВД с учетом индивидуальных особенностей пациента, противопоказаний к отдельным ВД и многокритериального выбора аналогов (при реализации фармакологического воздействия).

Входами работы 2.5 «Реализация ВД» (рис. 5) являються выходы работ 2.2, 2.3 и 2.4; выходом – назначение ВД пациенту.

Предложенная функциональная модель ДЛМ являється основой для разработки структурной и математической модели, а также структуры системы поддержки принятия решений в медицине.

Выводы

Разработана информационная технология поддержки принятия решений при проведении ДЛМ на основе формализации этапов и разработки функциональной модели процесса диагностики и врачебных действий при их комплексной оценке, что позволяет минимизировать риски врачебных ошибок, повысить достоверность и обоснованность решений.

Предложенные функциональная, структурная и математическая модели дала возможность разработать обобщенную структурную схему СППРМ процесса ДЛМ. Модульный принцип построения системы позволяет не только легко модернизировать существующие модули, но и добавлять новые модули, необходимые для интеграции специализированного программного обеспечения в уже существующие системы и комплексы.

Дальнейшие исследования направлены на использование более сложного представления врачебных действий, включая при необходимости ранговые и числовые компоненты, формируя соответствующее пространство при реализации других видов лекарственных действий (хирургическое вмешательство, лечебно-терапевтическое воздействие, реабилитационные мероприятия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобринский Б.А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении / Б.А. Кобринский // Врач и информационные технологии, 2010, 2: 39–45.
2. Поворознюк А. И. Системы поддержки принятия решений в медицинской диагностике. Синтез структурированных моделей и решающих правил / А. И. Поворознюк – Saarbrücken Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 314 с.
3. Кобринський Б. А. Ретроспективний аналіз медичних експертних систем / Б. А. Кобринський // Новини штучного інтелекту. – 2005. – № 2. – С. 6–18.
4. Доан Д.Х., Крошилин А.В., Крошилина С.В. Обзор подходов к проблеме принятия решений в медицинских информационных системах в условиях неопределенности. Фундаментальные исследования, 2015, 12 (1): 26–30.
5. Innocent P.R. Fuzzy Methods and Medical Diagnosis / P.R. Innocent, R.I. John, J.M. Garibaldi // The Centre for Computational Intelligence Department of Computer Science De Montfort University, Leicester, UK. – 2004. – С. 4–17.

6. Sadegh-Zadeh K. The Logic of Diagnosis / K. Sadegh-Zadeh // *Philosophy of Medicine* – 2011. – P. 357–424.
7. Ceylana R. A novel approach for classification of ECG arrhythmias: Type-2 fuzzy clustering neural network / R. Ceylana, Y. Özbaya, B. Karlik // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – Vol. 36 (3). – P. 6721–6726.
8. Trends in the growth of literature of telemedicine: A bibliometric analysis / Yang Y. T., Iqbal U., Horn-Yu Ching J. [et al.] / *Computer Methods and Programs in Biomedicine* – Vol. 122 (3) – 2015. – P. 471–479.
9. Владимирский А. В. Телемедицина : монография / А. В. Владимирский. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2011. – 437 с.
10. Hwang D. Monitoring Progress and Adherence with Positive Airway Pressure Therapy for Obstructive Sleep Apnea: The Roles of Telemedicine and Mobile Health Applications / D. Hwang // *Sleep Medicine Clinics* – Vol. 11 (2) – 2016. – P. 161–171.
11. Файнзильберг Л., Сорока Т. Разработка телемедицинской системы для дистанционного мониторингирования сердечной деятельности на основе метода фазографии. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2015, vol. 6, № 9(78): 37–46. DOI: 10.15587/1729–4061.2015.55004.
12. Файнзильберг Л. С. Обобщенный метод обработки циклических сигналов сложной формы в многомерном пространстве параметров / Л. С. Файнзильберг // *Проблемы управления и информатики*. – 2015. – № 2. – С. 58–71.
13. Trzupsek M. Intelligent image content semantic description for cardiac 3D visualisations / M. Trzupsek, M. R. Ogiela, R. Tadeusiewicz // *Engineering Applications of Artificial Intelligence* – Vol. 24 (8) – 2011. – P. 1410–1418.
14. Рациональна діагностика та лікування в дерматології та венерології / За ред. І.І. Маврова // *Довідник лікаря Дерматолог – Венеролог*. – К.: ТОВ "Доктор-Медіа", 2007. – 344 с.
15. Компендиум 2015 – лекарственные препараты /Под ред. В.Н. Коваленко, А.П. Викторова. [Электронный ресурс] <http://www.compendium.com.ua>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Козелкова,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Received (Надійшла) 25.01.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Розробка функціональної моделі етапів діагностично-лікувальних заходів в системах підтримки прийняття рішень в медицині

А. І. Поворознюк, О. А. Поворознюк, Г. Р. Мумладзе

Предметом вивчення в статті є комплекс діагностично-лікувальних заходів (ДЛЗ). Метою даного дослідження є формалізація етапів діагностично-лікувальних заходів при проектуванні комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень в медицині. **Завдання:** формалізувати задачу комплексної оцінки етапів ДЛЗ, визначити безлічі входів, виходів і керуючих впливів кожного етапу ДЛЗ, розробити функціональну модель процесу ДЛЗ і виконати її декомпозицію. Для досягнення цілей в роботі використовуються: **методологія** функціонального моделювання IDEF0 для побудови функціональної моделі; **методи** морфологічного аналізу для виділення діагностично-значущих структурних елементів біомедичних сигналів та зображень; **методи** кластеризації для синтезу ієрархічних структур діагностованих станів (дерева рішень) і діагностичних ознак; **методи** теорії інформації для синтезу структури інформативних ознак; **методи** теорії прийняття рішень для синтезу діагностичного вирішального правила. **Висновки.** Наукова новизна полягає в наступному: розроблено функціональну модель діагностико-лікувальних заходів, яка є основою для розробки структурної і математичної моделі, а також для розробки структури системи підтримки прийняття рішень при проведенні діагностично-лікувальних заходів, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення ефективності надання медичних послуг і мінімізації ризиків лікарських помилок. Подальші дослідження спрямовані на використання більш складного уявлення лікарських дій, включаючи при необхідності рангові і числові компоненти, формуючи відповідне простір при реалізації інших видів лікарських дій.

Ключові слова: комп'ютерна система, підтримка прийняття рішень, діагностика, лікарське дія, функціональна модель, діагностична ознака, вирішальне правило.

Functional model of stages of diagnostic and treatment measures development in decision science support in medicine

A. Povoroznyuk, O. Povoroznyuk, H. Mumladze

The **subject matter** of the article is the complex of diagnostic and treatment measures. The **goal** of this research is to formalize the stages of diagnostic and treatment measures while designing the computing system to support the decision science in medicine. The **tasks** to be solved are: to formalize the task of comprehensive assessment of the stages of diagnostic and treatment measures, to determine the set of inputs, outputs and control actions for every stage of diagnostic and treatment measures, to develop a functional model of diagnostic and treatment measures process and perform its decomposition. To reach the set goal the following methods were used while the research: IDEF0 functional modeling **methodology** to produce functional model, **methods** of morphological analysis for diagnostically significant structural elements of biomedical signals and images selection, **methods** of clusterization for the synthesis of hierarchical structures of diagnosable states (decision tree) and diagnostic properties, **methods** of information science for the synthesis of the structure of informative properties, **methods** of decision science for the synthesis of diagnostic decision rule. **Conclusions.** The scientific novelty consists in the following: a functional model of diagnostic and treatment measures has been developed, which is the basis for developing a structural and mathematical model, as well as for developing a structure to support decision science for diagnostic and treatment measures, which ultimately leads to the medical services efficiency increase and minimizes the risks of medical malpractice. Further research is aimed at using a more complex presentation of medical actions, including, if necessary, ranking and numerical components, forming an appropriate space when implementing other types of medical actions.

Keywords: computing system, support decision science, diagnostics, medical action, functional model, diagnostic property, decision rule.

Т. В. Смірнова, О. М. Дреєв, О. А. Смірнов

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «ВАЛ» ЕЛЕКТРОДУГОВИМ НАПИЛЕННЯМ

Предметом вивчення у статті є побудова експертної системи оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «ВАЛ» електродуговим напиленням. **Метою роботи** є побудова експертної системи оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS) з отримання поверхонь валів зі сталі 45 із заданими характеристиками на основі комбінації декількох технологічних процесів. **Задачі:** синтезувати абстрактний технологічний процес, визначити його властивості та методи переходу до конкретного технологічного процесу; сформулювати інформаційну модель технологічного процесу та методи її отримання; побудувати абстрактні експертні системи та їх складові для оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням. **Результатами роботи** є експертна система, яка включає у себе: базу знань, що містить дані експериментів, допустимі діапазони вхідних даних, список вхідних параметрів, список вихідних параметрів, методи та математичне забезпечення розрахунків витрат на процес; систему отримання вимог до результатів відновлення та критерій (або критерії) оптимізації; система пошуку екстремумів в багатовимірному просторі; систему перевірки на досягнення результату; систему виявлення “зацикленості” пошуку розв’язків, у випадках недосяжності поставлених вимог; систему введення неконтрольованих вхідних параметрів (в вказаній системі не використано, тому що устаткування має контрольоване середовище обробки); систему забезпечення інформаційного потоку між компонентами експертної системи з урахуванням синхронізації та взаємних блокувань. **Висновки:** наукова новизна полягає у сукупності синтезованого абстрактного технологічного процесу, визначення його властивостей та методів переходу до конкретного технологічного процесу; сформульованої інформаційної моделі технологічного процесу та методів її отримання, що дозволило побудувати абстрактні експертні системи та їх складові для оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS).

Keywords: експертна система, інформаційні процеси, прийняття рішень, поверхня, відновлення, зміцнення, сталь.

Вступ

Сучасні лінії відновлення та зміцнення поверхонь деталей працюють в умовах гнучкої зміни параметрів проведення технологічних операцій. Тобто у таких умовах, коли самі технологічні процеси (ТП) відновлення та зміцнювання поверхонь, у свою чергу можуть змінюватися іншими технологіями відновлення та зміцнення в залежності від видів пошкодження поверхонь деталей та від умов їх експлуатації. В той час, як активно розроблюються інформаційні системи підтримки прийняття рішень для забезпечення оптимізації окремих ТП [1], систем для вирішення задачі побудови оптимізованого ланцюга ТП, з вибором більш оптимального процесу серед альтернативних за задачею, не вистачає [2]. Крім того з розвитком комп’ютерних технологій, зростає актуальність використання хмарних технологій в реалізації інформаційних систем. У даній роботі пропонується використати для оптимізації ТП хмарну рекомендаційну систему як сервіс (SaaS). SaaS - програмне забезпечення як послуга, одна з форм хмарних обчислень, модель обслуговування, при якій підписникам надається готове прикладне програмне забезпечення, яке повністю обслуговується провайдером. Постачальник в цій моделі самостійно управляє застосунок, надаючи замовникам доступ до функцій з клієнтських пристроїв, як правило через мобільний додаток або веб-браузер. Основна перевага моделі SaaS для споживача послуги полягає у відсутності витрат, пов’язаних

з установкою, оновленням і підтримкою працездатності обладнання і працюючого на ньому програмного забезпечення. На основі зазначених актуальних проблем в інформаційному забезпеченні експертних систем оптимізації ланцюга ТП, нами поставлена мета.

Мета роботи: побудувати експертну систему оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS) з отримання поверхонь валів зі сталі 45 із заданими характеристиками на основі комбінації декількох технологічних процесів. Для досягнення поставленої мети необхідно визначити види та область застосування експертних та рекомендаційних систем для забезпечення оптимізації ланцюга технологічних процесів.

Абстрактний технологічний процес, його властивості та методи переходу до конкретного технологічного процесу

Пошук оптимальних рішень при проектуванні ТП з кількох операцій відновлення зношених поверхонь валів має ряд особливостей. Технологічний процес має складатися з ланцюга окремих технологічних операцій (ТО), коли кожна з операцій за різних причин може бути замінена на ТО на іншій основі, але аналогічну за отриманим результатом. Тобто, кожна операція ТП: підготовка поверхні, відновлення, механічна обробка, зміцнення поверхні створює ланцюг ТО, де кожна операція має можли-

вість бути виконаною за допомогою кількох альтернативних технологій. Для кожного з етапів обробки характерна технологічна спадковість, коли використання технологій обробки залежить від обмежень, які накладено попередньою використаною операцією. Проблемою є часткова технологічна спадковість, коли кожні наступні операції частково перекривають кілька попередніх ТО, що значно ускладнює повний граф можливих ланцюгів проведених операцій.

У зв'язку з цим оптимізація процесу відновлення та зміцнення деталей є неможливою до визначення повного ланцюга обробки [2].

Для оптимізації ТО з ланцюга ТП запропоновано використовувати експертні системи (ЕС), загальна структура яких показана на рис. 1.

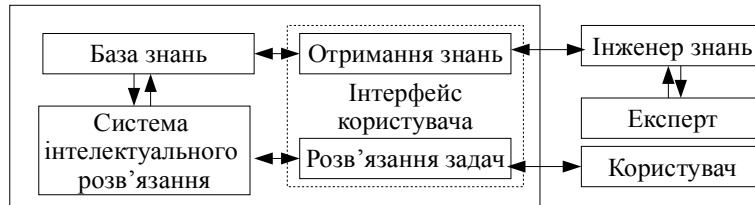


Рис. 1. Абстрактна експертна система [3]

До наведеного абстрактного представлення ЕС належать такі різновиди експертних систем: семантичні; фреймові; продукційні; нейромережні.

У схемі використано такі позначення:

- експерт – фахівець з даної ТО;
- інженер знань – фахівець, який формалізує знання експертів, відповідає за процес отримання знань та надання їх до бази знань ЕС;
- база знань – множина доступних знань що до обраної ТО;
- система інтелектуального розв'язання – ключовий елемент ЕС, який на основі наявних знань та вхідних параметрів поставленої задачі надає параметри ТП з оптимізацією за заданими критеріями (час роботи, доступні матеріали, сукупні грошові витрати);
- інтерфейс користувача відповідає за взаємодію між комп'ютерними системами та людиною.

Розглянемо ЕС на основі об'єктного підходу за класифікацією методів представлення знань (рис. 2):

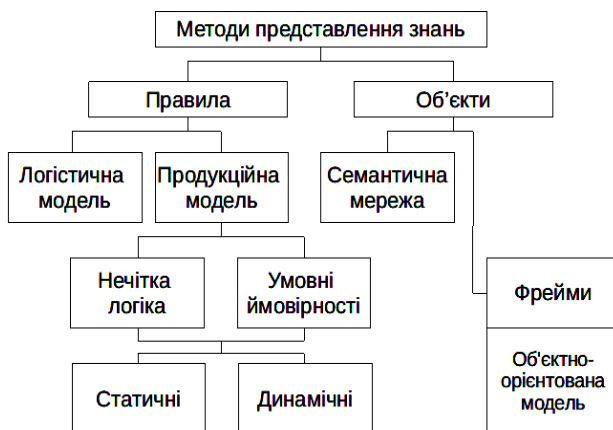


Рис. 2. Методи представлення знань в експертних системах

Семантичні експертні системи оперують сутностями та їх атрибутами. Атрибут може мати кількісні характеристики, що відокремлюється до класу властивостей сутностей. Технологічні операції мають сутності у вигляді технічної деталі, коли в процесі відновлення атрибуту цієї деталі потрібно перенести з вхідного діапазону значень до заданих

параметрів. Також сутностями до ТО є технологічні інструменти, коли для проведення обробки обираються саме ті, що мають відповідні атрибути із визначеними значеннями цих атрибутів. В процесі рішення система повинна враховувати зношеність інструментальної бази, відповідно враховувати й вартість інструментів до остаточної вартості проведених операцій. Формально семантичний елемент C_i можна представити таким чином:

$$C_i = \langle N_i, S_i, p_i \rangle, S_i \subset S,$$

де N_i – назва сутності; S – множина доступних атрибутів; S_i – множина атрибутів, які відносяться до конкретної сутності.

Один атрибут може належати кільком сутностям; p_i – кількісна характеристика атрибуту (якщо вона є). До недоліків вказаної ЕС можна віднести ускладнену структуру бази знань, коли система атрибутів не є фіксованою, і може істотно змінюватися від сутності до сутності. Сукупність сутностей та атрибутів може утворювати складні графи залежностей, які описувати в стандартних таблицях релятивних баз даних не зручно.

Фреймові експертні системи є подальшим розвитком семантичної ЕС та більше нагадує об'єктний метод опису бази знань. Фрейми формують ієрархію об'єктів, які вони представляють. Фрейм складається з каркасу груп даних – слотів. В якості слотів можуть виступати факти, фрейми нижчі за ієрархією, умови застосування дій та дії, які можуть виконуватися над даними. Формально фрейм може бути представлений таким чином:

$$F_i = \langle N_i, S_{1i}, S_{2i}, S_{3i} \rangle,$$

де N – назва фрейму; S_1 – множина фактів, які визначають декларативну семантику фрейму; S_2 – множина зв'язків, які вказують на інші фрейми; S_3 – множина перетворень, які визначають функціональну семантику фрейму.

Фрейми мають спільні риси з об'єктно-орієнтованим методом представлення знань. Спільними рисами є спадковість фреймів, наявність фрейму-зразку – аналогу віртуальних класів або інтерфейсів, фрейм-екземпляр – аналог об'єкту, який є екземпляром

ром класу. Завдяки декларативності та одночасно функціональності фреймових та об'єктно-орієнтованих методів надання знань, ця модель має значну універсальність, також до функціональних можливостей фреймів можна включити математичні регресійні моделі та моделі основані на нейронних мережах та нечіткій логіці. Тому, з причини максимальної відповідності до семантики з предметної області, для опису ТП можна надати перевагу фреймам.

Інформаційна модель технологічного процесу та методи її отримання

В процесі побудови ЕС оптимізації ТП потрібно пройти наступні етапи:

1. Визначення вхідних-вихідних даних.
2. Складання словника атрибутів, які притаманні обраній ТО.
3. Виявлення об'єктів та понять.
4. Виявлення зв'язків між вхідними керованими та не керованими параметрами ТО.
5. Визначення цілей оптимізації.
6. Визначення стратегій визначення параметрів ТО для досягнення поставлених оптимізаційних задач.

Сформулюємо інформаційну модель ТП на основі відновлення та зміцнення поверхні електродуговим покриттям. Модель дозволяє отримати інформацію для розрахунку характеристик які отримуються в результаті обробки. При побудові математичної моделі ТП зазвичай обмежуються представленням об'єкту дослідження у вигляді "чорного ящика". В результаті виникає потреба у функціональному пов'язуванні вхідних даних та визначених некерованих величин до параметрів, які вимагаються від ТП. Для електродугового напилення (ЕДН), як і для більшості ТП, така функціональна залежність матиме наступний вигляд:

$$\vec{Y} = f\left(\vec{X}, \vec{V}, \vec{Z}, \vec{R}\right), \quad (1)$$

де \vec{X} – контрольовані величини процесу, для цих величин існують обмеження $x_{\min,i} \leq x_i \leq x_{\max,i}$; \vec{V} – відомі але не контрольовані величини процесу; \vec{Z} – невідомі та не контрольовані величини; \vec{R} – випадкові величини, що впливають на процес; \vec{Y} – параметри, які досягаються в процесі технологічної обробки.

Випадкова складова є не контрольованою, тому в моделях часто ними нехтують, але в процесі оцінювання адекватності моделі обов'язково робиться пошук надійних інтервалів очікуваних величин з реальними результатами.

Для ЕДН величини які задають режим ТП показані в табл. 1.

В результаті багатофакторного експерименту з регресією результатів на степеневий поліном маємо математичну модель ТП, наприклад, для міцності зчеплення (2):

Таблиця 1 – Параметри, які задаються при проведенні електродугового напилення

№	Назва параметру	Позначення	Допустимі межі
1	Напруга дуги	x_1	$U=28..34$ В
2	Дистанція напилення	x_2	$L=80..200$ мм
3	Діаметр дроту	x_3	$d=1,2..2,2$ мм
4	Товщина покриття	x_4	$h=0,5..3,0$ мм
5	Тиск в камері	x_5	$P=2..10$ МПа
6	Швидкість ковзання	x_6	$V=2,0..2,75$ м/с

$$y_2 = 94,5537 - 16,1578 \cdot x_1 + 8,66664 \cdot x_2 - 4,37462 \cdot x_3 - 17,2747 \cdot x_4 - 3,92423 \cdot x_5 - 16,0642 \cdot x_6 - 17,0532 \cdot x_2 \cdot x_6 - 22,4759 \cdot x_3 \cdot x_6 - 9,99573 \cdot x_4 \cdot x_6 + 1,41499 \cdot x_5 \cdot x_6 \quad (2)$$

До величин, які відносяться до множини результату технологічного процесу можна включити наступні параметри (табл. 2).

Таблиця 2 – Параметри, які потрібно отримати в результаті обробки \vec{Y}

№	Назва параметру	Позначення	Отримані межі
1	Пористість	y_1	$<10\%$
2	Міцність зчеплення	y_2	$\sigma=30..70$ МПа
3	Твердість	y_3	$6900..73000$ МПа
4	Зносостійкість	y_4	$J_h=11..15$ мкм/км (10^{-12})

Для інших вихідних параметрів також маємо математичні регресійні відношення або правила їх знаходження.

Множина відношень (1) та за типом (2) складають математичну модель ТП.

Надалі побудова ЕС вимагає наявності відношень для знаходження параметрів які оптимізуються, наприклад: грошові витрати, час обробки та витрачений сирцевий ресурс відповідно:

$$G\left(\vec{Y}\right), T\left(\vec{Y}\right), E\left(\vec{Y}\right), \dots \quad (3)$$

На основі математичної моделі ТП (2) та відношень рахування витрат на ТП (3) автором побудована ЕС оптимізації ТП електродугового напилення сталі на поверхні валів з метою їх відновлення та зміцнення (рис. 3) [4].

Схема передбачає наявність ітераційного пошуку методом поступового покращення результату з початкового припустимого режиму роботи системи. Для більш надійного результату, при наявності значної нелінійності, такий процес можна проводити з кількох початкових точок.

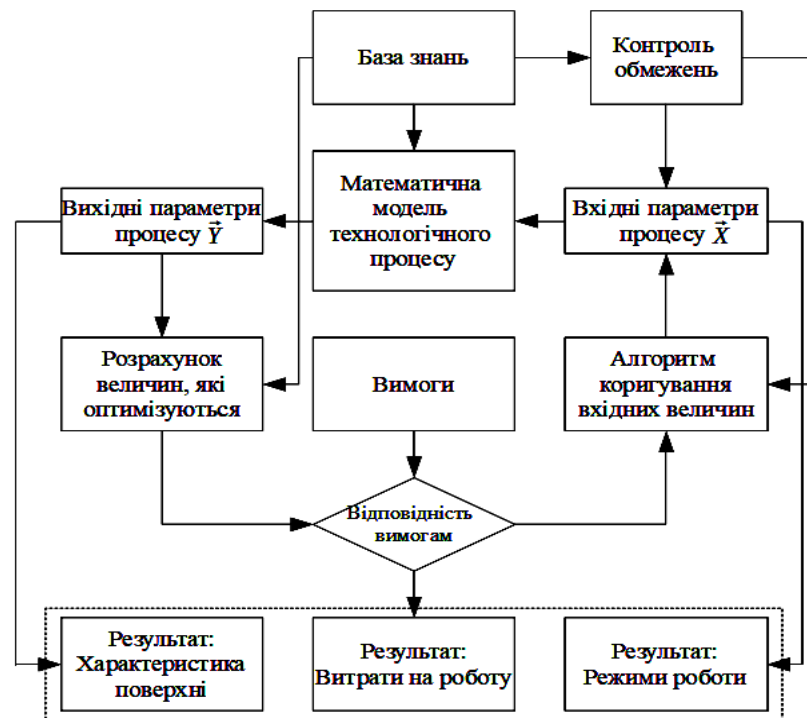


Рис. 3. Діаграма потоку інформації в реалізації ЕС оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь валів ЕДН

В результаті аналізу інформаційних потоків під час оптимізації ТП відновлення та зміцнення поверхонь ЕДН, отримано n інформаційні одиниці:

- базу знань, яка містить дані експериментів, допустимі діапазони вхідних даних, список вхідних параметрів, список вихідних параметрів, методи та математичне забезпечення розрахунків витрат на процес;
- систему отримання вимог до результатів відновлення та критерій (або критерії) оптимізації;
- систему пошуку екстремумів в багатовимірному просторі;
- систему перевірки на досягнення результату;
- систему виявлення “зацикленості” пошуку розв’язків, у випадках недосяжності поставлених вимог;
- систему введення неконтрольованих вхідних параметрів (в вказаній системі не використано, бо устаткування має контрольоване середовище обробки [4]);
- систему забезпечення інформаційного потоку між компонентами ЕС з врахуванням синхронізації та взаємних блокувань.

Перераховані пункти є складовими інформаційного забезпечення функціонування ЕС.

Абстрактні експертні системи, їх складові

На основі показаної інформаційної моделі ТО ЕДН, проведемо формалізацію та узагальнення інформаційної моделі на більшість ТО відновлення та зміцнення поверхонь.

Нехай маємо математичну модель ТП k відновлення поверхонь, який позначимо на основі (1):

$$\vec{Y}_k = f\left(\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k\right), \quad (4)$$

де $\vec{Y}_k \in Y$ – кількісні значення підмножини характеристик поверхонь, яка отримана за результатами ТП k ;

– $\vec{X}_k \in X$ – кількісні значення підмножини відомих та контрольованих параметрів окремого ТП з усіх доступних.

Відповідно до попередніх підмножин, позначено підмножини, які відносяться до неконтрольованих та інших вхідних параметрів (1). Відповідно до цього, з причини того, що в загальному випадку невідома кількість даних для побудови математичної моделі ТП, не можливо заздалегідь визначити методи її побудови. Для цього потрібно доповнити модель додатковими даними та засобами побудови математичних моделей M . Множина застосовних методів побудови математичних моделей процесу позначатиметься $\vec{M}_k \in M$ і буде залежною від наявного набору даних для побудови моделей (5):

$$\vec{M}_k = C\left[M, y \underline{\text{def}} Y_k, x \underline{\text{def}} X_k, v \underline{\text{def}} V_k\right], \quad (5)$$

де def – операція відбору відомих значень які будуть використані для побудови математичної моделі.

Таке визначення вибору множини методів побудови математичних моделей обґрунтовано тим, що при великій кількості даних можна для регресії використати методи на основі апроксимацій або нейронні мережі. При малому наборі даних вибір звужується до вибору між методом найменших ква-

дратів, сплайнів або інтерполяційних операцій. Відповідно до цього, операція фільтрування допустимих методів (5) є необхідною, і при доповненні бази знань, методи математичного моделювання можуть змінюватися. Вибір методу з допустимих F може бути покладено на людину або виконуватися автоматично за заздалегідь внесеними пріоритетами. Фактично, ЕС міститиме в собі вкладену ЕС математичного моделювання та алгоритмів пошуку максимумів та мінімумів на ній. Результатом дії такої системи є готова математична модель (6):

$$f: [M_k, y, x, v], \quad (6)$$

де f – функція яка використана в (4).

Нерідко технологічні процеси є складовими складних, багатоетапних, технологій відновлення або зміцнення поверхонь деталей.

В такому випадку поверхня під час обробки не приймає на виході значення Y_k , а відбувається перетворення властивостей поверхні $\vec{Y}_k \rightarrow \vec{Y}_{k+1}$, при цьому на результат можуть впливати вхідні властивості, як при шліфуванні, або можуть й не впливати, як при ЕДН.

Тому для узагальненої моделі ТП, модель (4) потрібно доповнити явно вхідними параметрами поверхні, що з врахуванням (5) та (6) надає такий вираз:

$$\vec{Y}_k = F[C[M, y, x, v]] \left(\vec{X}_k, \vec{V}_k, \vec{Z}_k, \vec{R}_k, \vec{Y}_{k-1} \right) \quad (7)$$

Вказані зауваження та доповнення вимагають внесення змін до діаграми руху інформації (рис. 3) в ЕС (рис. 4).

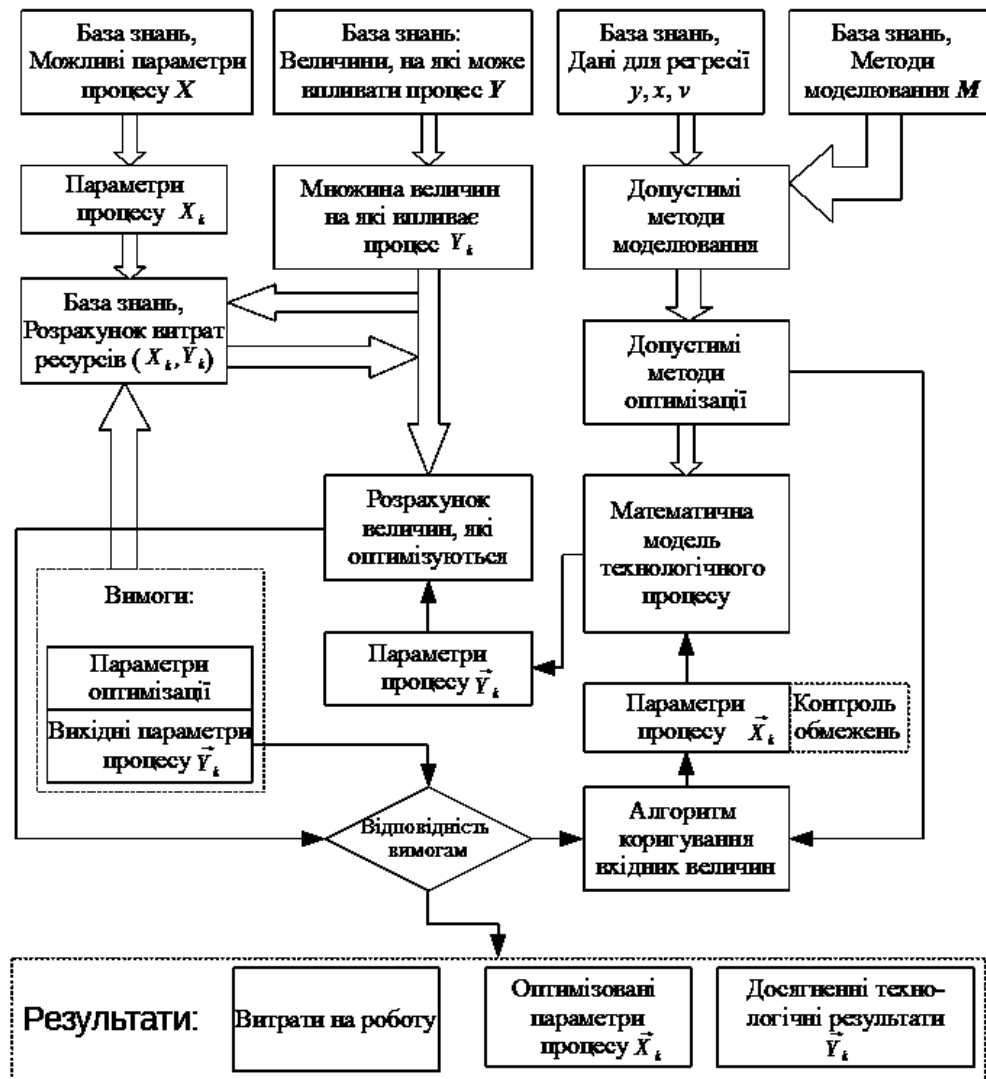


Рис. 4. Діаграма потоку інформації в реалізації узагальненої k-ї ЕС оптимізації ТП

Висновки

В роботі синтезовано абстрактний технологічний процес, визначено його властивості та методи переходу до конкретного технологічного процесу; сформульовано інформаційну модель технологічно-

го процесу та методи її отримання, що дозволило побудувати абстрактні експертні системи та їх складові для оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Д. Хох, Є.В. Мелешко, та М.С. Якименко, «Дослідження методів побудови експертних систем», *Системи управління, навігації та зв'язку*, випуск 4(40), с.48-52, 2016
2. К.І. Скрипка, та М.А. Зенкин «Експертна система автоматизованого вибору способів відновлення спрацьованих деталей», *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*, № 1 (28), с. 66-68, 2004.
3. О.М. Верес, *Технології підтримки прийняття рішень*. Львів, Україна: Видавництво Львівської політехніки, 2013.
4. В. В. Лимаренко, «Інформаційна система підтримки рішень для автоматизації створення технологічних процесів механообробки деталей високоточного обладнання», дисертація канд. техн. наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2019

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. Г. Семенов,
Національний технічний університет «ХПІ», Харків
Received (Надійшла) 11.02.2019
Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.03.2019

Експертна система оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «ВАЛ» електродуговим напиленням

Т. В. Смірнова, О. М. Дреєв, О. А. Смірнов

Предметом вивчення у статті є побудова експертної системи оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «ВАЛ» електродуговим напиленням. **Метою роботи** є побудова експертної системи оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS) з отримання поверхонь валів зі сталі 45 із заданими характеристиками на основі комбінації декількох технологічних процесів. **Задачі:** синтезувати абстрактний технологічний процес, визначити його властивості та методи переходу до конкретного технологічного процесу; сформулювати інформаційну модель технологічного процесу та методи її отримання; побудувати абстрактні експертні системи та їх складові для оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням. **Результатами роботи** є експертна система, яка включає у себе: базу знань, що містить дані експериментів, допустимі діапазони вхідних даних, список вхідних параметрів, список вихідних параметрів, методи та математичне забезпечення розрахунків витрат на процес; систему отримання вимог до результатів відновлення та критерій (або критерії) оптимізації; система пошуку екстремумів в багатовимірному просторі; систему перевірки на досягнення результату; систему виявлення «зацикленості» пошуку розв'язків, у випадках недосяжності поставлених вимог; систему введення неконтрольованих вхідних параметрів (в вказаній системі не використано, тому що устаткування має контрольоване середовище обробки); систему забезпечення інформаційного потоку між компонентами експертної системи з урахуванням синхронізації та взаємних блокувань. **Висновки:** наукова новизна полягає у сукупності синтезованого абстрактного технологічного процесу, визначення його властивостей та методів переходу до конкретного технологічного процесу; сформульованої інформаційної моделі технологічного процесу та методів її отримання, що дозволило побудувати абстрактні експертні системи та їх складові для оптимізації процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей типу «вал» електродуговим напиленням у вигляді хмарної рекомендаційної системи як сервісу (SaaS).

Keywords: експертна система, інформаційні процеси, прийняття рішень, поверхня, відновлення, зміцнення, сталь.

Expert system of optimization of the return and strengthening of the surface of "TUBE" type detectors by electricity surface

T. Smirnova, O. Driev, O. Smirnov

The subject of study in the article is the construction of an expert system for optimizing the process of restoration and strengthening of surfaces of parts of the type "VAL" by an electric arc spraying. The purpose of the work is to construct an expert system for optimizing the process of restoration and strengthening of surfaces of parts of the "shaft" type by electric arc spraying in the form of a cloud advisory system as a service (SaaS) for obtaining surfaces of shafts from steel 45 with given characteristics on the basis of a combination of several technological processes. Tasks: to synthesize an abstract technological process, to determine its properties and methods of transition to a specific technological process; to formulate an information model of the technological process and methods of its obtaining; to construct abstract expert systems and their components for optimization of the process of restoration and strengthening of surfaces of parts of the "shaft" type by electric arc spraying. The results of the work are an expert system, which includes: a knowledge base containing experimental data, valid input ranges, list of input parameters, list of output parameters, methods and mathematical support for process cost calculations; system for obtaining requirements for recovery results and optimization criterion (or criteria); system of search of extremums in multidimensional space; verification system to achieve the result; a system for detecting "stagnation" of the search for solutions, in cases where the requirements are not reachable; the system of input of uncontrolled input parameters (in the given system is not used, because the equipment has a controlled processing environment); a system for providing information flow between components of the expert system, taking into account synchronization and mutual interlocking. Conclusions: scientific novelty consists in the synthesis of the synthesized abstract technological process, determination of its properties and methods of transition to a specific technological process; the formulated information model of the technological process and methods of its obtaining that allowed to construct abstract expert systems and their components for optimization of the process of restoration and strengthening of surfaces of parts of the "shaft" type by electric arc spraying in the form of a cloud advisory system as a service (SaaS).

Keywords: expert system, information processes, decision making, surface, restoration, strengthening, steel.

А. В. Федоров, Г. В. Худов, О. В. Сова

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

МЕТОД ЮСТУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОМАТИЧНОГО ЗАЛЕЖНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Предметом вивчення в статті є метод юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ. **Метою** є розробка методу юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ з використанням технології автоматичного залежного спостереження ADS-B. **Завдання:** аналіз відомих методів юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ, аналіз факторів, що впливають на точність визначення координат повітряних об'єктів, стислий аналіз можливостей технології ADS-B. Розробка методу юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ з використанням технології ADS-B. Використовуваними **методами** є: методи пасивної радіолокації, методи визначення координат повітряних об'єктів, методи математичного аналізу та диференційного числення, методи теорії ймовірності та математичної статистики. Отримані такі **результати**. Визначені основні недоліки відомих методів юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ. Визначено фактори, що впливають на точність визначення координат повітряних об'єктів. Встановлено можливість застосування технології автоматичного залежного спостереження для підвищення точності визначення координат повітряних об'єктів. Розроблено метод юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ з використанням технології ADS-B. Визначено основні переваги запропонованого методу юстування у порівнянні з існуючими. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному. Підвищення точності юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ досягнуто за рахунок використання технології ADS-B. Перевагами використання запропонованого методу юстування радіолокаційної станції радіотехнічних військ в порівнянні з існуючими є спрощення процесу юстування, визначення поправок без виведення радіолокаційної станції з режиму нормального функціонування, можливість використання в якості контрольних об'єктів випадкові повітряні об'єкти, що оснащені транспондерами ADS-B та знаходяться в зоні виявлення радіолокаційної станції радіотехнічних військ.

Ключові слова: радіолокаційна станція, ADS-B, юстування, транспондери, джерела інформації, повітряна обстановка, залежне спостереження, контроль повітряного простору, координати.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. З розвитком авіації та збільшенням вантажно-пасажирських перевезень виконання завдань з ведення радіолокаційного контролю (РЛК) повітряної обстановки в зоні огляду радіолокаційних станцій (РЛС) радіотехнічних військ (РТВ) дещо ускладнене. Це зумовлено знаходженням в повітрі одночасно великої кількості повітряних об'єктів (ПО).

При такому інтенсивному повітряному русі ускладняється повітряна обстановка та підвищуються вимоги до точності визначення координат ПО.

Можливості існуючих радіолокаційних засобів щодо здійснення радіолокаційного контролю та видачі радіолокаційної інформації (РЛІ) з підвищеними вимогами до точності визначення координат ПО дещо обмежені. Це зумовлено рядом причин: РЛС піддаються впливу вітрового навантаження, метеорологічних опадів, обмерзання, перепадів температур і вологості, відбувається механічний знос деталей антенно-поворотних пристроїв локаторів, що призводить до втрати точності вимірювання координат [1]. Відомо [2, 3], що на точність визначення координат ПО впливають декілька факторів: тактико-технічні характеристики РЛС (ширина діаграми спрямованості, відношення сигнал-шум та ін.); погодні умови; рельєф місцевості; інструментальні помилки РЛС (неточність орієнтування антени, помилками оператора при візуальному зніманні азимута цілей; якісне проведення регулярного і своєчасного юстування РЛС.

Для підвищення точності визначення координат ПО розглянемо метод юстування РЛС РТВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній час відомо декілька методів проведення юстування РЛС [1, 4, 5].

По-перше, за допомогою використання відбитих сигналів від об'єктів, положення яких (координати) визначено точно.

По-друге, за допомогою використання місцевих предметів, положення яких визначено оптичними або геодезичними засобами. Однак при цьому потрібна наявність на місцевості окремо розташованих об'єктів, що відбивають зондуєчий сигнал або спеціально встановлених на вишках відбивачів або випромінювачів, що вимагає великих витрат.

По-третє, по радіовипромінюванню сонця або інших небесних тіл, що вимагає значного часу для її проведення та певних погодних умов.

По-четверте, можна використовувати повітряні об'єкти з точно вимірними координатами. Недоліком цього способу є неможливість правильної юстирування в випадках, коли координати РЛС, яка юстується, визначені з помилками.

В сучасних умовах ключову роль при здійсненні управління повітряним рухом відіграють технології, засновані на глобальних навігаційних супутникових системах і на новітніх системах електронного спостереження [6].

У теперішній час є можливість отримання координат за допомогою системи автоматичного залежного спостереження (ADS-B), за допомогою якої координати ПО визначаються транспондером ADS-B, ро-

зташованим на борту ПО, сигнал з координатами ПО випромінюється у простір та приймається відповідними приймачами даної системи. Точність визначення координат ПО за допомогою системи незалежного кооперативного спостереження (ADS-B) вище в 3-5 разів, ніж у класичних радіолокаторів [6]. Тому координати, що отримані від системи ADS-B можуть бути розглянуті як еталонні координати, за допомогою яких можна здійснювати юстування РЛС РТВ.

Метою статті є розробка методу юстування РЛС з використанням технології автоматичного залежного спостереження.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Автоматичне залежне спостереження – радіомовне (ADS-B) – це технологія коопераційного спостереження, в якій ПО визначає своє місцеположення через супутникову систему навігації та поширює його бортовим відповідачем [7]. Цю інформацію можуть отримувати як наземні станції підрозділів управління повітряним рухом (УПР), так і інші повітряні судна, що дає змогу екіпажам бути більш ситуаційно обізнаними. ADS-B – "автоматичне" – тому, що діє без втручання екіпажу. "Залежне" – тому, що залежить від даних навігаційних систем повітряного судна. Фактично ADS-B є елементом режиму «S» системи вторинної оглядової радіолокації для управління повітряним рухом RBS (Radar Beacon System) [8].

Технологія ADS-B, яка складається з двох різних сервісів, "ADS-B Out" та "ADS-B In", може використовуватися, як додаткове джерело спостереження за повітряним рухом [7]. "ADS-B Out" через бортовий передавач поширює інформацію про точне місцеположення, висоту та швидкість ПО, а також інші дані з бортових систем ПО. "ADS-B In" приймає інформацію з каналів FIS-B (польотно-інформаційного сервісу) та TIS-B (Інформацію про інший рух), а також інші данні ADS-B, такі як пряме спілкування з ПО, які перебувають поблизу.

В ADS-B передається великий обсяг даних. Це, зокрема, значення висоти ПО, швидкості та курсу, значення вертикальної швидкості, код режиму «A» системи RBS (так званий SQUAWK), адреса ICAO ПО (передається в кожному повідомленні), позивний (Callsign) ПО, але для вирішення завдання юстування РЛС представляють інтерес координати ПО в системі координат WGS-84 (передаються 2 рази за секунду).

Перелічені дані випромінюються з різною дискретністю від 0.5 секунди до 10 секунд [8, 9]. Параметри самогенерованого сигналу ADS-B [9]: стандартна довжина сигналу режиму S, який передається з метою виявлення, складає 56 біт; сигнал 1090 МГц ES включає в себе додатковий 56-бітний блок даних з інформацією ADS-B; довжина кожного повідомлення ES складає 120 мкс (8 мкс преамбули, 112 мкс даних); частота передачі сигналів 1090 МГц; швидкість передачі сигналів 1 Мбит/с; дані про місцезнаходження повітряного об'єкту передаються 2 рази в секунду, опознавальний індекс – кожні 5 секунд.

На рис. 1 показаний типовий приклад пакета Mode-S, що складається з двох окремих частин: преамбули, за якою слідує блок даних.

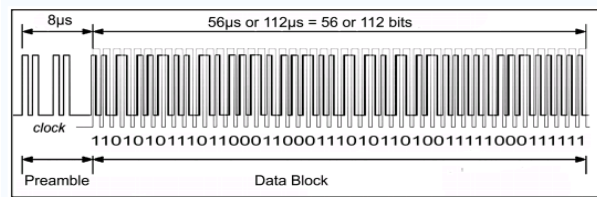


Рис. 1. Структура пакета сигналу ADS-B

Преамбула використовується для "пробудження" приймача запитів та декодера і складається з 4 імпульсів, кожен тривалістю 0,5 мкс. Блок даних складається з 56 або 112 біт загальної інформації 56 або 112 мкс.

Слід зазначити, що не всі, навіть сучасні ПО, обладнані транспондерами ADS-B. Більшість літаків, що виготовлені за радянських часів, не мають такого обладнання. Але зараз практично всі ПО мають спроможність роботи в режимі «S» системи вторинної локації RBS. В режимі вторинної локації РС відповідають на сигнали запитів трасових локаторів УПР. Відповідь здійснюється на тій же частоті, що і ADS-B, а саме 1090 МГц. Відповідно, приймач ADS-B здатен приймати і сигнали відповідей РС на запити трасових локаторів. А так як ПО практично завжди здійснюють політ в полі трасових локаторів, то практично завжди присутні сигнали відповідей [7]. Схема розміщення РЛС, що юстуються, та ПО, від якого надходить інформація представлена на рис. 2.

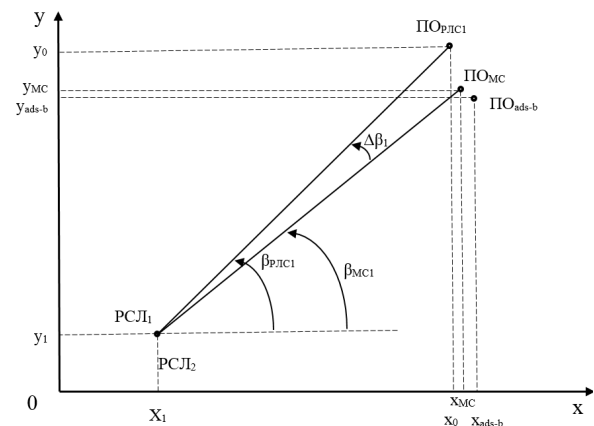


Рис. 2. Схема розміщення РЛС, що юстуються та ПО, від якого надходить інформація

Розглянемо сутність методу юстування РЛС з використанням технології автоматичного залежного спостереження.

На першому етапі здійснюється орієнтування на місцевості РЛС, що юстується, за допомогою артилерійської бусолі ПАБ-2М, яка входить до складу ЗІП РЛС. Методика проведення такого юстування відома та наведена в [10].

На другому етапі проводиться юстування РЛС одним з відомих методів.

Одним з найпоширеніших методів юстування РЛС РТВ є юстування за допомогою допоміжної РЛС [11]. Сутність методу в тому, що в процесі ю-

тування визначають розбіжності Δx , Δy між прямокутними координатами ПО, що вимірюються двома РЛС. Отримані величини розбіжностей використовують для визначення помилок юстування (поправка) РЛС, яка юстується. При юстування певної РЛС друга РЛС є допоміжною і повинна бути заздалегідь відюстована. Методи передбачають відсутність помилок допоміжної РЛС по азимуту і по дальності до ПО. Якщо юстування допоміжної РЛС містить похибки, то юстування РЛС, яка юстується, також буде містити додаткові помилки, що є істотним недоліком. За допомогою супутникових навігаторів визначають прямокутні координати точки стояння РЛС (x_n, y_n) .

На третьому етапі при веденні радіолокаційної розвідки (РЛР) та визначення координат ПО РЛС, яка юстується проводить вимірювання прямокутних координат повітряного об'єкта (x_0, y_0) . Ведення РЛР здійснюється, наприклад, шляхом кругового обертання антени та відомими методами виявлення та визначення координат, які закладені в алгоритм роботи конкретної РЛС.

На четвертому етапі за допомогою приймача ADS-B визначаються координати поточного місцезнаходження повітряного об'єкта (x_{ADS-B}, y_{ADS-B}) . Для прийому даних ADS-B від ПО на позиціях радіотехнічних підрозділів використовуються досить дешеві та малогабаритні радіоприймачі. Координати ПО в визначаються бортовими GPS навігаторами та випромінюються в простір. Наземні приймачі системи ADS-B приймають відповідні повідомлення на частоті 1090МГц, в яких міститься великий обсяг даних і, зокрема, інформація про поточні координати ПО, які в подальшому використовуються для юстування РЛС. Приклад такого повідомлення наведе в табл. 1.

Таблиця 1 – Дані, що входять до складу ADS-B повідомлення

Тип повідомлення	Сквіт тер	Інформація
ADS-B (56 bits)	DF4	інформація про висоту
	DF5	інформація про SQUAWK
	DF11	інформація про адресу ICAO
	DF20	інформація про позивний
ADS-B (112 bits)	DF17	координати ПО в системі координат WGS-84; значення вертикальної швидкості; тип ПО; швидкість ПО.

На п'ятому етапі прийняті прямокутні координати інтерполюють до єдиного моменту часу, математично усереднюють отримані прямокутні координати ПО за виразами:

$$x_{MC} = \frac{x_0 + x_{ADS-B}}{2}; \quad (1)$$

$$y_{MC} = \frac{y_0 + y_{ADS-B}}{2}, \quad (2)$$

далі обчислюють корегування для РЛС, що юстується:

$$\Delta\beta = \arctg \frac{y_0 - y_n}{x_0 - x_n} - \arctg \frac{y_{MC} - y_n}{x_{MC} - x_n} \quad (3)$$

$$\Delta D = \sqrt{(x_{MC} - x_n)^2 + (y_{MC} - y_n)^2} - \sqrt{(x_0 - x_n)^2 + (y_0 - y_n)^2}. \quad (4)$$

На сьомому етапі порівнюють обчислені коригування $\Delta\beta, \Delta D$ з роздільною здатністю (РЗ) РЛС, яка юстується, і якщо коригування $\Delta\beta, \Delta D$ виявляються більшими за РЗ РЛС, яка юстується - змінюють настройки даної РЛС. Вимірювання і розрахунки повторюють до тих пір, поки величина коригувань не буде менше РЗ РЛС, що юстується.

Висновки і напрямки подальших досліджень

Основними перевагами запропонованого методу юстування РЛС РТВ в порівнянні з існуючими є спрощення процесу юстування, визначення поправок без виведення РЛС з режиму нормального функціонування, можливість використання в якості контрольних об'єктів випадкові ПО, що пролітають в зоні виявлення РЛС та оснащені транспондерами ADS-B, в процесі їх роботи. Крім того, юстування може проводитися в автоматичному режимі, коректуючи помилки, що виникають від вітрових навантажень і температурних коливань. Використання даного методу значно може скоротити час на його проведення, що особливо актуально в ході ведення гібридних війн, в умовах обмежено часу, коли виникають випадки необхідності проведення юстування РЛС у складі мобільного радіотехнічного підрозділу, що має виконувати завдання на абсолютно новій території в залежності від бойової обстановки.

Актуальність застосування нових способів юстування РЛС висока в мирний час [6, 10]. Безпілотні літаки, дрони, сухопутні бойові машини без екіпажу, в найближчому майбутньому будуть базуватися на використанні супутникової навігації і будуть використовувати технологію ADS-B, або подібну такої.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сухов В.В. Новые методы юстировки радиолокационных станций с использованием современных технологий спутниковой навигации и автоматического зависящего наблюдения / В.В. Сухов, В.С. Савватеев // Успехи современной радиоэлектроники. – 2013. – №11. С. 29-33.
2. Вибір способу формування цифрового коду азимутального положення антени в оглядових РЛС "старого" парку / О.А. Малишев, М.Р. Арасланов, О.М. Піскун, Є.С. Чекіров // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 1(53). – С. 175-182.
3. Теоретические основы радиолокации / Я.Д. Ширман. – М.: Сов.радио, 1970. – 560 с.

4. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Тяпкина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 536 с.
5. Сухов В.В., Савватеев В.С., Способ юстировки радиолокационных станций системы автоматического управления. Патент №2030759, Российская Федерация. 2012148572/07, Заявл. 15.11.2012. Опубл. 10.09.14.
6. Внедрение технологии автоматического зависящего наблюдения в системы контроля воздушного пространства / В.В. Сухов. // Новые технологии. – 2012. – №1. – С. 67-70.
7. Лещенко С.П. Використання інформації ADS-B в інтересах підвищення якості ведення радіолокаційної розвідки повітряного простору // С.П. Лещенко, О.М. Колесник, С.А. Грицаєнко, С.І. Бурковський // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХНУПС, 2017. – Вип. № 3(28). – С. 69–75.
8. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного опознавания. Справочник / А.С. Маляренко. – Харьков: ХУВС, 2007. – 78 с
9. Standards of USA (2009), "RTCA DO-260B. Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) and Traffic Inf. Services – Broadcast (TIS-B)", Washington. p. 185.
10. Перископическая артиллерийская буссоль ПАБ-2М. Техническое описание инструкция по эксплуатации. БЛ 1.500.009 ТО.
11. Абезгауз Я.И. Способ юстировки радиолокационных станций. Патент № 2094816. Российская Федерация. 95122102/09. Заявл. 27.12.95. Опубл. 27.10.97.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Васюта,

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

Received (Надійшла) 04.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.03.2019

Метод юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск с использованием технологии автоматического зависящего наблюдения

А. В. Федоров, Г. В. Худов, О. В. Сова

Предметом изучения в статье является метод юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск. **Целью** является разработка метода юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск с использованием технологии автоматического зависящего наблюдения ADS-B. **Задачи:** анализ известных методов юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск, анализ факторов, влияющих на точность определения координат воздушных объектов, краткий анализ возможностей технологии ADS-B, Разработка метода юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск с использованием технологии ADS-B. Используемыми **методами** являются: методы пассивной радиолокации, методы определения координат воздушных объектов, методы математического анализа и дифференциального исчисления, методы теории вероятности и математической статистики. Получены следующие **результаты**. Определены основные недостатки известных методов юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск. Определены факторы, влияющие на точность определения координат воздушных объектов. Установлена возможность применения технологии автоматического зависящего наблюдения для повышения точности определения координат воздушных объектов. Разработан метод юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск с использованием технологии ADS-B. Определены основные преимущества предложенного метода юстировки по сравнению с существующими. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем. Повышение точности юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск достигнуто за счет использования технологии ADS-B. Преимуществами использования предложенного метода юстировки радиолокационной станции радиотехнических войск, по сравнению с существующими, является упрощение процесса юстировки, определения поправок без вывода радиолокационной станции из режима нормального функционирования, возможность использования в качестве контрольных объектов случайные воздушные объекты, оснащенные транспондерами ADS-B и находятся в зоне обнаружения радиолокационной станции радиотехнических войск.

Ключевые слова: радиолокационная станция, ADS-B, юстировки, транспондеры, источники информации, воздушная обстановка, зависящее наблюдение, контроль воздушного пространства, координаты.

Methods of adjustment of radar station radio technical troops with use technology of automatic dependent surveillance

A. Fedorov, H. Khudov, O. Sova

The **subject matter** of the article is method of adjusting the radar station of radar troops. The **goal** is to develop a method for adjusting the radar station of radar troops with automatic dependent surveillance technology ADS-B use. The **task** to analysis of known methods of adjusting radar station of radar troops, analysis of factors affecting the accuracy of airspace coordinates, analysis of ADS-B technology capabilities, development the method of adjusting the radar station of radar troops with ADS-B technology use. The **methods** used are: passive radar methods, methods for determining the coordinates of air objects, methods of mathematical analysis and differential calculus, methods of probability theory and mathematical statistics. The following **results** are obtained. The main disadvantages of known methods of adjusting radar station of radar troops are determined. The factors influencing accuracy of determination of coordinates of air objects are determined. The possibility of application of the automatic dependent observation technology for the increase the accuracy of determination coordinates of air objects is established. The method of adjusting the radar station of radar troops with ADS-B technology use is developed. The main advantages of the proposed adjustment method in comparison with the existing ones are determined. **Conclusions.** The scientific novelty of the results obtained is as follows. Increasing the accuracy of adjusting the radar station of radar troops achieved through the use of ADS-B technology. The advantages of using the proposed method of adjusting the radar equipment of radar troops in comparison with the existing ones are simplification of the process of adjusting, the definition of corrections without the radar switching out of the normal operation, the possibility to use random air objects equipped ADS-B transponders while they are in range of the radar of radar troops.

Keywords: radar station, ADS-B, adjustment, receivers, sources of information, airspace, dependent observation, airspace control, coordinates.

С. Ф. Чалий, І. Б. Прібильнова

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

СИТУАЦІЙНА МОДЕЛЬ КОРИСТУВАЦЬКОГО ВИБОРУ В РЕКОМЕНДАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

Предметом вивчення в статті є процеси побудови рекомендацій споживачами щодо вибору товарів та послуг, які реалізуються в рекомендаційних системах на основі врахування вибору схожих користувачів та відповідних властивостей товарів. Особливість таких процесів, полягає в тому, що при побудові рекомендацій враховуються інтереси схожих користувачів, але недостатньо уваги приділяється зміні патернів поведінки таких користувачів з часом. **Мета** полягає в розробці ситуаційного представлення користувацького вибору у вигляді багат шарового графу, кожний шар якого відображає об'єкту складову, а послідовність шарів – часову складову ситуації, що дозволяє врахувати зміни об'єктів інтересу споживачів. **Задачі:** виділити особливості вибору об'єктів користувачами рекомендаційних систем з урахуванням явного та зворотного неявного зв'язку; розробити ситуаційну модель користувацького вибору, що враховує зміни інтересів споживачів. **Методами**, що використовуються, є: методи побудови рекомендацій щодо вибору товарів та послуг на основі колаборативної фільтрації, методи побудови рекомендацій на основі контентної фільтрації. Отримані такі **результати**. Виділені особливості графового представлення взаємодії «користувач-об'єкт» з урахуванням об'єктного та часового аспектів в рекомендаційних системах. Розроблено графову багат шарову ситуаційну модель користувацького вибору, яка враховує зміну потреб у виборі товарів та послуг у часовому аспекті. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: Запропоновано ситуаційну модель користувацького вибору в рекомендаційній системі у вигляді багат шарового графу. Кожен шар моделі задається дводольним графом, вершини якого відповідають користувачам та об'єктам їх інтересу. Такий шар відображає зв'язок між користувачами та об'єктами на визначеному інтервалі часу. Ваги дуг графу відображають кількість вибраних користувачами об'єктів або рейтингову оцінку цих об'єктів для неявного або явного зворотного зв'язку відповідно. Послідовність шарів графу визначає зміну вподобань споживачів з часом. Зв'язки між шарами графу задаються через зв'язки між відповідними споживачами. Запропонована модель користувацького вибору дає можливість виділити ситуацію, в якій був здійснений вибір споживачами, схожими на поточного користувача рекомендаційної системи. Така ситуація характеризується підмножиною пар «користувач-об'єкт». Відібрана підмножина пар в подальшому може бути використана для проведення колаборативної фільтрації, що дає можливість підвищити точність рекомендацій на основі врахування зміни інтересів споживачів у часі.

Ключові слова: рекомендаційна система, рекомендації на основі контенту, рекомендації на основі близькості користувачів, багат шаровий граф.

Вступ

Рекомендаційні системи забезпечують підтримку рішень користувача у комплексному інформаційному середовищі. Вони використовуються в першу чергу в системах електронної комерції [1] для того, щоб спростити споживачеві вибір товарів та послуг згідно їх інтересів та побажань з урахуванням обмежень персональних знань споживачів щодо цих товарів [2].

Такі системи оперують із двома категоріями сутностей: користувач та об'єкт [3]. Користувачі отримують рекомендації та представляють вхідні дані (наприклад, рейтинги товарів) для побудови цих рекомендацій.

Об'єкти визначаються в залежності від предметної області. В якості об'єктів можуть розглядатися товари, фільми, конференції, сайти, тощо. Об'єкти можуть бути складеними та відповідати групам товарів та послуг.

В залежності від наявної інформації про користувачів та об'єкти та з урахуванням особливостей предметної області для побудови рекомендацій використовують два базових підходи: відбір об'єктів на основі схожості споживачів або на основі схожості характеристик цих об'єктів [4].

В першому випадку застосовуються модифікації алгоритму колаборативної фільтрації [5]. Сутність такої фільтрації полягає у виявленні латентних фак-

торів, що пов'язують користувача та вибрані ним об'єкти. Отримані фактори використовуються для пошуку схожих споживачів та побудови рекомендацій на основі інформації про їх вибір.

Другий підхід базується на фільтрації контенту. В даному випадку відбір об'єктів виконується на основі схожості їх характеристик [5, 6]. В якості рекомендації клієнт отримує перелік об'єктів, що мають схожі характеристики з об'єктами, які він вибирав раніше.

Перелік характеристик цих об'єктів залежить від предметної області. Наприклад, при відборі фільмів враховуються імена акторів, режисерів, жанр, тощо.

В рамках таких підходів визначається залежність між об'єктами або користувачами. Для побудови такої залежності необхідно попередньо відібрати схожих споживачів та об'єкти, що потребує розробки відповідних моделей та методів.

Недоліки існуючих підходів пов'язані із тим, що вони узагальнюють як поведінку користувачів, так властивостей об'єктів. Однак поведінка користувачів може бути нетиповою і, як і властивості об'єктів, змінюється з часом]. Наприклад, інтерес користувача до тих чи інших об'єктів може змінюватись в залежності від його матеріального стану, властивості аналогічних товарів змінюються при виході нових моделей [7]. Нетиповою також є поведінка нових користувачів, внаслідок відсутньої або недостатньої

інформації про ситуації, в яких вони вибирали об'єкти [5].

Зазначене свідчить про те, що при побудові рекомендацій необхідно враховувати контекст вибору споживачів [8]. Останній визначає ситуацію, в якій було зроблено вибір тих чи інших об'єктів. Ситуація характеризується як поточними інтересами користувачів, такі поточними властивостями об'єктів.

Таким чином, проблема використання ситуаційних моделей для підвищення точності рекомендацій щодо об'єктів інтересу споживачів є актуальною.

Метою статті є розробка ситуаційного представлення користувацького вибору у вигляді багатопарового графу, кожний шар якого відображає об'єкту складову, а послідовність шарів – зміни вибору об'єктів користувачами у часі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виділити особливості вибору об'єктів користувачами рекомендаційних систем з урахуванням явного та неявного зв'язку;
- розробити ситуаційну модель користувацького вибору у вигляді багатопарового графу, що дозволяє врахувати зміни споживацьких інтересів.

Ситуаційна модель користувацького вибору

Запропонована ситуаційна модель базується на ідеї багатоаспектного опису умов прийняття та реалізації рішень [9, 10].

Кожна ситуація вибору споживача може бути розглянута у аспекті схожості характеристик товару, які вибирає споживач, а також у аспекті схожості споживачів.

В даній роботі розглядається user-based модель вибору споживача.

Ситуаційна модель вибору споживача має вигляд багатопарового дводольного графу. Кожен шар задає зв'язок між користувачами та об'єктами на визначеному інтервалі часу. Послідовність шарів визначає зміни інтересів користувачів з часом.

Вершини кожного шару графу підрозділяються на дві підмножини: вершини $User_i^k$, що відповідають споживачам; вершини $Item_j^k$, що відповідають об'єктам інтересу цих споживачів.

Оскільки послідовність шарів задає поведінку споживача (в сенсі зміни рішень про вибір тих чи інших об'єктів з часом), то зв'язок шарів доцільно реалізувати через вершини $Item_j^k$, що відповідають об'єктам.

Слід зазначити, що для випадків постійного у часі вибору об'єктів споживачами зв'язок шарів може бути задано через вершини $User_i^k$. Така можливість може виникнути, наприклад, у випадку, якщо в якості користувача виступає підприємство, що закупляє значну кількість товарів.

У кожному шарі графу задаються зв'язки між користувачами та об'єктами. Типи дуг шару залежать від типу зворотного зв'язку (явного або неявного) в рекомендаційній системі.

Явний зворотний зв'язок означає, що користувач виставляє оцінку для об'єктів.

Неявний зв'язок задається через вибір споживача.

Наприклад, в результаті вибору користувачем конкретного товару встановлюється неявний зв'язок між цим користувачем та товаром.

Зазначимо, що при побудові рекомендацій доцільно враховувати як явний, так і неявний зворотний зв'язок.

З одного боку, явний зв'язок дає можливість більш точно оцінити об'єкт на основі значення рейтингу.

З іншого боку, рейтинг не завжди відповідає справжнім інтересам користувача. Зокрема, відомі випадки шахрайства при присвоєнні рейтингу товарам. Мета такого шахрайства полягає в просуванні товарів окремих виробників. Такі випадки повинні відфільтровуватись рекомендаційною системою. Це можна зробити з урахуванням неявного зворотного зв'язку.

Неявний зворотний зв'язок є менш інформативним, але більш релевантним порівняно з явним. Він виникає при покупці тих чи інших товарів. Тобто з одного боку його релевантність підтверджується фактом витрачання коштів споживачем.

З іншого боку, для такого зв'язку відсутня рейтингова деталізація привабливості об'єкту, має місце лише бінарна оцінка «купив - немає інтересу».

Тому у випадку неявного зворотного зв'язку можна додатково враховувати ті сторінки з інформацією про об'єкти (товари), а також про категорії або групи цих товарів, які переглядав користувач.

На основі розглянутих властивостей явного та неявного зворотних зв'язків в рекомендаційних системах доцільно виділити такі типи дуг між вершинами $User_i^k$ та $Item_j^k$ у кожному шарі графової ситуаційної моделі користувацького вибору:

– $Rating_{ij}^k$ у випадку явного зворотного зв'язку, тобто при наявності оцінки споживача для конкретного об'єкту;

– $Quantity_{ij}$, тобто кількість покупок об'єктів користувачем у випадку неявного зворотного зв'язку.

Зазначимо, що у даному випадку для неявного зворотного зв'язку ми не розглядаємо відношення між вершинами $User_i^k$ та $Item_j^k$, що відповідають кількості переглядів сторінки з інформацією про товар, або групу товарів. Такі перегляди відображають послідовність пошуку потрібних об'єктів споживачем і тому вони не завжди завершуються покупкою.

З іншого боку, послідовність переглядів задає зв'язки між характеристиками об'єктів, які впливають на вибір споживача.

Такі зв'язки доцільно врахувати у item-based моделі вибору об'єктів.

Кожен шар графу містить інформацію про вибір споживачів на апріорно визначеному інтервалі часу,

наприклад за день або тиждень продажів. Узагальнену схему одного шару графу ситуаційної моделі наведено на рис. 1.

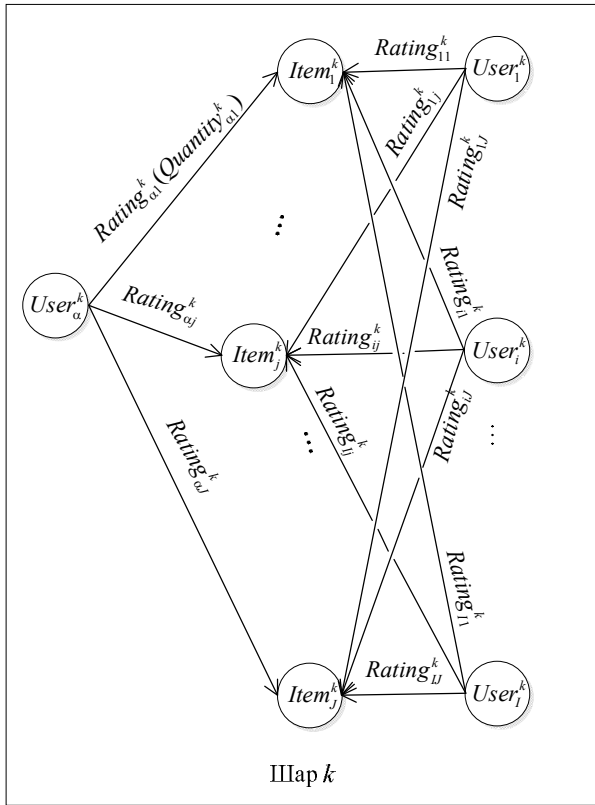


Рис. 1. Один шар ситуаційної графової моделі вибору користувача

Приклад одного шару ситуаційного графу для випадку з явним зворотнім зв'язком наведено на рис. 2.

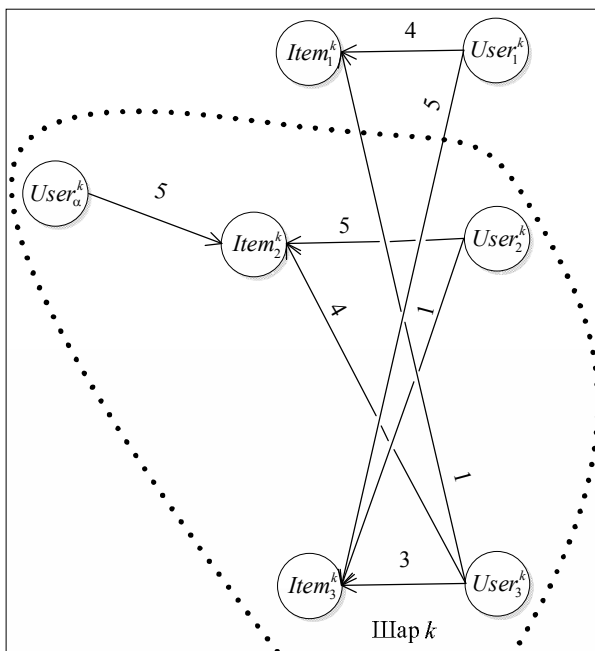


Рис. 2. Приклад одного шару ситуаційної графової моделі вибору користувача для випадку з явним зворотнім зв'язком

У даному прикладі вага дуг графу відповідає рейтингам об'єктів. Дуги з нульовим рейтингом на графі не представлені.

Із наведеного на рис. 2 прикладу видно, що користувач рекомендаційної системи $User_\alpha^k$ поставив рейтинг 5 об'єкту $Item_2^k$. Перший споживач не зацікавився цим об'єктом. Тому його інтереси не є схожими на інтереси користувача $User_\alpha^k$. Другий та третій споживачі оцінили об'єкт $Item_2^k$. Тобто їх вибір є схожим із вибором $User_\alpha^k$. Схожі користувачі відділені на рис. 2 за допомогою точкової лінії. Ці користувачі також оцінили об'єкти $Item_1^k$ та $Item_3^k$, які можуть бути в подальшому рекомендовані споживачеві $User_\alpha^k$.

Як видно з даного прикладу, для одного шару відбір схожих споживачів може бути виконаний за традиційно, за допомогою алгоритму колаборативної фільтрації.

Для врахування патернів зміни інтересів споживача використовується декілька шарів графу. Зв'язки між шарами графу задаються через зв'язки між об'єктами та в цілому відображають послідовність зміни уподобань для групи схожих користувачів. Вони задають динамічну складову ситуаційної моделі.

Багатшаровий граф, на якому базується ситуаційна модель, містить у собі множину вершин V , шарів K , а також дуг між вершинами одного шару E_V і вершинами декількох шарів E_V :

$$G = \{V, E_V, K, E_V\}. \quad (1)$$

Множина вершин графу для одного шару складається із підмножин користувачів $User$ та об'єктів $Item$:

$$V = \{User, Item\}.$$

Множина дуг одного шару відображає вибір користувача:

$$E_V \subseteq User \times Item.$$

Шари $k \in K$ графу зв'язані дугами, що поєднують ідентичні об'єкти за умови, що ці об'єкти були вибрані або оцінені користувачами. У випадку явного зворотного зв'язку множина дуг між шарами визначається таким чином:

$$E_V = \{Item_j^{k-1}, Item_j^k : \forall j \forall k \exists Rating_{ij}^k\}. \quad (2)$$

Багатшаровий граф (1) дає можливість описати ситуацію користувацького вибору споживача у вигляді множини пар «користувач - об'єкт», причому ці пари відбираються як в об'єктному аспекті для кожного шару графу, так і в часовому аспекті для послідовності шарів.

В результаті для побудови рекомендацій може бути використана лише підмножина об'єктів, що відповідає інтересам схожих споживачів на деякому

інтервалі часу. Останній задається підмножиною шарів, що характеризують ситуацію споживацького вибору.

Множина пар $G_\alpha \subseteq G$, що характеризує ситуацію вибору та використовується для побудови рекомендацій α – користувачеві у випадку явного зворотного зв'язку має вигляд:

$$G_\alpha = \left\{ \left(User_i^k, Item_j^k \right) \mid \exists m : \forall i \left| Rating_{im}^k - Rating_{\alpha m}^k \right| \leq \varepsilon \right\}, \quad (3)$$

де ε – максимально допустима відмінність між значеннями рейтингів для схожих користувачів.

Набір G_α на кожному k – шарі повинен задовольняти умові (4), що характеризує як об'єктний, так і часовий аспекти:

$$\forall k \forall j \ Rating_{ij}^k \geq Rating_{\alpha m}^k \quad (4)$$

$$\left| Rating_{ij}^k - Rating_{\alpha j}^{k-l} \right| \leq \phi, \quad l = \overline{1, k-1}.$$

Дана умова по об'єктному аспекту визначає, що на кожному шарі відбираються лише ті $Item_j^k$, чий рейтинг не менший, ніж рейтинг $Rating_{\alpha m}^k$ користувача $User_\alpha^k$, що він виставив для спільного з іншими користувачами об'єкту.

По часовому аспекту для даного набору виконується умова безперервності рейтингів. Тобто відмінність більше ніж ϕ рейтингу на поточному k – му шарі від рейтингу на шарі $k-l$ свідчить про зміну інтересу користувачів. Це означає, що інтерес споживачів до j – го об'єкту почав формуватись на

шарі $k-l+1$. Тобто цей шар є першим шаром ситуації.

Оскільки кожен шар описує вибір споживачів на апіорно визначеному інтервалі, то шар $k-l+1$ відповідає першому інтервалу часу для ситуації споживацького вибору.

Слід зазначити, що аналогічний пошук може бути здійснено для декількох послідовностей шарів. Фізичний сенс такого пошуку пов'язаний із необхідністю видачі рекомендацій у випадку циклічної (наприклад, сезонної) зміни об'єктів інтересу споживачів.

Висновки

Запропоновано ситуаційну модель користувацького вибору в рекомендаційній системі у вигляді багатощарового графу.

Кожен шар моделі представлений дводольним графом, що визначає зв'язок між користувачами та об'єктами інтересу цих користувачів на визначеному інтервалі часу. Цей зв'язок відображає вибір об'єктів користувачами у випадку неявного зворотного зв'язку, або ж оцінку цих об'єктів у випадку явного зворотного зв'язку. Послідовність шарів графу задається за допомогою зв'язків між об'єктами та визначає зміну їх вподобань протягом часу.

Практична перевага розробленої моделі полягає в тому, що вона дає можливість виділити ситуацію вибору об'єктів інтересу користувачів з урахуванням як об'єктного, так і часового аспектів, що дає можливість динамічно змінювати рекомендований користувачеві перелік об'єктів з урахуванням змін вподобань у часі схожих на нього користувачів.

REFERENCES

1. Rashid A. M., Albert I., Cosley D., Lam S. K., Konstan J. A. (2002). Getting to know you: learning new user preferences in recommender systems. Proceedings of the international conference on intelligent user interfaces, 127–34.
2. Schafer J. B., Konstan J., Riedl J. (1999). Recommender system in ecommerce. Proceedings of the 1st ACM conference on electronic commerce, 158–66.
3. Konstan J. A., Riedl J. (2012). Recommender systems: from algorithms to user experience. User Model User-Adapt Interact, 22, 101–23. DOI 10.1007/s11257-011-9112-x.
4. Джонс Т. (2014). Рекомендательные системы: Часть 1. Введение в подходы и алгоритмы. Developer Works. Available at: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/os-recommender1-pdf.pdf>. (accessed 01.03.2019).
5. Aggarwal C. C. Recommender Systems: The Textbook. New York: Springer, 2017. 498 p.
6. Resnick P., Varian H.R. (1997). Recommender system's. Communications of the ACM, 40(3), 56–58.
7. Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О. (2018). Моделювання контексту в рекомендаційних системах. Проблеми інформаційних технологій, 1(023), 21-26.
8. Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О. (2018). Інтеграція локальних контекстів споживачів в рекомендаційних системах на основі відношень еквівалентності, схожості та сумісності. Process mining Materials of the VII International Scientific Conference «Information-Control System and Technologies», 142-144.
9. Чалий С.Ф., Прибыльнова І.Б. (2017). Побудова ситуаційного представлення знань на основі аналізу логів. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Системний аналіз, управління та інформаційні технології, 28(1250), 70-73.
10. Чалий С. Ф., Прибыльнова И.Б. (2016). Событийно-ситуационное моделирование темпоральных зависимостей. Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції, 35.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. В. Шостак,
Національний аерокосмічний університет "імені М. С. Жуковського "ХАІ", Харків
Received (Надійшла) 18.02.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.03.2019

Ситуационная модель пользовательского выбора в рекомендательной системе

С. Ф. Чалый, И. Б. Прибыльнова

Предметом изучения в статье являются процессы построения рекомендаций потребителями по выбору товаров и услуг, которые реализуются в рекомендательных системах на основе учета выбора похожих пользователей и соответствующих свойств товаров. Особенность таких процессов, заключается в том, что при построении рекомендаций учитываются интересы похожих пользователей, но недостаточно внимания уделяется изменениям паттернов поведения таких пользователей со временем. **Цель** состоит в разработке ситуационного представления пользовательского выбора в виде многослойного графа, каждый слой которого отражает объектную составляющую, а последовательность слоев - временную составляющую ситуации, что позволяет учесть изменения объектов интереса потребителей. **Задачи:** выделить особенности выбора объектов пользователями рекомендательных систем с учетом явной и неявной обратной связи; разработать ситуационную модель пользовательского выбора, учитывающую изменения потребительских интересов. Используемыми **методами** являются: методы построения рекомендаций по выбору товаров и услуг на основе коллаборативной фильтрации, методы построения рекомендаций на основе контентной фильтрации. Получены следующие **результаты**. Выделены особенности графового представления взаимодействия «пользователь-объект» с учетом объектного и временного аспектов в рекомендательных системах. Разработана графовая многослойная ситуационная модель пользовательского выбора, учитывающая изменение потребностей в выборе товаров и услуг во времени. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: Предложена ситуационная модель пользовательского выбора в рекомендательной системе в виде многослойного графа. Каждый слой модели задается двудольным графом, вершины которого соответствуют пользователям и объектам их интереса. Такой слой отражает связь между пользователями и объектами на определенном интервале времени. Весы дуг графа отражают количество выбранных пользователями объектов или рейтинговую оценку этих объектов для неявной или явной обратной связи соответственно. Последовательность слоев графа определяет изменение предпочтений потребителей со временем. Связи между слоями графа задаются через связи между соответствующими объектами. Предложенная модель пользовательского выбора дает возможность выделить ситуацию, в которой был осуществлен выбор потребителями, похожими на текущего пользователя рекомендательной системы. Такая ситуация характеризуется подмножеством пар «пользователь-объект». Отобранное подмножество пар в дальнейшем может быть использовано для проведения коллаборативной фильтрации, что позволяет повысить точность рекомендаций на основе учета изменения интересов потребителей во времени.

Ключевые слова: рекомендательная система, рекомендации на основе контента, рекомендации на основе близости пользователей, многослойный граф.

Situation model of the user choice in the recommender system

S. Chalyi, I. Pribylnova

The **subject matter** of the article is the process of building recommendations by consumers on the choice of goods and services, which are implemented in recommender systems based on taking into account the choice of similar users and the corresponding properties of goods. The peculiarity of such processes is that when building recommendations, the interests of similar users are taken into account, but not enough attention is paid to changes in the patterns of behavior of such users over time. The **goal** is to develop a situational presentation of a user choice in the form of a multi-layer graph, each layer of which reflects an object component, and the sequence of layers is a temporary component of the situation, which allows to take into account changes in the objects of consumer interest. **Tasks:** detail the features of the choice of objects by users of recommender systems, taking into account explicit and implicit feedback; develop a situational model of user choice, taking into account changes in consumer interests. **The methods** used are: methods for building recommendations on the choice of goods and services based on collaborative filtering, methods for building recommendations based on content filtering. The following **results** are obtained. The features of the graph representation of the "user-object" interaction are highlighted, taking into account the object and time aspects in recommender systems. A graphical multi-layered situational model of user choice has been developed, taking into account the changing needs in the choice of goods and services over time. **Conclusions.** The scientific novelty of the results is as follows: A situational model of user choice in a recommender system in the form of a multilayer graph is proposed. Each layer of the model is defined by a bipartite graph whose vertices correspond to users and objects of their interest. This layer reflects the relationship between users and objects at a certain time interval. Scales of arcs of a graph reflect the number of objects selected by users or the rating of these objects for implicit or explicit feedback, respectively. The sequence of layers of the graph determines the change in consumer preferences over time. Relationships between the layers of the graph are set through the connections between the respective objects. The proposed model of user choice makes it possible to highlight the situation in which the choice was made by consumers similar to the current user of the recommender system. This situation is characterized by a subset of user-object pairs. The selected subset of pairs can later be used to conduct collaborative filtering, which improves the accuracy of recommendations based on taking into account changes in consumer interests over time.

Keywords: recommendation system, recommendations based on content, recommendations based on user proximity, multi-layered graph.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Азарова Л. І.	139	Клименко Д. О.	103	Поворознюк А. І.	144
Аноушиван Рашидіна	55	Коваленко А. А.	110	Поворознюк О. А.	144
Берднік П. Г.	18	Кононов В. Б.	37	Подліпаєв В. О.	12
Бородіна О. О.	60	Котов О. Б.	37	Полянська А. Д.	37
Бороздін М. К.	28	Кошман С. О.	114	Попов М. О.	42
Борозенець І. О.	22	Краснобаєв В. А.	114	Почебут М. В.	55
Борщ В. В.	32	Краснов Л. О.	87	Прібильнова І. Б.	159
Борщ О. Б.	32	Кузнецова Т. Ю.	139	Руденко Д. О.	69
Волошко С. В.	78	Куравська Н. М.	42	Руденко О. А.	103
Гавриленко С. Ю.	55	Курчанов В. М.	114	Ситнікова О. О.	55
Ганношина І. М.	3	Кучук Н. Г.	119	Сірик Т. О.	69
Гаф'як А. М.	60	Лейко С. В.	139	Сіровий С. С.	99
Головко Г. В.	65	Ліпчанський М. В.	46	Смірнов О. А.	149
Гороховатський В. О.	69	Лучко М. А.	65	Смірнова Т. В.	149
Горошко А. І.	74	Ляшенко О. С.	110	Сова О. В.	155
Гришманов С. О.	18	Мартінкус І. О.	123	Ткачук М. В.	123
Даки О. А.	7	Мезенцев М. В.	46	Топіха Б. В.	51
Даниленко О. Ф.	110	Мелешко Є. В.	129	Федоров А. В.	155
Дегтярьова Л. М.	78	Мірошникова М. В.	78	Філоненко А. М.	119
Дем'яненко В. О.	83	Морозова О. І.	135	Ханюков В. О.	32
Дергачов К. Ю.	87	Мумладзе Г. Р.	144	Худов Г. В.	155
Деркач Т. М.	74	Нагорний К. А.	123	Чайка Є. А.	65
Дмитренко Т. А.	74	Носач О. Б.	60	Чалий С. Ф.	159
Дмітрієв О. М.	22	Олійник Я. В.	32	Челядін О. О.	87
Дресєв О. М.	149	Павленко М. А.	22	Шелякін Д. С.	42
Журкін О. Р.	51	Панченко В. І.	119	Шефер В. О.	51
Заполовський М. Й.	46	Пархоменко Д. О.	3	Шефер О. В.	51
Захарченко І. В.	18	Петровська І. Ю.	119	Шило С. Г.	22
Зіневич Д. А.	114	Петровський О. М.	139	Ястреба С. П.	60
Ічанська Н. В.	83, 99	Плахотний О. В.	87		
Калашник Є. Д.	28	Плошко Р. О.	42		

Наукове видання

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Збірник наукових праць

Випуск 2 (54)

Відповідальна за випуск *К. С. Козелкова*Технічний редактор *Т. В. Уварова*Коректор *О. В. Морозова*Комп'ютерна верстка *Н. Г. Кучук*Оформлення обкладинки *І. В. Львіна*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

Підписано до друку 12.04.2019. Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 20,5. Тираж 150 прим. Зам. 411-19
 Адреса редакції: Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, тел. (066) 706-18-30
 Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
 Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
 Запис № 24800000000106167 від 08.01.2009.

61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
 e-mail: bookfabrik@mail.ua