



Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Випуск 3(35) – 2015

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:
kozelnikova@mail.ru

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.)

Заступники голови:

ГАЛАЙ Василь Миколайович (канд. техн. наук, доц.)

ШУЛЬГА Олександр Васильович (канд. техн. наук, доц.)

Члени:

ІЛЮШКО Віктор Михайлович (д-р техн. наук, проф.)

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

КАЛІННИКОВ Володимир Геннадійович (д-р фіз.-мат. наук, проф.)

КОРОБКО Богдан Олегович (канд. техн. наук, доц.)

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

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

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

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

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

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

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

МУРАВЛЬОВ Володимир В'ячеславович (канд. техн. наук, доц.)

ПЕШЕХОНОВ Володимир Григорович (академік РАН, д-р техн. наук, проф.)

СІЛЬВЕСТРОВ Антон Миколайович (д-р техн. наук, проф.)

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

СУХАНОВ Костянтин Георгійович (канд. техн. наук, с.н.с.)

ХРАЩЕВСЬКИЙ Рімвідас Вілімович (д-р техн. наук, проф.)

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

ЦАРЬОВ Віктор Михайлович (канд. техн. наук, с.н.с.)

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

Відповідальний секретар:

КОЗЕЛКОВА Катерина Сергіївна (д-р техн. наук, с.н.с.)

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

Журнал індексується наукометричною базою Google Scholar

Затверджений до друку науково-технічною радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (протокол № 14 від 23 вересня 2015 року)

Занесений до “Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 25.01.2013 р., № 54

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

З М І С Т

НАВІГАЦІЯ

Власенко Г.Н., Махонин Е.И., Мордвинов И.С. Пути дальнейшего развития системы космического навигационного обеспечения Украины	3
Шульга О.В., Нелюбова Д.М., Сокіріна В.О. Синтез і дослідження 2-контурної САУ з Пі-регулятором швидкості та ПІ-регулятором струму, призначеної для роботи у навігаційних пристроях	8

ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Бондарчук С.В. Вплив психофізіологічної підготовки на професійну надійність льотного складу та безпеку польотів	11
Волосяк В.К., Тимошук Е.Н. Оптимизация оценок пространственно-распределенных параметров и статистических характеристик протяженных источников излучения в пассивных радиотехнических комплексах	14
Дмитриев О.Н., Буран Т.Р. Алгоритм определения критического сдвига ветра	18
Зуєв П.П., Тімоцько О.О., Дудко О.В. Пропозиції щодо удосконалення методів подання інформації при розпізнаванні ситуацій черговими силами об'єднання Повітряних Сил	21
Kozelkova E.S., Kosovets M.A., Tovstenko L.M. Modeling conical horn antenna of 3d terahertz FMCW radar	25
Мальцев А.С. Сравнительный анализ методов множественного доступа в сетях радиодоступа	31
Печенин В.В., Щербина К.А., Вонсович М.А., Съедина Ю.В. Методы повышения помехоустойчивости следающего приема доплеровского сигнала, формируемого протяженной отражающей поверхностью	34
Свид І.В., Шитих І.А. Просторова вибірковість відповідей як метод підвищення завадостійкості запитальних радіотехнічних систем	41
Сіманенков А.Л., Рожков С.О. Аналіз основних параметрів роботи суднового двигуна внутрішнього згорання ..	44
Фролов В.Ф. Определение массы обломков космического мусора	48

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Al-Janabi Aqeel Bahr Tarkhan, Shuvalova L.A. Efficiency test for gradient operator and Laplacian operator in Kalman filter's tv tracking via chi-square test	51
Барабаш О.В., Зоценко В.С. Аналіз вимог до зв'язності структур первинних телекомунікаційних мереж	54
Баранник В.В., Шульгин С.С. Концептуальный базис эффективного синтаксического представления слотов Р-кадров в градиентном пространстве локально-структурных ограничений	57
Варфоломеева О.Г., Чумак О.І., Довженко Н.М., Литка Є.В. Дослідження завадостійкості і методів оптимального прийому сигналів в мережах LTE	63
Довженко Т.П. Исследование сети TCP/IP с применением программного каркаса ERLANG/OTP	66
Дорожничев В.В., Жолтєвич Г.Н. Регулярная обработка событий в управлении телекоммуникационными сетями	70
Еремина Н.С., Самсонов Ю.В., Сотников А.М. Обобщенная модель изображений поверхности визирования для представления в базах данных	77
Zhebkha V.V. Telecommunications network optimization taking into account factors affecting its quality indicators	80
Захарченко Р.В. Аналіз режимів сушки на основі математичної моделі	83
Лимаренко В.В. Проблемы оптимизации технологического процесса механообработки металлов	85
Лысенко Д.Э. Формальное представление планов развития промышленных предприятий	91
Машков О.А., Мусін Р.Р., Пилипович Г.Г. Оптимізація роботи чергового метеоролога із використанням автоматизованого робочого місця синоптика	95
Мелешко Є.В., Константинова Л.В., Улічев О.С. Дослідження властивостей інформації та методів її поширення з точки зору інформаційної безпеки в соціальних мережах	98
Невлюдов И.Ш., Евсеев В.В., Бортникова В.О. Разработка программного модуля для автоматизированного проектирования технологического процесса микроэлектромеханических акселерометров	107
Нікіфоров І.А. Методика рішення задачі призначення вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу	113
Онищенко В.В. Управління інформаційною системою з завадами імпульсного типу	117
Пальоний А.С. Розробка методу і моделей оцінки діяльності авіадиспетчерів	120
Полонський Ю.І., Борозенець І.О., Шило С.Г. Формалізація процесу адаптивного управління інформаційними моделями повітряної обстановки	128
Прокопенко Є.В., Мул Д.А., Войцехівський О.Л. Інтелектуальні системи управління військовими формуваннями ...	131
Прохоров А.В. Модель представления онтологических знаний с учетом неопределенностей и противоречий	134
Сакало С.М. Стратегічне планування роботи хмарного сервісу для управління бізнес процесами в університеті ...	139
Семенов С.Г., Миронець І.В. Вдосконалення методу мінімізації булевих функцій за умови інформаційної надлишковості	142
Триш Г.М., Ким Н.И., Денисенко А.Н. Квалиметрический подход к оцениванию качества процессов университета	145
Чалая О.В. Структуризация знание-емких бизнес-процессов	151
Шостак О.І. Кваліметричне оцінювання ефективності процесів управління людськими ресурсами на підприємствах авіаційного профілю	156
Щебланін Ю.М. Аналіз системи технічного захисту інформації в державі та перспектив її розвитку	161
Козловский В.В., Чирва Д.П. Математическая модель распределённых магистралей передачи информации	163
ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	
Аль-Тамімі Рахім Касім Насер, Ламі Діа Джухі Хуссейн. Удосконалення методики побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі багатоспектральних знімків	167
Левченко Л.О. Моделювання шумового навантаження, утворюваного повітряними суднами	170
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	174

ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УКРАИНЫ

Проведён анализ результатов опытной эксплуатации космического навигационного обеспечения Украины, определены основные недостатки, определены возможные пути дальнейшего развития системы.

Ключевые слова: спутниковая навигация, местоопределение, дифференциальная корректирующая информация.

Введение

Постановка задачи. Научно-техническая задача анализа результатов опытной эксплуатации системы космического навигационного обеспечения Украины является достаточно актуальной. От его результатов зависит выбор основных путей дальнейшего развития системы, её функциональная и коммерческая востребованность.

Анализ литературы. К сожалению эта проблема не нашла должного освещения в современной литературе [1 – 5]. Выход из ситуации – это определение основных недостатков системы, которые существенно снижают её эксплуатационные характеристики и коммерческую привлекательность системы.

Цель статьи. Исследование и сравнения возможных путей развития системы исходя из временных, финансовых затрат и целевой эффективности.

Основная часть

Начало развития и применения человечеством спутниковых навигационных технологий было положено в октябре 1957 года с запуском первого искусственного спутника Земли ИСЗ-1. Именно вывод в космос первого спутника подтолкнул человечество к созданию и развитию новых технологических направлений, как то спутниковая связь, дистанционное зондирование Земли, космическое материаловедение, спутниковая навигация и целый ряд других. Появление и развитие этих новейших технологий, в свою очередь, повлекло за собой создание целого ряда направлений в науке и технике, ускорив социально-экономическое и технологическое развитие человечества. Первые попытки создания глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS) относятся к середине 60-х годов прошлого столетия. Так, в 1964 г. в США была развёрнута система «TRANSIT» (NAVSAT), состоящая из 6 низкоорбитальных спут-

ников, запущенных на круговые орбиты с высотами – 1000 км. Почти через 10 лет, в СССР также была развёрнута спутниковая навигационная система «ЦИКЛОН» (ЦИКАДА) с выводением космических аппаратов на круговые орбиты высотой несколько сот километров и наклоном 62°. Для выведения космических аппаратов на заданную орбиту использовался космический ракетный комплекс «Циклон-2», основу которого составляла ракета-носитель Циклон-2 украинской разработки и производства (КБ «Южное», «Южмашзавод» г. Днепропетровск). Большими недостатками ранних систем спутниковой навигации были: невысокая точность местоопределения (500 – 1000 м); низкая надёжность; невозможность обеспечения глобального и непрерывного покрытия.

Несмотря на свои недостатки, первые спутниковые навигационные системы сыграли значительную роль в отработке технологии местоопределения с использованием спутников. Позиционирование производится путём измерения расстояния от объекта до нескольких спутников. Расстояние, в свою очередь, определяется измерением временной задержки в прохождении сигнала с последующим её умножением на скорость света. В 1974 г. в США приступили к развёртыванию системы спутниковой навигации NAVSTAR (GPS), завершение которого произошло в 1993г. с запуском 24-го навигационного спутника в систему. В 1984 г. Советский Союз начал создание своей спутниковой навигационной системы «ГЛОНАСС». Этот процесс завершила уже Россия в 2010 г. Для развёртывания системы использовались КРК «Протон» и «Союз». Спутниковые системы навигации создаются на высоких круговых орбитах, развёрнутых по отношению друг к другу на некоторый угол, имеющих высоты свыше 20000 км, и наклонение орбиты 63°.(ГЛОНАСС). Структура глобальной навигационной спутниковой системы представлена на рис. 1.

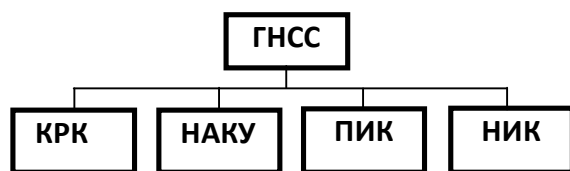


Рис. 1. Структура глобальной навигационной спутниковой системы

На рис. 1 обозначено: КРК – космический ракетный комплекс, предназначенный для запуска космических аппаратов и формирования орбитального построения системы; ПИК – полигонный измерительный комплекс, обеспечивающий траекторными и телеметрическими измерениями активный участок траектории полёта ракеты-носителя; НАКУ – наземный автоматизированный комплекс управления, обеспечивающий управление группировкой КА; НИК – наземный информационный комплекс и аппаратура потребителей, которые и решают, в конечном итоге, задачу точного местоопределения, ради которой и создаются ГНСС.

Традиционным методом повышения точности определения местоположения является применение дифференциального режима. Дифференциальный режим – это общенавигационный метод списания системных ошибок счисления координат, которые накапливаются, в точках, координаты которых известны с высокой точностью. Одним из вариантов системы, обеспечивающей работу дифференциального режима ГНСС, является наземное функциональное дополнение – Система космического навигационно-временного обеспечения Украины (СКНОУ). В рамках Общегосударственной целевой научно-технической космической Программы Украины по заказу ДКА Украины разработана и создана Система космического навигационно-временного обеспечения Украины с использованием сигналов ГНСС. На данный момент СКНОУ прошла сертификацию и передана в эксплуатацию Национальному центру управления и испытаний космических средств (НЦУИКС). Функция оператора возложена на Центр приёма и обработки специальной информации и контроля навигационного поля (ЦПОСИ и КНП). СКНОУ предназначена для мониторинга состояния радионавигационного поля, которое формируют ГНСС GPS и ГЛОНАСС (в перспективе и GALILEO) и представления пользователям дополнительной дифференциальной корректирующей информации (ДКИ), необходимой для повышения точности и надёжности местоопределения в реальном масштабе времени. В настоящий момент СКНОУ, работая в режиме опытной эксплуатации, включает: Главный (Дунаевцы, Хмельницкой обл.) и Резервный (Харьков) центры контроля навигационного поля и контрольно-корректирующих станций (ККС).

На основании «Соглашения о создании Национальной объединённой ГНСС сети» между НЦУ-

ИКС, ГАО НАНУ и ПРАТ «Систем – солюшнс», кроме информации от сети ККС СКНОУ, на договорной основе может быть получена информация от отдельных референсных станций (РС), которые входят в сети партнёров, рис. 2, 3.

В результате Центры уже сейчас могут выдавать по запросу пользователей ДКИ на более чем 90% территории Украины в реальном масштабе времени. В перспективе станет возможным полное покрытие территории Украины спутниковыми навигационными услугами. Пользователям СКНОУ может предоставляться информация в виде файлов формата RINEX, а также ДКИ четырёх возможных видов файлов формата RTCM которая формируется программным обеспечением Главного и Резервного ЦКНП и предоставляется пользователям путём доступа к Ntrip-кастеру (для получения информации в реальном масштабе времени) и Web-сайту ЦКНП (для получения информации послесезонной обработки), рис. 4.

Виды ДКИ, предоставляемые пользователям:

- широкозонная ДКИ, которая вырабатывается на основе сырой информации ГНСС, полученной со всех ККС (РС) сети. Расчёт коррекции навигационных параметров спутников осуществляется в аппаратуре пользователя по специальному алгоритму FKР (Flachen Korrektur Parameters) согласно которому коррекция высчитывается относительно одной (определённой оператором ЦКНП в качестве центральной точки сети) ККС (РС). ШДКИ постоянно и непрерывно доступна на всей территории Украины и предоставляется потребителям через Ntrip-кастеры Главного и Резервного ЦКНП в виде сообщений формата RTCM v.2.3 при наличии специализированного контролёра в ГНСС-приёмнике потребителя;

- зональная ДКИ, полученная с нескольких ККС (РС) для обеспечения услугами определённой зоны на территории Украины. Алгоритм аналогичен ШДКИ. При этом зона есть круг на поверхности Земли с центром в заданной оператором ЦКНП географической точке, координаты которой являются исходными данными для работы навигационной аппаратуры пользователя, при расчёте коррекций и также передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3;

- локальная ДКИ вырабатывается непосредственно навигационным приёмником ККС и предназначена для использования в 100-км. зоне около выбранной ККС. Передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3;

- фазовая ДКИ вырабатывается непосредственно навигационным приёмником ККС с использованием фазовых измерений навигационных параметров ГНСС и передаётся пользователям в составе навигационного сообщения в формате RTCM v.2.3, и v.3.0.

Конфигурация СКНОУ позволяет пользователям, которые имеют доступ в INTERNET и оснащены

аппаратурой спутниковой навигации, достигнуть точности местоопределения на уровне 1 м для ШДКИ, ЗДКИ, субметрового уровня точности в 100 км. зоне от ККС (РС) для ЛДКИ и сантиметрового уровня точности в 30 км. зоне вблизи ККС (РС) для фазовой ДКИ. Результаты мониторинга состояния ГНСС, СКНОУ а также достигнутые точностные характеристики местоопределения в реальном масштабе времени, статистика запросов отображаются на WEB-сайтах Главного и Резервного центров КНП.

Топология СКНОУ такова, что 50% потребителей находятся от ближайшей ККС на расстоянии не более 100 км 85% потребителей - на расстоянии не более 150 км и 100% потребителей информации СКНОУ находятся на расстоянии не более 300 км от ближайшей ККС.

Для большинства потенциальных потребителей услуг СКНОУ достаточно использовать локальную ДКИ, которая формируется ближайшей ККС.

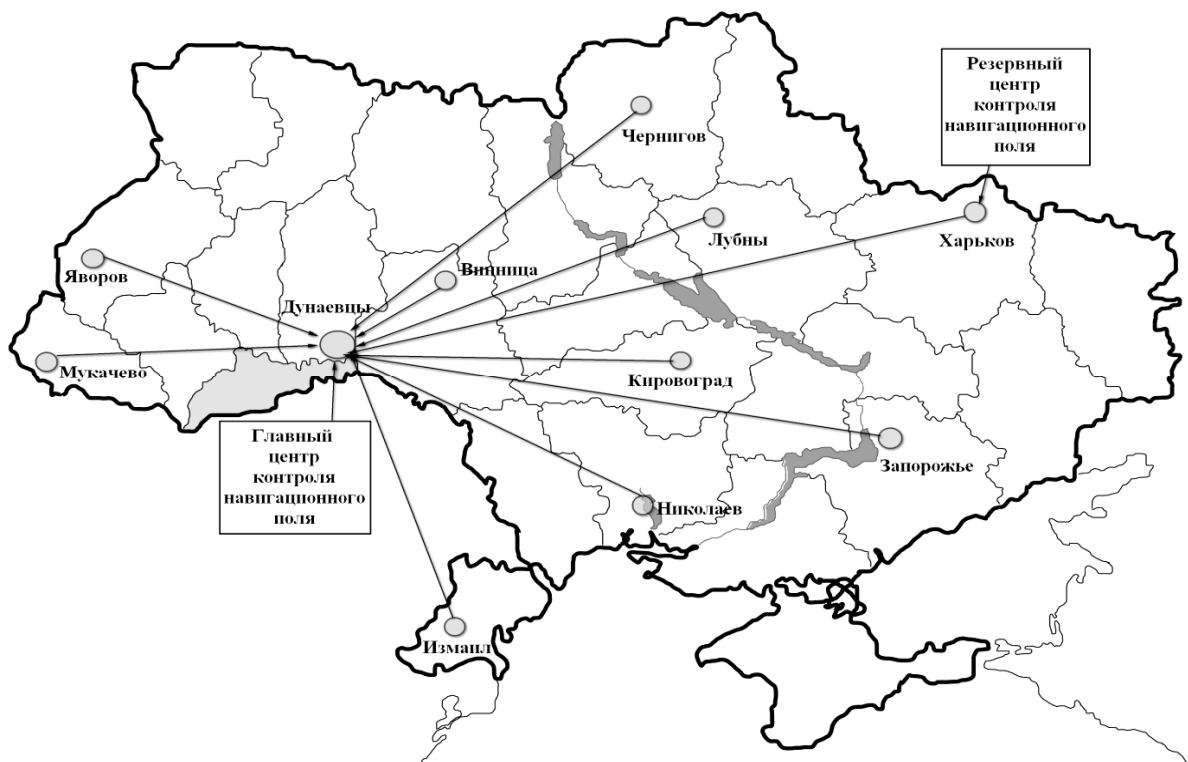


Рис. 2. Схема размещения СКНОУ

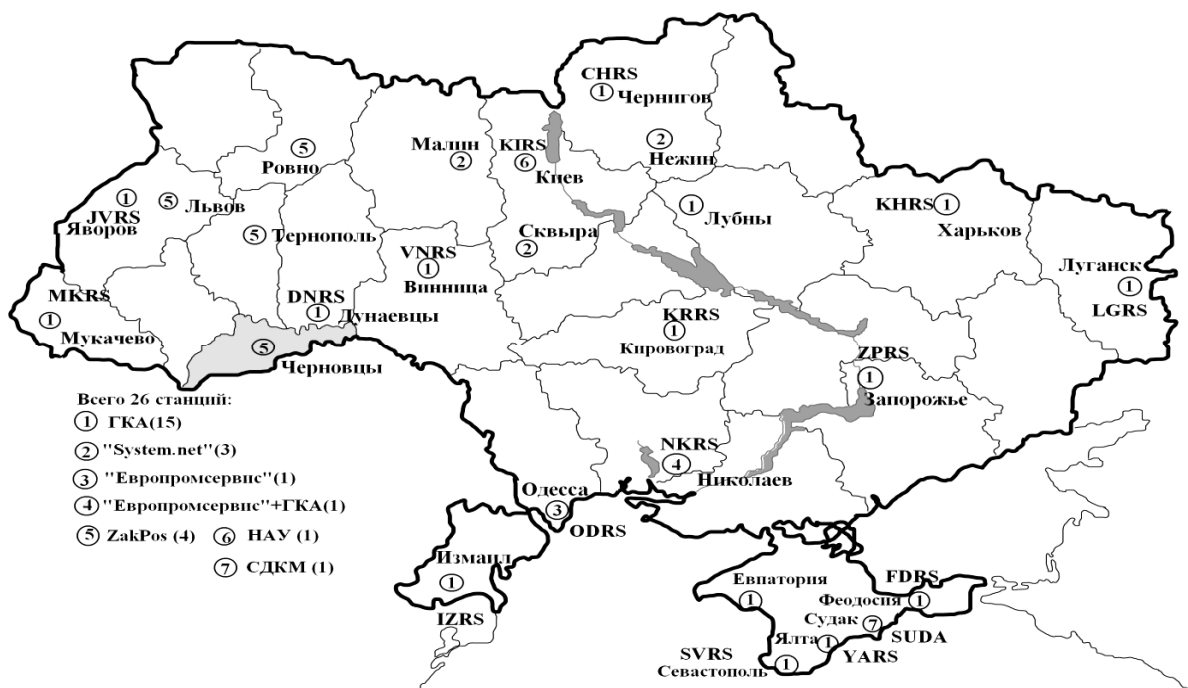


Рис. 3. Сеть базовых станций, информация которых используется в СКНОУ

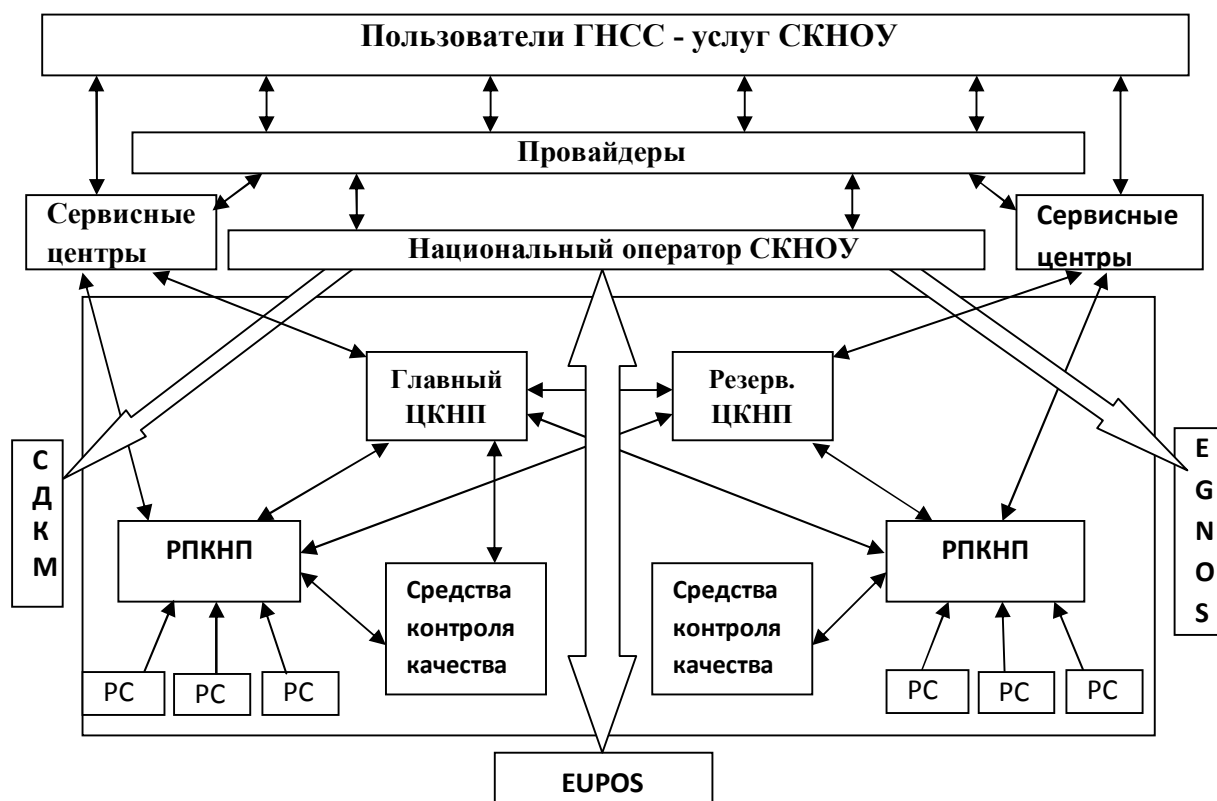


Рис. 4. Функциональная схема

Правовые аспекты

На выполнение п.2 Распоряжения КМУ от 03.01.2013 г. №1-р «Про схвалення Концепції проекту Закону України «Про державне регулювання у сфері супутникової навігації» ГКА України розробтан проект Закону. Розробка проекту Закону вызвана необхідністю створення умов для розвитку вітчизняного виробництва апаратури і засвідків супутникової навігації, створення і регулювання внутрішнього ринку навігаційних послуг для ефективного використання науково-технічного і промислового потенціалу України і можливостей, які дає супутникова навігація в інтересах оборони і безпеки держави.

Особенно актуальним стало введення державного регулювання в сфері супутникової навігації з початком АТО. В проекті Закону передбачені норми, які зобов'язують прийняття і введення гос. органами рішень по безпечному використанню апаратури супутникової навігації в окремих районах (зона АТО, атомні, теплові, ГЭС, др. об'єкти енергетики, вибухоопасні підприємства, військові формування і др.)

В проекті Закону окремо визначена державна система СКНОУ, створена ГКАУ для забезпечення рішення задач оборони і безпеки, правоохоронної сфери і сфери громадянської захисту населення. Законом визначено, що оператор державної системи супутникової навігації визначається Кабінетом Міністрів України.

В даний момент проект Закону погоджений всіма органами виконавчої влади і готується к представленню в КМУ.

Возможные перспективы дальнейшего развития СКНОУ

СКНОУ, знаходящаяся в режиме опытной эксплуатации, обладает серьёзным недостатком, препятствующим широкому, в том числе и коммерческому, использованию системы. Этот недостаток заключается в том, что потребитель, обладающий навигационным приёмником, вынужден получать необходимую ему корректирующую информацию из INTERNETA. Это создаёт, безусловно, большие неудобства в использовании системы. Поэтому сегодня основной задачей в определении перспектив дальнейшего развития системы является устранение указанного недостатка. Анализируя потенциальные возможности Украины и её космической отрасли, можно предположить несколько вариантов дальнейшего развития системы.

Вариант первый

Организация доставки корректирующей информации пользователю через спутник. В этом случае ШДКИ стандарта RTCM передаётся через наземную станцию передачи данных на геостационарный КА для последующей его ретрансляции потребителям в частотном диапазоне 1-2 ГГц. Навигационный приёмник пользователя, при этом, должен быть оборудован специальным декодером для получения и обработки ШДКИ. Украина, в рамках Общегосударствен-

ной целевой научно-технической космической программы, создаёт национальную систему спутниковой связи «Льбидь». Для доведения корректирующей информации до потребителя, возможна разработка и установка на борт КА «Льбидь» при его создании, специального транспондера, в задачу которого будет входить ретрансляция ШДКИ - сигнала, посылаемого с ЦКНП, на всю территорию Украины. Реализация этого варианта связана с серьёзными материальными и временными затратами. К несомненным достоинствам этого варианта можно отнести надёжное доведение информации до потребителей по всей территории Украины и минимальные организационные проблемы, поскольку решение находится в компетенции одного ведомства – Государственного космического агентства. Как пример - действующие системы ретрансляции ШДКИ формата RTCM- MSAT, Omnistar и др.

Вариант второй

Сопряжение Основного и Резервного центров контроля навигационного поля и всех 10 ККС с радиопередатчиками, работающими в круглосуточном режиме в заданном диапазоне частот в режиме излучения (как правило - в УКВ диапазоне). Реализация этого варианта также связана со значительными материальными и временными затратами. При этом появляются дополнительные эксплуатационные затраты и необходимость выделения радиочастот на государственном уровне. Возможность приёма ДКИ, в этом случае, будет сильно зависеть от мощности передатчика и выполнения условий радиовидимости. Негативный аспект такого варианта - низкая помехозащищённость. Как пример-передача дифференциальных поправок в формате FM/RDS (станциями FM-вещания вместе со звуковым сигналом). Система RDS (Radio Data System) применяется в Европе и работает на основе уплотнения радиовещательного сигнала в диапазоне 88-108 МГц с пилот - тоном и организации канала передачи радиоданных.

Вариант третий

Это – предоставление ДКИ через сети GSM - операторов (доступ к корректирующей информации через мобильные терминалы) и сопряжение СКНОУ

с инфраструктурой и потенциалом операторов мобильной сотовой связи. Вариант, с точки зрения материальных и временных затрат, наиболее предпочтительный, поскольку максимально использует уже развёрнутую наземную инфраструктуру. Но его реализация, на наш взгляд, сопряжена с серьёзными организационными проблемами. Следует отметить, что предложенный вариант не обеспечивает надёжного покрытия всей территории Украины. Кроме того, при таком способе доставки ДКИ, потребителю необходимо иметь достаточно дорогой навигационный приёмник, способный принимать и обрабатывать корректирующую информацию через GSM-сети.

Выбор за Государственным космическим агентством.

Вывод

Опираясь на экспертные возможности, считаем наиболее предпочтительным реализацию первого варианта.

Список литературы

1. Козлов В.А. Технические предпосылки расширения зоны действия EGNOS на территорию Украины / В.А. Козлов, А.М. Лукьянов, И.Г. Ноздрин // Космическая наука и технология. – 2001 – Т. 7, № 4. – С. 22-24.
2. Конин В.В. Моделирование GNSS-антенн контрольно корректирующих станций / В.В. Конин // Материалы II Международной научно-технической конференции «Авиа2002». – К. Национальный авиационный университет. 2001. – С. 35.
3. Конин В.В., Ситак В.А. Концепция создания и развития подсистемы спутникового радионавигационного обеспечения в составе единой спутниковой системы передачи информации / В.В. Конин, В.А. Ситак // Радиоэлектроника. – 1999. – Т. 42, № 12. – С. 55-58.
4. Липкин И.А. Спутниковые навигационные системы / И.А. Липкин. – М. Вузовская книга. 2001. – 288 с.
5. Макаренко Б.И. Применение технологий глобальных спутниковых навигационных систем на наземном транспорте / Б.И. Макаренко, А.И. Горб // Космическая наука и технология. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 54-60.

Надійшла до редколегії 16.04.2015

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

ШЛЯХИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОСМІЧНОГО НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

Г.М. Власенко, Є.І. Махонін, І.С. Моргвинов

Проведено аналіз результатів дослідної експлуатації системи космічного навігаційного забезпечення України, визначені основні недоліки, визначені можливі шляхи подальшого розвитку системи.

Ключові слова: супутникова навігація, визначення місця знаходження, диференціальна корекція інформації.

THE FURTHER DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF SPACE NAVIGATION CORE COMPONENTS OF UKRAINE

G.N. Vlasenko, E.I. Makhonin, I.S. Mordvinov

The analysis of the results of trial operation of system of space navigation support of Ukraine and identifies main shortcomings, identified possible ways of further development of the system.

Keywords: satellite navigation, determination of location, differential correction information.

УДК 681.518.2

О.В. Шульга, Д.М. Нелюба, В.О. Сокіріна

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

СИНТЕЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ 2-КОНТУРНОЇ САУ З ПІ-РЕГУЛЯТОРОМ ШВИДКОСТІ ТА ПІ-РЕГУЛЯТОРОМ СТРУМУ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ РОБОТИ У НАВІГАЦІЙНИХ ПРИСТРОЯХ

Розглядаються теоретичні положення про системи підпорядкованого регулювання координат, їх устрій та принципи побудови. Приведені схематичні рішення складових частин, які забезпечують велику точність регулювання швидкості робочих органів систем навігації і стабільні експлуатаційні характеристики.

Ключові слова: підсилювач, двигун постійного струму електропривод, коефіцієнт передачі.

Вступ

Об'єкти систем навігації та управління рухом здійснюють як кутові так і лінійні переміщення у просторі. На протязі переміщення об'єкти рухаються як з постійною швидкістю, так і зі швидкістю, яка змінюється за певним, раніше заданим законом. Вимоги до підтримання швидкості та регулювання її у заданому діапазоні дуже жорсткі.

Для забезпечення цих вимог використовуються системи автоматичного управління (САУ), побудовані за принципом підпорядкованого регулювання координат. Дані системи мають високу точність відпрацювання сигналу задання швидкості за рахунок послідовної корекції керуючого впливу на силовий тиристорний перетворювач, що живить двигун постійного струму (ДПС), який приводить у рух робочий орган пристрою навігації [1 – 3].

Мета статті – правильний вибір елементів та складових частин САУ, визначення типів регуляторів, математичних виразів для розрахунку їх параметрів та механічних характеристик.

Викладення основного матеріалу

Найширше застосовуються два варіанта побудови замкнених систем керування: 1) з одним загальним складальним підсилювачем; 2) з n послідовними підсилювачами, так звані системи підпорядкованого регулювання координат.

Розглянемо системи підпорядкованого регулювання координат із послідовною корекцією є рівна кількість підсилювачів і замкнених контурів числу регульованих координат. При цьому контури розташовуються таким чином, що вихідний сигнал зовнішнього контуру є задавальним вхідним сигналом внутрішнього контуру. Тим самим кожний внутрішній контур є підпорядкованим зовнішньому контуру, звідки і пішла назва підпорядкованих систем. Вибір типів регуляторів та розрахунок їх параметрів звичайно виконують таким чином, щоб отримати в

динамічних режимах технічно оптимальний перехідний процес (налагодження на технічний оптимум). При технічному оптимумі за допомогою регулятора забезпечується така бажана передавальна функція розімкненого оптимізованого контуру:

$$W_{p.o.(тех)} = 1 / (k_{зз} \cdot 2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)), \quad (1)$$

де T_{μ} – деяка постійна часу контуру; $k_{зз}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку.

Ця функція відображається кривою (рис. 1) та характеризується перерегулюванням $\Delta x = 4,3 \%$, часом регулювання $t_1 = 4,1 \cdot T_{\mu}$.

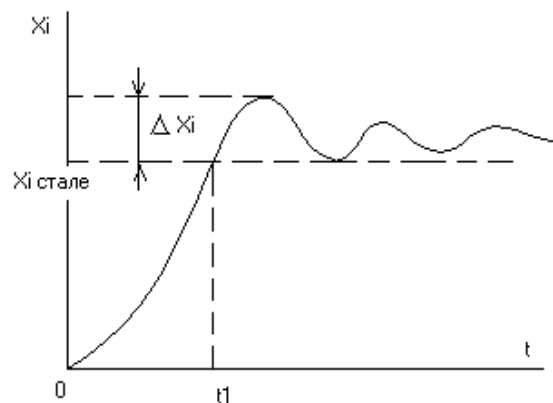


Рис. 1. Технічно оптимальний перехідний процес

Настроювання на технічний оптимум виконується із тієї умови, що постійні часу кожного наступного контуру більші за попередні в 2 рази, тобто

$$T_{\mu i} / T_{\mu(i-1)} = 2,$$

де i – номер контуру.

Таке настроювання забезпечує такі показники перехідного процесу:

при $i = 2$, $\Delta x = 8 \%$, $t_1 = 7 \cdot T_{\mu}$,

при $i = 3$, $\Delta x = 6,2 \%$, $t_1 = 13,6 \cdot T_{\mu}$.

При настроюванні контуру на симетричний оптимум передавальна функція розімкненого оптимізованого контуру має вигляд

$$W_{p.o.(сим)} = (4 \cdot T_{\mu} \cdot p + 1) / (k_{зз} \cdot 8 \cdot T_{\mu}^2 \cdot p^2 \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)). \quad (2)$$

Таке настроювання в ЕП забезпечує астатичне регулювання координат та високу швидкодію при відпрацюванні збурювальних впливів, але перехідні процеси при стрибкоподібних змінах керуючих впливів відбуваються з великим перерегулюванням, яке доходить до 55%. У системах автоматизованого ЕП постійного і змінного струму в загальному випадку здійснюється регулювання струму, моменту, напруги, ЕРС, магнітного потоку, швидкості та положення як за технічним, так і за симетричним оптимумом. Зв'язок елементів, при якому вихід попереднього елемента з'єднаний із входом наступного, називається прямим. Зворотний зв'язок (надалі ЗЗ) – з'єднання елементів, при якому вихід наступного з'єднаний із входом одного з попередніх (додатний ЗЗ – підсилює дію прямого зв'язку, а від'ємний – послаблює).

Головний зв'язок завжди від'ємний. ЗЗ між елементами в середині системи називають внутрішнім ЗЗ. Найпоширеніші зворотні зв'язки бувають: жорсткі (не залежні від часу), додатні і від'ємні, від'ємні гнучкі (диференційні), що існують лише тоді, коли похідні сигналів $\neq 0$ та від'ємні ізодромні. Нами застосовуються від'ємні жорсткі зворотні зв'язки. Сигнал зворотного зв'язку за струмом $U_{\Sigma c}$ порівнюється із сигналом завдання струму $U_{\Sigma c}$ (що надходить із регулятора швидкості) на входах операційного підсилювача. За пропорційно-інтегральним законом на виході регулятора струму випрацьовується напруга розузгодження входних сигналів та подається на вхід тиристорного перетворювача ТП.

У свою чергу напруга зворотного зв'язку за швидкістю $U_{\Sigma ш}$ (що надходить із тахогенератора теж порівнюється зі сигналом завдання $U_{\Sigma ш}$. За пропорційним законом на виході операційного підсилювача отримуємо напругу розузгодження входних сигналів, що є входною (задавальною) величиною для регулятора струму РС.

Передавальна функція регулятора струму має такий вигляд:

$$W_{p.c(p)} = \frac{(T_{\Sigma}p + 1)}{T_{i.c}} = \frac{T_{\Sigma}}{T_{i.c}} + \frac{1}{T_{i.c}}, \quad (3)$$

де $T_{i.c}$ – постійна інтегрування,

$$T_{i.c} = \frac{K_{oc} \cdot K_{\Sigma} \cdot a_c \cdot T_{\mu}}{R_{\Sigma}}; \quad a_c = \frac{T_{pc}}{T_{\mu c}} = 2; \quad \frac{T_{\mu c}}{T_{\mu c}} = 2;$$

$T_{\mu} = 0,1$, T_{Σ} – постійна часу двигуна.

Параметри регулятора швидкості, що забезпечують оптимальну функцію керування контуру, визначаються виходячи з передавальної функції РШ:

$$W_{p.ш(p)} = \frac{K_{oc} \cdot T_M}{R_{\Sigma} \cdot K_{o.ш} \cdot a_{ш} \cdot a_c \cdot T_{\mu}}, \quad (4)$$

де $K_{o.ш} = \frac{U_{\Sigma ш, ном}}{\omega_{ном}}$, $a_{ш} = \frac{T_{рш}}{T_{мш}} = 8; \quad \frac{T_{мш}}{T_{мш}} = 8;$

T_M – електромеханічна стала часу, с.

Для проведення досліджень синтезована 2-контурна САУ швидкістю ДПС, котра зображена на рис. 2, 3.

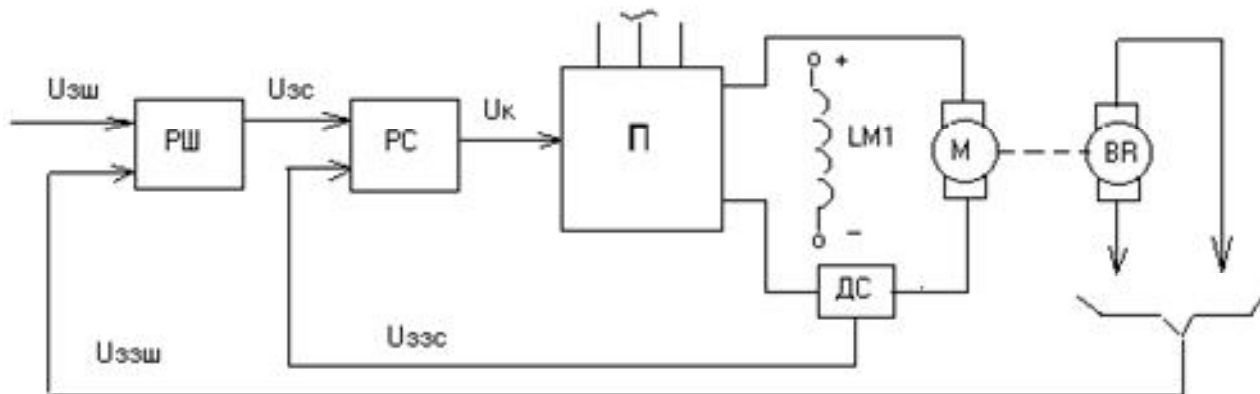


Рис. 2. Загальна функціональна схема 2-контурної САК із П-регулятором швидкості та ПІ-регулятором струму

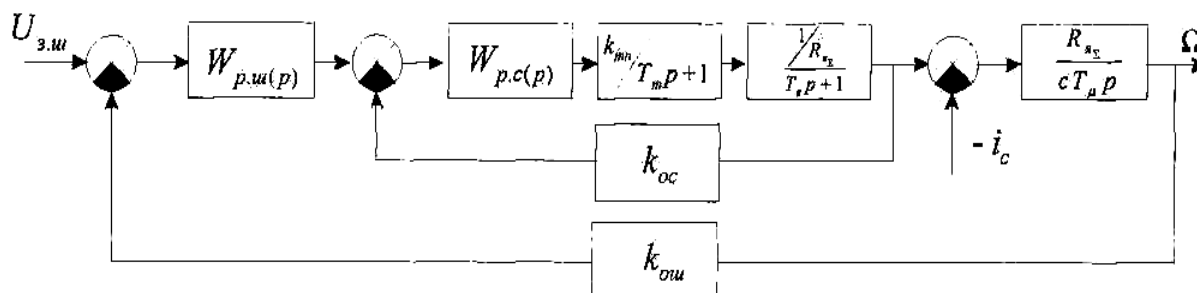


Рис. 3. Загальна структурна схема 2-контурної САК із П-регулятором швидкості та ПІ-регулятором струму

САУ має внутрішній контур регулювання струму з ПІ – регулятором струму РС і зовнішній контур регулювання швидкості з ПІ-регулятором швидкості РШ.

Оскільки регулятор РС має інтегруючий елемент, у сталому режимі результуючий сигнал, $U_{\text{вх.р.с.}}$ на вході РС повинен бути рівним 0.

Таким чином, виконується умова

$$U_{\text{вх.р.с.}} = U_{\text{зс}} - U_{\text{ззс}} = U_{\text{зс}} - k_c \cdot I_a = 0, \quad (5)$$

де $U_{\text{зс}} - U_{\text{вих.рш}}$ – сигнал на виході РШ, який є задавальним сигналом для контуру струму; k_c – коефіцієнт ВЗЗ по струму. У свою чергу:

$$U_{\text{зс}} = (U_{\text{зш}} - U_{\text{ззш}}) \cdot k_{\text{рш}} = (U_{\text{зш}} - k_{\text{ш}} \cdot \omega) \cdot k_{\text{рш}}, \quad (6)$$

де $U_{\text{зш}}$ – задавальний сигнал для контуру швидкості; $k_{\text{ш}}$ – коефіцієнт ВЗЗ по швидкості; $k_{\text{рш}}$ – коефіцієнт підсилення регулятора РШ.

Надалі із рівнянь (5) і (6) отримаємо:

$$(U_{\text{зш}} - k_{\text{ш}} \cdot \omega) \cdot k_{\text{рш}} = k_c \cdot I_a, \quad (7)$$

тобто рівняння статичної швидкісної характеристики системи в режимі стабілізації швидкості:

$$\omega = U_{\text{зш}} / k_{\text{ш}} - I_a \cdot k_c / k_{\text{ш}} \cdot k_{\text{рш}} = \omega_0 - \Delta\omega_3, \quad (8)$$

де $\omega_0 = U_{\text{зш}} / k_{\text{ш}}$; $\Delta\omega_3 = I_a \cdot k_c / k_{\text{ш}} \cdot k_{\text{рш}}$.

Таким чином, жорсткість характеристики визначається співвідношенням коефіцієнтів: k_c , $k_{\text{ш}}$, $k_{\text{рш}}$. На рис. 4 зображена функціональна схема синтезованої 2-контурної САУ швидкістю руху ДПС.

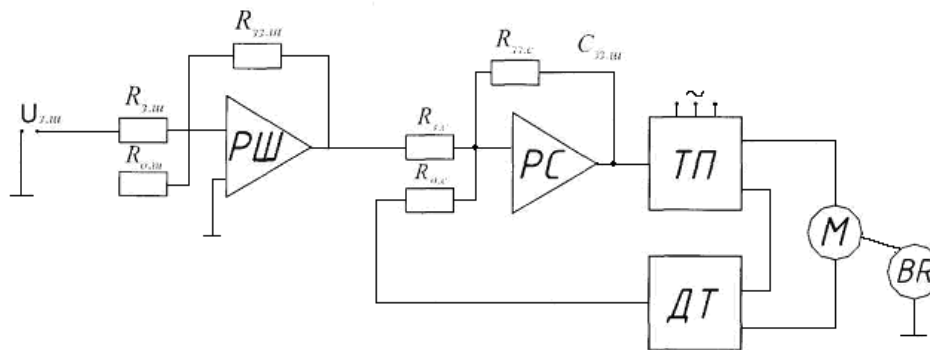


Рис. 4. Функціональна схема 2-х контурної САУ із ПІ-регулятором швидкості та ПІ-регулятором струму

Висновки

У результаті синтезу 2-х контурної САУ швидкістю приводу постійного струму та проведення її аналізу зроблені такі висновки:

1. Визначені типи регуляторів, які необхідно використовувати у даних САУ. Розглянуті їх передавальні функції та співвідношення коефіцієнтів передачі.
2. Теоретично обґрунтовано застосування внутрішнього контуру регулювання струму, що працює за пропорційно-інтегральним законом керування.
3. В результаті математичних перетворень вихідних виразів, отримані рівняння для розрахунку статичної швидкісної характеристики системи в режимі стабілізації швидкості.

4. Однозначно визначено залежність жорсткості характеристики від значень коефіцієнтів підсилення k_c , $k_{\text{ш}}$, $k_{\text{рш}}$.

Список літератури

1. Галай М.В. Теорія автоматичного керування: неперервні та дискретні системи: Навч. пос. / М.В. Галай. – Полтава: ПНТУ, 2002. – 315 с.
2. Шульга О.В. Автоматизоване керування електроприводами / О.В. Шульга. – Полтава: ПНТУ, 2010. – 298 с.
3. Терехов В.М. Дискретные и непрерывные системы управления в электроприводах / В.М. Терехов. – М.: Издательство МЭИ, 1989. – 77 с.

Надійшла до редколегії 11.06.2015

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

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ 2-КОНТУРНОЙ САУ С ПІ-РЕГУЛЯТОРОМ СКОРОСТИ И ПІ-РЕГУЛЯТОРОМ ТОКА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ РАБОТЫ В НАВИГАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

А.В. Шульга, Д.Н. Нелюба, В.А. Сокирина

Рассматриваются теоретические положения о системах подчиненного регулирования координат, их устройство и принципы построения. Приведены схематические решения составных частей, которые обеспечивают большую точность регулирования скорости рабочих органов систем навигации и стабильные эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, электропривод, коэффициент передачи.

SYNTHESIS AND RESEARCH OF 2-CIRCUIT CONTROL SYSTEM WITH SPEED P-CONTROLLER AND CURRENT PI-CONTROLLER, DESIGNED FOR OPERATION IN NAVIGATION DEVICES

O.V. Shulga, D.N. Neliuba, V.A. Sokirina

The theoretical statements of coordinate slave control systems their design and construction principles. A schematic solutions components, which provide more accurate speed control of working bodies of navigation systems and stable performance.

Keywords: power, DC motor, model, feedback, transfer coefficient.

ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 331.44

С.В. Бондарчук

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград

ВПЛИВ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ НА ПРОФЕСІЙНУ НАДІЙНІСТЬ ЛЬОТНОГО СКЛАДУ ТА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТІВ

В статті розглядається питання залежності безпеки польотів від ефективної взаємодії в системі «екіпаж-літак-середовище». Розглядаються фактори, що можуть чинити дію на авіаційний персонал та впливати на працездатність пілота. Визначені психофізіологічні якості, які визначають професійну надійність пілота. Охарактеризовані причини підвищення вимог до змісту і якості професійної підготовки льотного складу. Надані рекомендації щодо покращення професійної надійності льотного складу.

Ключові слова: безпека польотів, льотний склад, професійна надійність

Вступ

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки польотів завжди було і залишається головною проблемою в цивільній авіації. Вагомою складовою забезпечення безпеки польотів є професійна підготовка льотного складу. Безпека польотів, а від так і професійна надійність льотного складу має велике загальнодержавне значення. За даними Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) питома вага льотних подій з вини льотного складу становить від 60 до 90%. Основні причини трагічних подій в авіації кореняться в людському факторі, основною складовою якого є недостатня спеціальна теоретична та психофізіологічна підготовка льотного складу.

У зв'язку зі стрімким розвитком світової авіації суттєво змінився характер праці всіх спеціалістів, що експлуатують авіаційну техніку. Безпека польотів залежить від ефективної взаємодії в системі «екіпаж-літак-середовище». Під час польоту всі складові цієї системи повинні діяти узгоджено. Нечітка взаємодія, втрата (навіть на нетривалий час) зв'язку в системі може суттєво знизити рівень безпеки польоту. Тому вимоги до сучасної праці пілота полягають у тому, що вона стає більш інтелектуальною, передбачаючи сприйняття великого масиву інформації, яку не тільки потрібно усвідомити, переосмислити, а й зробити єдино правильну оцінку ситуації. У зв'язку з цим велику увагу при підготовці пілота необхідно приділяти льотним здібностям (працездатності), які представляють собою сукупність фізичних, психологічних, психофізіологічних, психосоціальних факторів та визначають успішне оволодіння професією пілота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблем професійної підготовки, професійної надійності та безпеки польотів в різний час займалися такі науковці як А.О. Комаров, В.О. По-

номаренко, О.Р. Захаров, Р.М. Макаров, П.А. Коваленко, Н.Д. Завалова, В.Д. Небиліцин, В.Л. Маріщук, Д.В. Гандер, П.В. Картамишев, О.О. Кушнір, О.І. Краснова, Т.С. Плачинда та інші [4 – 10]. Вивченням питання пріоритетного напрямку забезпечення психофізіологічної безпеки авіаційних польотів С. Л. Айвазян, О. Л. Шитов, С. М. Радченко [3].

Мети статті полягає у виявленні впливу психофізіологічної підготовки на безпеку польотів та професійну надійність пілотів. Запропонувати основні засоби та механізми їх реалізації.

Виклад основного матеріалу

Із підвищенням рівня потреб ефективного функціонування системи «екіпаж-літак-середовище», із розширенням задач, які стоять перед цивільною авіацією, а саме: значно збільшилась вантажопідйомність і пасажировмісність сучасних повітряних суден (ПС), велика тривалість польотів підвищились вимоги до змісту і якості професійної підготовки льотного складу. Окреслене вплинуло на:

- підвищення вимог до особистісних якостей та психофізіологічної підготовки пілотів;
- посилення відповідальності командира ПС за прийняття рішення в процесі польоту умовах високого рівня вимог і змісту технологічної дисципліни, як невід'ємного елемента забезпечення безпеки польотів.

Важливе значення у підготовці пілота має його професійна ефективність, яка у подальшому є запорукою безпеки польотів, вона включає в себе: професійну підготовку; психофізіологічний стан; дисципліну.

Психологічний стан залежить від багатьох чинників, а саме природного (генетичного) здоров'я, способу життя, шкідливих звичок, навколишнього середовища, стану медицини тощо.

Розглядаючи психофізіологічну підготовку авіаційного персоналу можна сказати, що це комплекс

заходів, направлених на ознайомлення пілота з тими факторами, які можуть діяти на нього під час польоту, а також система профілактичних заходів, що сприяють зниженню дії цих факторів і підвищенню працездатності в польоті [1]. Вивчаючи фактори, що можуть чинити дію на авіаційний персонал та впливати на працездатність пілота, ми умовно розділили їх на групи, які:

- пов'язані, головним чином, з особистісними характеристиками персоналу;
- здійснюють вплив на взаємодію між членами екіпажу;
- мають відношення до робочого місця.

Особистісна характеристика включає в себе:

Антропометрію (ріст, вага, гострота зору, слуху тощо).

Стан здоров'я та працездатності (фізична форма людини, патологічний стан тощо).

Звикання (звикання є корисним механізмом, що забезпечує ефективність дій в ситуаціях, що постійно повторюються, проте звикання може сприяти ігноруванню потенційних небезпечних індикаторів).

Ідентифікація та сприйняття (здатність наших аналізаторів сприймати подразники тоді коли наш мозок не в змозі опрацювати інформацію). Відволікання уваги, шум, втома, перевантаження та інші види стресу можуть знижувати сприйняття подразника. Ця відміна між ідентифікацією сприйняттям подразника надзвичайно важлива при виконанні задач, що вимагають високої ступені пильності.

Пильність (необхідність спостерігати за монітором використовуючи слух, зір). Звичайним побічним явищем пильності є нудьга.

Стрес (несе як позитивний так і негативний вплив на працездатність пілота). До факторів, що викликають стрес можна віднести – втому, дефіцит часу, перевантаження, міжособистісні конфлікти, сімейні проблеми, алкоголь, наркотики тощо.

Порушення ритмів організму (безпека польотів, самопочуття екіпажу залежать від зміни біологічних ритмів, це відбувається при виконанні тривалих польотів). Льотні екіпажі, що здійснюють чартерні і вантажні рейси, які здійснюють польоти нерегулярно або вночі, можуть страждати від зниження працездатності, що пов'язано з порушенням добових ритмів.

Сон (порушення нормального режиму сну, що пов'язано з тривалими перельотами, в подальшому може виникнути безсоння).

Втома (втома може бути як фізична так і розумова і є відображенням неповного відпочинку та може привести до зниження ефективності професійної діяльності і погіршення фізичного самопочуття і як наслідок до потенційної небезпеки).

Мотивація (стимули до виконання пілотом своїх умінь діяти в екстремальній ситуації).

Особистість та установки (індивідуальні якості та особистісні установки впливають на те, як ми себе поводимо вдома та на роботі).

До міжособистісних факторів відносимо:

Обробку інформації (можливі помилки при отриманні, обробці й інтерпретації інформації).

Лідерство (лідер може впливати на поведінку та ефективність роботи членів екіпажу).

Координація роботи екіпажу (процес набуття навиків колективної роботи між висококваліфікованими спеціалістами).

До факторів робочого місця відносимо:

Робоче навантаження (в пілотів робота переважно пов'язана із розумовим навантаженням). У стані підвищеного навантаження пілот може допустити помилки при виконанні процедур дотримання безпеки.

Підготовка та оцінка (підготовка розглядається як процес направлений на розвиток специфічних умінь, знань або установок на виконання визначених професійних обов'язків та задач). Під час і по завершенні навчання необхідно проводити оцінювання, для того, щоб переконатися в опануванні поставлених навчанням задач.

Документація (невідповідність ведення авіаційних документів може негативно впливати на безпеку польотів).

Конструювання робочого місця (кабіна екіпажу повинна бути скомпонована таким чином, щоб забезпечити в польоті екіпажу зручне розміщення, можливість ефективно виконувати функціональні обов'язки на всіх етапах польоту).

Ефективність візуального спостереження та попередження зіткнення (повне розуміння як працює візуальна система допомагає у забезпеченні оптимального робочого режиму).

Конструкція кабіни повітряного судна (значення людського фактору відносно кабіни включають в себе аспекти, які стосуються як бортпроводників, так і пасажирів та враховує передбачувану поведінку й ефективність працездатності людини) [2].

До психофізіологічних якостей, які характеризують професійну надійність пілота можна віднести:

- уміння на фоні основної виконувати й додаткову роботу;
- здатність логічно аналізувати інформацію, що надходить;
- здатність швидко змінювати структуру дій в складній обстановці;
- здатність долати перешкоди, що виникають в особливих випадках польоту.

Формування особистісних психофізіологічних якостей визначає ключову проблему підготовки професійної надійності пілота. Її можна оцінювати за певними характеристиками, а саме витривалість до екстремального напруження, стресостійкість, уміння швидко «переключатися». Ми пропонуємо деякі аспекти вдосконалення професійної надійності у підготовці пілота під час навчального процесу, а саме:

- покращити зв'язок між навчальною частиною та льотним загоном (слабкі зв'язки теорії та практики);

- підвищити вимоги до перенавчання та атестації викладацького складу та інструкторів (техніка швидко вдосконалюється);
- впроваджувати професійну направленість у навчальні предмети;
- включати в навчальний процес аналіз інформації про стан авіаційної безпеки як в Україні, так і в світі;
- збільшувати об'єм навчальних годин на тренажерах, де пілоти повинні розвивати просторову уяву, уміння аналізувати проблемно-ситуаційні завдання, будувати концептуальні моделі образу польоту, приймати і реалізувати рішення на базі образу польоту в екстремальних умовах при моделюванні професійної діяльності.

Також важливим компонентом надійності пілота є характер. Більша частина складових якого формується в процесі навчання в академії. Необхідно пам'ятати про те, що характер є набутою якістю людини, формування характеру – це тривале становлення постійних психологічних утворень під впливом об'єктивних і спеціально створених для особистості умов. На формування характеру найістотніше впливають загальні фактори становлення особистості: біологічна основа, соціальне середовище та активність самої людини. Особливо важливе значення для формування характеру має активна діяльність курсанта і, передусім, спілкування як необхідна умова самопізнання та самореалізації особистості.

Висновки

Встановлено, що професійна надійність льотного складу залежить від рівня знань, навичок і умінь особистості в управлінні повітряним судном, високого рівня мотивації, оперативного мислення, емоційної стійкості, розподілу і переключення уваги та інших психофізіологічних професійно важливих компонентів. Саме ці взаємопов'язані якості є основою професійної надійності пілотів, що забезпечують безпеку польотів.

Таким чином, особлива місія у підготовці професійних якостей пілота лежить на змісті навчаль-

ного процесу, його суттєвій модернізації, на підвищених вимогах до викладацького та інструкторського складу льотної школи.

Список літератури

1. Державна служба з нагляду за забезпеченням безпеки авіації, Наказ "Про затвердження Правил медичного забезпечення і контролю польотів цивільної авіації України" від 05.12.2005 N 920. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua>
2. Doc 9806 AN/763 Основные принципы ИКАО. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. – 2002. – Монреаль; Канада: Межд. организация ГА.. – Режим доступа: <http://www.aerohelp.ru>.
3. Гандер Д.В. Психолого-педагогические основы профессиональной подготовки летного состава / Д.В. Гандер, А.А. Ворона, В.А. Пономаренко. – М.: МАКЧАК, 2010. – 339 с.
4. Захаров А. В. Развитие системы подготовки персонала авиакомпании в области человеческого фактора / А. В. Захаров // Педагогическое образование. – 2009. – №4. – С. 132–138.
5. Картамышев П.В. Методика лётного обучения / П.В. Картамышев, А.К. Тарасов. – М.: Транспорт, 1974. – 312 с.
6. Комаров А.О. Основы авиации. Вступ до спеціальності / А.О. Комаров. – К.: Вища шк., 1992. – 267 с.
7. Линьков А.В. Программа по оценке рисков в отношении безопасности полетов / А.В. Линьков, М.В. Кармызов // Научный вестник МГТУ ГА (серия: Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов). – 2006. – № 108. – С. 85-90.
8. Макаров Р.Н. Авиационная педагогика и психология / Р.Н. Макаров. – М.: МНАПЧАК, 2002. – 490 с.
9. Макаров Р.Н. Психологические основы методики летного обучения / Р.Н. Макаров, Н.А. Нидзий, Ж.К. Шишкин. – М.: МАКЧАК, ГЛАУ, 2000. – 534 с.
10. Плачинда Т.С. Профессиональная подготовка специалистов гражданской авиации: брошюра / Т.С. Плачинда. – Saarbrücken, Deutschland: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2014. – 104 с.

Надійшла до редколегії 23.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.В. Хращевський, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ ЛЁТНОГО СОСТАВА И НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЁТОВ

С.В. Бондарчук

В статье рассматриваются вопросы зависимости безопасности полётов от эффективного взаимодействия в системе «экипаж-самолёт-среда». Рассматриваются факторы, которые могут влиять на авиационный персонал и работоспособность пилота. Определены причины повышения требований к содержанию и качества профессиональной лётного состава. Даны рекомендации для улучшения профессиональной надёжности лётного состава.

Ключевые слова: безопасность полётов, лётный состав, профессиональная надёжность.

THE EFFECT OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL TRAINING ON THE FLIGHT CREW'S PROFESSIONAL RELIABILITY AND FLIGHT SAFETY

S. V. Bondarchuk

The article deals with the issues of flight safety dependencies on the effective interaction in the system "Crew-Aircraft-Environment". It discusses factors that may affect aviation personnel and pilot's performance. The paper gives recommendations how to increase the flight crew's professional reliability.

Key words: flight safety, flight crew, professional reliability.

УДК 621.396.96.095.4:528.8.04-047.27

В.К. Волосяк¹, Е.Н. Тимошук²¹ *Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*² *Киевская государственная академия водного транспорта имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного, Украина*

ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНОК ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ И СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЯЖЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПАССИВНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Синтезированы алгоритмы оптимальных оценок электрофизических параметров как функций угловых координат излучающих элементов пространственно-протяженных исследуемых объектов. Алгоритмы получены в результате решения вариационных уравнений правдоподобия. Состоятельность оценок обеспечивается за счет усреднения V_F -периодограмм и периодограмм Фурье по временным частотам или их спектральных преобразований по времени. Разработанные алгоритмы могут быть применены как для узкополосных, так и для сверхширокополосных полей.

Ключевые слова: V_F -преобразования, сверхширокополосные поля, пространственно-временная обработка сигналов.

Введение

С развитием многоантенных пассивных радиотехнических комплексов в радиоастрономии, дистанционном зондировании, дистанционной радиоспектрометрии [1 – 3], актуальными становятся задачи построения не только изображений протяженных объектов радиоизлучения, но и построения изображений электрофизических параметров и статистических характеристик $\vec{\lambda}(\vec{\vartheta}) = \|\lambda_j(\vec{\vartheta})\|$ в виде соответствующих их зависимостей от пространственных координат в областях расположения излучающих источников. Этот класс задач следует отнести к задачам нелинейной фильтрации или оценок процессов [4]. Параметрами, подлежащими оценке, могут быть плотность вещества, его диэлектрическая проницаемость, влажность, коэффициент поглощения и др. Для достижения наилучших показателей искомых оценок эти задачи необходимо решать в оптимизационной постановке.

Целью работы является статистический синтез алгоритмов оценок параметров протяженных объектов как функций пространственных координат.

1. Исходные соотношения и постановка задачи синтеза оптимального алгоритма

Модель уравнения наблюдения электромагнитного поля собственного радиотеплового излучения исследуемого протяженного объекта запишем в виде

$$\begin{aligned} \vec{u}_\Sigma(t, \vec{r}') &= \|\vec{u}_{k\Sigma}(t, \vec{r}')\|, \\ \vec{u}_{k\Sigma}(t, \vec{r}') &= \vec{u}_{ks}(t, \vec{r}', \vec{\lambda}) + \vec{u}_{kn}(t, \vec{r}') + \vec{n}_{kp}(t, \vec{r}'), \\ \vec{u}_{ks}(t, \vec{r}', \vec{\lambda}) &= \vec{u}_{kD}(t, \vec{r}', \vec{\lambda}) + \vec{u}_{kf}(t, \vec{r}'), \\ \vec{r}' &= (x', y') \in D', \quad t \in (0, T), \quad k = \overline{1, K}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $u_{kD}(t, \vec{r}', \vec{\lambda})$ – излучение исследуемого объекта, $u_{kf}(t, \vec{r}')$ – фоновое излучение и излучение подсветки атмосферой, $u_{kn}(t, \vec{r}')$ – внутренние шумы пространственно-распределенной антенной системы, $n_{kp}(t, \vec{r}')$ – небольшой шум, добавляемый к уравнению наблюдения, который необходим для статистической регуляризации решения обратной задачи синтеза оптимальных алгоритмов обработки наблюдаемого излучения. Индекс k соответствует различным видам поляризации, направлениям наблюдения за объектом и т.п. Общее число K должно соответствовать числу независимых нелинейных уравнений, необходимых для оценок $\vec{\lambda} = \vec{\lambda}(\vec{\vartheta})$. Здесь координаты элементов излучающего объекта – это направляющие косинусы. Все процессы полагаем гауссовыми с корреляционными функциями

$$\begin{aligned} \langle u_{ks}(\vec{r}'_1, t_1) u_{ks}(\vec{r}'_2, t_2) \rangle &= R_{ku_s}(\Delta \vec{r}', \tau, \vec{\lambda}) = \\ &= V_F^{-1} \left\{ B_{ks} \left[\vec{\vartheta}, f, \vec{\lambda}(\vec{\vartheta}) \right] \right\} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B_{ks} \left[\vec{\vartheta}, f, \vec{\lambda}(\vec{\vartheta}) \right] \times \\ &\times \exp \left\{ j2\pi f \left(\tau + c^{-1} \vec{\vartheta} \Delta \vec{r}' \right) \right\} df d\vec{\vartheta}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \langle u_{kn}(t_1, \vec{r}'_1) u_{kn}(t_2, \vec{r}'_2) \rangle &= \\ &= \frac{N_{0k}}{2} H_k(t_1 - t_2) \delta(\vec{r}'_1 - \vec{r}'_2) = R_{ku_n}(\tau, \Delta \vec{r}'), \\ R_{kp}(t_1 - t_2, \vec{r}'_1 - \vec{r}'_2) &= (N_{0kp}/2) \delta(t_1 - t_2) \delta(\vec{r}'_1 - \vec{r}'_2), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} H_k(t_1 - t_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} h_k(t_1 - \tau) h_k(t_2 - \tau) d\tau = \\ &= F^{-1} \left[|K_k(j2\pi f)|^2 \right], \end{aligned} \quad (4)$$

где

$h_k(t_1 - \tau)$ – імпульсна характеристика,

$$B_{ks}[\bar{\vartheta}, f, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] = |\dot{K}_k(j2\pi f)|^2 |\dot{F}_A(\bar{\vartheta}, f)|^2 B_{ok}[\bar{\vartheta}, f, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]; \quad (5)$$

$$B_{ok}(\bar{\vartheta}, f, \bar{\lambda}) = B_{kD}(\bar{\vartheta}, f, \bar{\lambda}) + B_{kF}(\bar{\vartheta}, f) - \quad (6)$$

спектрально-угловые плотности мощности излучения, связанные с корреляционными функциями $R_{ku_s}(\Delta\bar{r}', \tau, \bar{\lambda})$ преобразованиями V_F [5].

Полагается, что процессы $u_{ks}(\bar{r}', t_1)$ ограничены коэффициентами передачи входных устройств или линейных частей радиометров (ЛЧП). $\dot{K}_k(j2\pi f) = \dot{K}(j2\pi f)$ и диаграммами направленности (ДН) элементарных антенн в составе антенной решетки (АР) $\dot{F}_A(\bar{\vartheta}, f)$. Для упрощения математических преобразований также будем полагать, что фазовые центры элементарных антенн континуально заполняют область наблюдения D' . В математических преобразованиях это приведет к появлению интегралов, а не сумм. К суммам можно будет перейти на заключительном этапе при дискретизации синтезированных алгоритмов и учете реальных расстояний между фазовыми центрами элементарных антенн.

Алгоритм оптимальных оценок параметров $\lambda_j(\bar{\vartheta})$ находим из решения вариационного уравнения правдоподобия

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^K \iiint_{T D'} \int \frac{\delta R_{k\Sigma}[t_1, t_2, \bar{r}'_1, \bar{r}'_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]}{\delta \lambda_j(\bar{\vartheta})} \times \\ & \times W_{k\Sigma}[t_2, t_1, \bar{r}'_2, \bar{r}'_1, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] dt_1 dt_2 d\bar{r}'_1 d\bar{r}'_2 = \\ & = \sum_{k=1}^K \iiint_{T D'} \int \frac{\delta W_{k\Sigma}[t_1, t_2, \bar{r}'_1, \bar{r}'_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]}{\delta \lambda_j(\bar{\vartheta})} \times \\ & \times u_{k\Sigma}(t_1, \bar{r}'_1) u_{k\Sigma}(t_2, \bar{r}'_2) dt_1 dt_2 d\bar{r}'_1 d\bar{r}'_2, \end{aligned} \quad (7)$$

где $\delta R_{k\Sigma}/\delta \lambda_j$, $\delta W_{k\Sigma}/\delta \lambda_j$ – вариационные (функциональные) производные [5] от корреляционной и обратной корреляционной функций.

2. Решение оптимизационной задачи

Обратную корреляционную функцию находим и интегрального уравнения обращения

$$\begin{aligned} & \iint_{T D'} \left(R_{k\Sigma}[t_1, t_2, \bar{r}'_1, \bar{r}'_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] \times \right. \\ & \left. \times W_{k\Sigma}[t_2, t_3, \bar{r}'_2, \bar{r}'_3, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] \right) dt_2 d\bar{r}'_2 = \\ & = \delta(t_1 - t_3) \delta(\bar{r}'_1 - \bar{r}'_3). \end{aligned} \quad (8)$$

Полагая, что интервалы корреляции наблюдаемых случайных процессов по времени и пространственным координатам значительно меньше соответствующих интервалов наблюдения находим решение этого уравнения методом преобразований Фурье в бесконечных пределах интегрирования [4]. Тогда

$$W_{k\Sigma}[\tau, \Delta\bar{r}', \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B_{W\Sigma}[f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] \exp \left[j2\pi f \left(\tau + \frac{\bar{\vartheta} \Delta\bar{r}'}{c} \right) \right] df d\bar{\vartheta},$$

$$\text{где } B_{W\Sigma}[\cdot] = \frac{f^4}{c^4} B_{k\Sigma}^{-1}[\cdot].$$

Вариационные производные найдем в виде

$$\begin{aligned} \frac{\delta R_{k\Sigma}}{\delta \lambda_j(\bar{\vartheta})} &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial B_{k\Sigma}[f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]}{\partial \lambda_j} \exp \left\{ j2\pi f \left(\tau + \frac{\bar{\vartheta} \Delta\bar{r}'}{c} \right) \right\} df, \\ \frac{\delta W_{k\Sigma}}{\delta \lambda_j(\bar{\vartheta})} &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f^4}{c^4} \frac{\partial B_{k\Sigma}[f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]}{B_{k\Sigma}^2[f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]} \times \\ & \times \exp \left\{ j2\pi f \left(\tau + \frac{\bar{\vartheta} \Delta\bar{r}'}{c} \right) \right\} df. \end{aligned}$$

Подставив эти производные в уравнение правдоподобия (7), находим его решение в виде

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}_1, \bar{\lambda}_0]|^2 \times \\ & \times \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)]|^2 B_{k\Sigma}[f, \bar{\vartheta}_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta}_2)] d\bar{\vartheta}_2 df = \\ & = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}_1, \bar{\lambda}]|^2 |\dot{S}_{kTD'}(j2\pi f, \bar{\vartheta}_1)|^2 df, \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{где } |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]|^2 = \frac{f_1^4}{c^4} \frac{|\dot{K}(j2\pi f) \dot{F}_A(\bar{\vartheta}, f)|^2}{B_{k\Sigma}^2(f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta}))} - \quad (10)$$

квадрат модуля передаточной характеристики декоррелирующего фильтра, знаменатель которой определяет структуру инверсного фильтра, а числитель – согласованного,

$$\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)] = \int_{D'} \exp \left\{ j2\pi f \frac{(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2) \bar{r}'}{c} \right\} d\bar{r}' - \quad (11)$$

функция неопределенности (аппаратная функция), определяющая пространственную разрешающую способность по угловым координатам на каждой конкретной частоте f и зависящая от структуры раскрытия (области интегрирования),

$$\begin{aligned} & |\dot{S}_{kTD'}(j2\pi f \bar{\vartheta})|^2 = \\ & = \left| \int_{T D'} u_{k\Sigma}(t, \bar{r}') \exp \left[\pm j2\pi f \left(t + \frac{\bar{\vartheta} \bar{r}'}{c} \right) \right] dt d\bar{r}' \right|^2 - \end{aligned} \quad (12)$$

V_F -периодограмма, являющаяся обобщением периодограммы Фурье. Функцию $\dot{S}_{kTD'}(j2\pi f \bar{\vartheta})$ получаем применением V_F -преобразование к наблюдаемому процессу $u_{k\Sigma}(t, \bar{r}')$ на ограниченных интервалах наблюдения T и D' .

Таким образом, оптимальные оценки параметров находим в результате решения системы нелинейных интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода (9). Для получения этих уравнений необходимо сформировать их правые части в соответствующих системах прима и обработки сигналов радиотеплово-

го излучения протяженных объектов. Основной алгоритмическими операциями являются операциями формирования периодограммы (12) и ее усреднения в диапазоне частот, заданном АЧХ $|\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]|$.

Можно показать, что левая часть уравнения (9) является математическим ожиданием правой. Поскольку они не равны друг другу, то знак равенства между ними следует рассматривать как знак приравнивания. Левая часть раскрывает физическую сущность алгоритмических операций, представленных правой частью. Левая часть показывает, что результатом обработки является оценка суммарной яркости $B_{k\Sigma}[f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]$, сглаженная функцией неопределенности $|\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)]|^2$ на каждой частоте f и затем проинтегрированная по всем частотам в полосе АЧХ $|\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]|$. Функциональные связи оцениваемых параметров с яркостями $B_{k\Sigma}$ должны быть известными. Их определяют либо электродинамическими моделями излучения радиоволн поверхностями исследуемых объектов, либо регрессионными (эмпирическими, регрессионными).

При дискретизации в спектральной области алгоритмическая и соответствующая техническая реализация формирования спектра $\dot{S}_{kTD'}(j2\pi f\bar{\vartheta})$ как V_F -преобразования усеченной функции $u_{k\Sigma}(t, \bar{r}')$ интервалом наблюдения T и D' в периодограмме (12) соответствует фильтрации наблюдаемого процесса на выбранной сетке частот, задержке по фазе каждой спектральной составляющей на величину $2\pi f\bar{\vartheta}T'/c$ и когерентного синфазного суммирования задержанных сигналов, принятых элементами раскрыва (элементами антенной решетки). При этом все спектральные составляющие принятого излучения будут сфокусированы на каждое из заданных направлений $\bar{\vartheta}$, что эквивалентно созданию множества лучей, покрывающих сектор обзора, в котором находится исследуемый объект. В результате такой фокусировки и приема сигналов из каждого направления в отдельности формируется изображение излучающего объекта. Эквивалентными операциями, формирования оценок функций когерентности с последующим их преобразованием в соответствии с обобщенной теоремой Ван Циттерта-Цернике [5].

Периодограмма (12) является несостоятельной оценкой яркости $B_{k\Sigma}$, т.е. не стремится к истинному значению при стремлении к бесконечности временного T и пространственного D' интервалов наблюдения. Усреднение периодограммы повышает степень состоятельности оценок и яркости $B_{k\Sigma}$ и параметров $\bar{\lambda}(\bar{\vartheta})$ тем больше, чем в более широкой полосе частот происходит ее интегрирование по частотам f . Без такого усреднения полученные изображения

будут искажены пятнистой структурой (спекл-структурой). Характерные размеры спеклов на изображении равны пространственному радиусу корреляции периодограммы. Полоса частот занимаемых АЧХ $|\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]|$ декоррелирующего фильтра шире полосы частот, занимаемых АЧХ ЛПЧ $\dot{K}(j2\pi f)$. Это означает, что интервалы корреляции излучения на выходе такого фильтра меньше, чем на его входе, и число некоррелированных отсчетов выходного случайного процесса на единицу времени и на единицу частоты будет большим. Поэтому усреднение во времени и связанное с ним на основе теоремы Парсеваля-Лапласа усреднение по частотам более эффективно сглаживает помеховую спекл-структуру изображения, повышая его качество. Заметим, что декоррелирующий фильтр является адаптивным, так как его АЧХ зависит от $\bar{\lambda}(\bar{\vartheta})$. Его полоса также зависит от спектральной плотности мощности помех. В уравнениях (9) можно считать, что в пределах АЧХ устройств радиометрической системы:

$$B_{ok}[\bar{\vartheta}, f, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})] \approx B_{ok}[\bar{\vartheta}, f_0, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta})]; \quad \dot{F}_A(\bar{\vartheta}, f) \approx \dot{F}_A(\bar{\vartheta}, f_0).$$

Тогда эти уравнения можно упростить:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} B_{ok}[f_0, \bar{\vartheta}_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta}_2)] \Phi_k(\bar{\vartheta}_1, \bar{\vartheta}_2) d\bar{\vartheta}_2 = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}, \bar{\lambda}]|^2 |\dot{S}_{kTD'}(j2\pi f, \bar{\vartheta})|^2 df - C_1 - C_2, \quad (13)$$

$$\Phi_k(\bar{\vartheta}_1, \bar{\vartheta}_2) = \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}_1, \bar{\lambda}]|^2 \times \times |\dot{K}(j2\pi f) \dot{F}_A(\bar{\vartheta}_1, f)|^2 |\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)]|^2 df - \quad (14)$$

где функция неопределенности системы, определяющая ее разрешающую способность и учитывающая полосу пропускаемых частот (справедлива для систем любой степени широкополосности, т.е. как для узкополосных, так и для сверхширокополосных систем)

$$C_1 = \frac{N_{0k}}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f^2}{c^2} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}_1, \bar{\lambda}]|^2 |\dot{K}(j2\pi f)|^2 \times \times \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)]|^2 d\bar{\vartheta}_2 df, \\ C_2 = \frac{N_{0kp}}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f^2}{c^2} |\dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\vartheta}_1, \bar{\lambda}]|^2 \times \times \int_{-\infty}^{+\infty} |\dot{\Psi}_{D'}[f(\bar{\vartheta}_1 - \bar{\vartheta}_2)]|^2 d\bar{\vartheta}_2 df.$$

На основе теоремы Парсеваля-Лапласа уравнение (13), которое также следует считать алгоритмом обработки принимаемого излучения, можно записать в таком виде:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} B_{ok}[f_0, \bar{\vartheta}_2, \bar{\lambda}(\bar{\vartheta}_2)] \Phi_k(\bar{\vartheta}_1, \bar{\vartheta}_2) d\bar{\vartheta}_2 =$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^T |u_{kD'_w}(t, \bar{\theta})|^2 dt - C_1 - C_2, \quad (15)$$

где $u_{kD'_w}(t, \bar{\theta}) = \int_T h_{kw}(t - \tau) u_{kD'}(\tau, \bar{\theta}) d\tau$;

$$u_{kD'}(\tau, \bar{\theta}) = \int_{D'} u_{k\Sigma} \left(\tau - \frac{\bar{\theta} \bar{r}'}{c}, \bar{r}' \right) d\bar{r}' -$$

результат фокусировки антенной системы на направление $\bar{\theta}$, полученный после задержек сигналов во времени на элементах раскрытия на величины $\bar{\theta} \bar{r}' c^{-1}$ в соответствии с их запаздыванием по наклонному фронту волны и интегрирования по всем его элементам, а импульсная характеристика декоррелирующего фильтра равна

$$h_{kw}(t - \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \dot{L}_k[j2\pi f, \bar{\theta}_1, \bar{\lambda}_0] \exp(j2\pi f t) df. \quad (16)$$

В алгоритмические действия, которые необходимо выполнить, входят операции: 1) задержек сигналов в каждом элементе антенной системы в соответствии с их запаздыванием $\bar{\theta} \bar{r}' c^{-1}$ по наклонному фронту падающего излучения; 2) синфазного (с одинаковой задержкой по фронту волны) сложения сигналов, обеспечивающего фокусировку системы на заданное направление из всего множества направлений, покрывающих протяженный объект излучения; 3) декорреляции сигналов в фильтре с импульсной характеристикой (16); 4) оценке средней мощности декоррелированных колебаний путем возведения их в квадрат и интегрирования с нормировкой на коэффициент T^{-1} ; 5) вычитания смещений C_1 и C_2 в соответствии с принципом работы компенсационного радиометра.

Выводы

Решение задачи статистической оптимизации оценок параметров и статистических характеристик протяженных объектов собственного радиотеплового излучения, являющихся функциями связанных с ними координат, т.е. также рассматриваемых в виде соот-

ветствующих изображений. Полученные алгоритмы являются алгоритмами оптимального апертурного синтеза и сводятся к фокусировке антенной системы на множество направлений, покрывающих сектор обзора, в котором находится исследуемый объект, оценке средней мощности декоррелированных колебаний, принятых с заданного множества направлений и последующего решения системы нелинейных интегральных уравнений 1-го рода. За счет декорреляции повышается число независимых отсчетов случайных процессов, что повышает эффективность их усреднения (после возведения в квадрат) уменьшает интенсивность спекл-помех на изображении и в конечном итоге повышает качество формируемых изображений. Получено выражение для функции неопределенности системы, характеризующей ее разрешающую способность с учетом операций декоррелирующей фильтрации и полосы пропускаемых радиометрической системой частот. Особенностью полученных алгоритмов является применение в них V_F -преобразований, не требующих выполнения условия пространственно-временной узкополосности, т.е. применимых для обработки сверхширокополосных процессов.

Список литературы

1. Фалькович С.Е. Оптимальный прием пространственно-временных сигналов в радиоканалах с рассеянием / С.Е. Фалькович, В.И. Пономарев, Ю.В. Шкварко. – М.: Радио и связь, 1989. – 344 с.
2. Томпсон Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии / Р. Томпсон, Дж. Моран, Дж. Свенсон. – М.: Мир, 1989. – 668 с.
3. Построение изображений в астрономии по функциям когерентности / Под ред- К. ван Схонвелда. – М.: Мир, 1982. – 320 с.
4. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигнала / С.Е. Фалькович. – М.: Сов. радио, 1970. – 330 с.
5. Кляцкин В.И. Статистическое описание динамических систем с флуктуирующими параметрами / В.И. Кляцкин. – М.: Наука, 1975. – 240 с.

Надійшла до редколегії 28.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Павліков, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

ОПТИМІЗАЦІЯ ОЦІНОК ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИХ ПАРАМЕТРІВ І СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЯЖНИХ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПАСИВНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСАХ

В.К. Волосюк, О.М. Тимошук

Синтезовано алгоритми оптимальних оцінок електрофізичних параметрів як функцій кутових координат випромінюючих елементів просторово-протяжних об'єктів, що досліджуються. Алгоритми отримані в результаті рішення варіаційних рівнянь правдоподібності. Спроможність оцінок забезпечується за рахунок усереднення V_F -періодограм і періодограм Фур'є по часовим частотам, або їх спектральних перетворень за часом. Розроблені алгоритми можуть бути застосовані як для вузькосмугових, так і для надширокосмугових полів.

Ключові слова: V_F -перетворення, надширокосмугові поля, просторово-часова обробка сигналів.

OPTIMIZATION OF SPATIALLY DISTRIBUTED PARAMETERS ESTIMATES AND STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE EXTENDED SOURCE RADIATION IN THE PASSIVE RADIO COMPLEXES

V.K. Volosyuk, O.M. Tymoshchuk

Algorithms of optimal electrophysical parameters estimates as functions of the angular coordinates of the radiating spatially extended objects elements are synthesized. Algorithms are obtained by solving the variational equations likelihood. Consistency of estimates provided by averaging V_F -periodogram and Fourier in temporal frequency or spectral changes over time. The algorithms may be applied for narrowband and for ultrawideband fields processing.

Keywords: V_F -transformation, ultra-wideband fields, space-temporal signal processing.

УДК 656.7.08

О.Н. Дмитриев, Т.Р. Буран

Кировоградская летная академия Национального авиационного университета, Кировоград

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОГО СДВИГА ВЕТРА

Решение проблемы безопасности полетов воздушных судов, при заходе на посадку и взлете, во многом зависит от учета влияния на исход полета внесистемного фактора, такого как, сдвиг ветра. Учет воздействия сдвига ветра на поведение воздушного судна предложено производить через понятие - профиль ветра. Дано определение критическому профилю сдвига ветра, а также определен метод поиска параметров сдвига ветра для критического профиля. Анализ влияния сдвига ветра на безопасность полетов, а также способ повышения безопасности полетов на этапах взлета и посадки, позволяет определить дальнейшие направления исследований в области повышения безопасности полетов воздушных судов в условиях сдвига ветра.

Ключевые слова: сложные метеоусловия, сдвиг ветра, безопасность полетов, лётные испытания.

Введение

Постановка проблемы. В настоящее время в нашей стране и за рубежом проводится большой объем исследований, направленных на повышение уровня безопасности полетов ВС на этапах взлёта и посадки, особенно в сложных метеоусловиях. Продолжающиеся авиационные происшествия (АП) по причине попадания воздушных судов (ВС) в сдвиг ветра (СВ) требуют поисков новых решений данной проблемы.

Анализ исследований. С 1943 г. в качестве причины ряда авиационных происшествий/инцидентов, в результате которых во всем мире в общей сложности погибло более 1400 человек, приводился сдвиг ветра на малых высотах. Возросшая осведомленность среди авиационных кругов в отношении опасного и коварного характера явления сдвига ветра на малых высотах нашло отражение в том факте, что это явление рассматривается Советом ИКАО в качестве одной из главных технических проблем, стоящих перед авиацией [1]. Поэтому за рубежом и у нас в стране проводятся интенсивные исследования вопросов обеспечения безопасности полетов (БП) воздушных судов в условиях СВ и других аномальных явлений атмосферы. Основываясь на анализе данных происшествий, которые произошли в период 2006–2011 годов [2], ИКАО установила три категории происшествий с высокой степенью риска: 1) события, связанные с безопасностью полетов; 2) потеря управляемости в полете LOC-I (Loss of control in-flight); 3) столкновение исправного воздушного судна с землей CFIT (Controlled flight into terrain).

АП связанные с LOC-I занимают 4% от АП, но по числу погибших имеют 32% от всех АП. Исходя из процентной доли всех происшествий высокого риска в 2012 г. приведенной в [2], можно сделать вывод, что в то время как доля категории, включающей потерю управления в полете, составляла только один процент от общего количества происшествий, эта категория вызывает особую обеспокоенность, поскольку на нее приходится 11 % от

всех авиационных происшествий с человеческими жертвами и 8 % от общего количества погибших.

Одним из факторов, способствующих развитию АП по причине LOC-I является сдвиг ветра (рис. 1), который особенно опасен для ВС с малым весом ввиду их малой инертности.

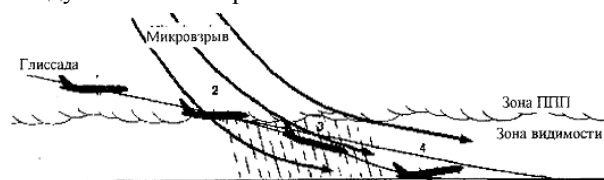


Рис. 1. Заход на посадку в условиях сдвига ветра

Так например, 28.05.14 катастрофа самолета Х-32 «Бекас» UP-LA001 авиакомпании «КазАвиа» Республики Казахстан в Алматинской области. АП произошло в результате вероятного попадания самолета в условия сильного сдвига ветра, что привело к падению скорости ВС, выходу на закритические углы атаки, сваливанию на правое крыло, входу в крутую спираль и столкновению с землей [3]. Следует отметить, что этот случай не является единичным. Несмотря на предпринятые меры безопасности и развитие различных систем, позволяющих предусматривать возможные проблемные ситуации в процессе полёта, мы все еще можем наблюдать возникновение АП. Также 07.05.09 произошла катастрофа Х-32 «Бекас», арендованного Государственной летной академией Украины для учебных полетов с курсантами, при попадании в спутный след ранее взлетевшего АН-32 вышел на закритические углы атаки, произошло «сваливание» ввиду малой высоты пилоты не смогли вывести самолет на нормальный режим полета.

Цель данной статьи — выявить метод позволяющий определить максимально-допустимые значения параметров СВ для широкого класса критических профилей ветровых возмущений, причина которых обусловлена разнообразными метеорологическими условиями их возникновения.

Изложение основного материала

Пилотируемый полет самолета является функционированием сложной системы «человек-машина», и от согласованности характеристик человека и техники в такой комплексной системе зависит уровень БП и эффективность ее работы. Изучение состояния системы «человек-машина» в полете представляет собой чрезвычайно сложную задачу, поэтому проведение таких исследований является дорогостоящим мероприятием, особенно если учесть статистический характер задачи [4]. Сейчас можно выделить три основных взаимодополняющих направления расчетных исследований летных характеристик и характеристик устойчивости и управляемости ВС на различных этапах полета: исследования с помощью аналитических методов; исследования на ЭВМ; исследования на пилотажных стендах с участием человека – оператора. В последние годы основное развитие получили методы исследования полета ВС в сложных метеоусловиях и при отказах авиационной техники (АТ) с помощью моделирования различных этапов полета самолета. Главная трудность при этом заключается в достоверном задании аэродинамических характеристик самолета и внешних метеоусловий (в частности, СВ), что очень часто не позволяет добиться удовлетворительного совпадения расчетных данных с результатами летных испытаний.

При исследованиях задач динамики полета и летных характеристик самолета в настоящее время широкое применение находят различные пилотажные стенды, и статистические методы. Для получения при исследованиях достоверных данных, требуется, чтобы по основным параметрам и режимам полета при многократных экспериментах была обеспечена хорошая повторяемость условий, что в полете практически невозможно осуществить, поэтому для исследований используются пилотажные стенды.

Результаты, получаемые в процессе моделирования полета ВС, можно разделить на две основные категории: объективные оценки, получаемые той или иной формализованной процедурой обработки эксперимента, и субъективные оценки, формулируемые пилотом. Необходимо отметить, что основной задачей моделирования динамики полета самолета с помощью вычислительной техники, как правило, является получение объективных оценок, а главной задачей моделирования движения самолета на пилотажных стендах можно считать получение субъективных оценок, даваемых пилотом или оператором.

В гражданской авиации накоплен значительный опыт разработки и применения математической модели (ММ) движения ВС. Однако этот опыт показал, что применявшиеся методики моделирования в основной своей части страдают отсутствием общности, хотя и позволяют решать отдельные частные задачи. Обращение к основам теории математиче-

ского моделирования позволило выявить недостаточный уровень математической строгости, который не соответствовал решаемым задачам. Анализ адекватности результатов расчетов реальному поведению ВС позволил выявить слабые места в большинстве разрабатывавшихся ММ, в том числе, неудовлетворительное воспроизведение движения самолета по ВПП. Поэтому поиски ММ, пригодной для исследования на этапах взлета и посадки в условиях СВ, велись в направлении наибольшей адекватности, в том числе и при движении по ВПП.

Отказы АТ, внешние возмущения или ошибки пилотирования на предпосадочном снижении и при движении по ВПП могут сделать невозможным благополучное завершение посадки. Поэтому ММ должна адекватно воспроизводить целиком как этап захода на посадку, так и этап посадки с учетом не только факторов внешней среды, но и возможностей реального управления ВС, в том числе с отказами функциональных систем во всех каналах.

Для математической постановки задачи поиска допустимых значений параметров СВ сформулируем понятие критического профиля СВ (рис. 2).

Критический профиль СВ это ветровое возмущение такого профиля, которое при фиксированных значениях $\Delta W_{\max} = W_{\max} + W_{\min}$ максимального перепада скорости ветра и $A = \max |\text{grad} W|$ – максимального значения модуля его градиента на заданном этапе управляемого полета самолета вызывает его максимальное отклонение от заданной траектории.

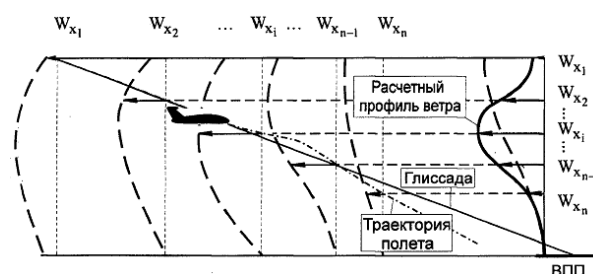


Рис. 2. Схема формирования профиля сдвига ветра

Таким образом, ветровое возмущение на заданном этапе полета будет характеризоваться формой его профиля и парой значений его характерных параметров (ΔW_{\max} , A).

Задача определения допустимых значений параметров СВ на критическом профиле по своей природе является минимаксной: найти такую форму профиля ветрового возмущения СВ, на которой при минимальном значении A либо ΔW_{\max} реализуются максимальные отклонения наблюдаемых параметров полета самолета от их программных значений, при этом хотя бы один из них выходит на границу области эксплуатационных ограничений, не нарушая ее.

Решение этой минимаксной задачи путем декомпозиции может быть сведено к последовательному решению ряда базовых задач условной пара-

метрической оптимизации. Сформулируем q -ю базовую оптимизационную задачу.

Пусть состояние системы «пилот – ВС – ветровое возмущение» описывается моделью [4]:

$\dot{\mathbf{z}} = \mathbf{F}(t, \mathbf{z}, \mathbf{w})$, $\mathbf{z}(t_0) = \mathbf{z}_0$, $t \in [t_0, t_k]$; $\mathbf{z} = (\mathbf{x}, \mathbf{u})$, $\mathbf{F} = (\mathbf{f}, \mathbf{g})$, $\mathbf{y} = \mathbf{h}(\mathbf{z})$, где \mathbf{x} , \mathbf{u} – векторы фазовых координат самолета и системы автоматического управления (САУ); \mathbf{w} – вектор-функция внешних возмущений; \mathbf{f} , \mathbf{g} – вектор-функции правых частей дифференциальных уравнений, описывающих соответственно модель динамики полета самолета и функционирование САУ, \mathbf{z}_0 – вектор начальных условий; \mathbf{y} – вектор наблюдаемых параметров, t – время.

Конечный момент времени t_k определяется первым выполнением одного из условий

$$\Phi_1[\mathbf{y}(t_k), t_k] = 0, \quad 1 \in \overline{1, L}.$$

Профили ветровых возмущений

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}(\mathbf{z}), \quad \mathbf{z} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$$

формируются в классе многопараметрических кривых по заданным алгоритмам; \mathbf{z} – вектор параметров, определяющих профиль ветра.

Тогда для заданных значений $(\Delta W_{\max}^{(i)} A^{(i)})$ необходимо определить вектор \mathbf{z} , минимизирующий функционал Q :

$$\mathbf{z}^* = \operatorname{argmin} Q(\mathbf{y}(\mathbf{z})); \quad \mathbf{z}^* \in \Omega_{\square}$$

при наличии ограничений

$$\varphi_n(\mathbf{z}) \geq 0, \quad n = \overline{1, N_1}, \quad \mathbf{z} \in \Omega_{\square}$$

$$\varphi_n(\mathbf{y}) \geq 0, \quad n = \overline{1, N_2}, \quad \mathbf{y} \in \Omega_y$$

$$|W_{\max} - W_{\min}| = \Delta, \quad \max |\operatorname{grad} W| = A^{(i)},$$

где Ω_{Δ} – гиперкуб поиска вектора параметров оптимизации \mathbf{z} ; Ω_y – допустимая область эксплуатационных ограничений.

Сложность данной задачи приводит к необходимости разработки такого алгоритма формирования профиля ветра, в котором ограничения выполнялись бы автоматически и выработки такой стратегии поиска допустимых значений ΔW_{\max} и A , которая позволила бы перевести сформулированную задачу из класса условной оптимизации в класс безусловной оптимизации, что существенно упростит ее решение.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОГО ЗСУВУ ВІТРУ

О.М. Дмитрієв, Т.Р. Буран

Рішення проблеми безпеки польотів повітряних суден, при заході на посадку і злеті, багато в чому залежить від ураховання впливу на результат польоту позасистемного фактора, такого як зрушення вітру. Врахування впливу зсуву вітру на поведінку повітряного судна запропоновано проводити через поняття - профіль вітру. Дано визначення критичного профілю зсуву вітру, а також визначено метод пошуку параметрів зсуву вітру для критичного профілю. Аналіз впливу зсуву вітру на безпеку польотів, а так само спосіб підвищення безпеки польотів на етапах зльоту і посадки, дозволяє визначити подальші напрямки досліджень в області підвищення безпеки польотів повітряних суден в умовах зсуву вітру.

Ключові слова: складні метеоумови, зсув вітру, безпека польотів, льотні випробування.

THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE CRITICAL WIND SHEAR

O.N. Dmitriev, T.R. Buran

Addressing the safety of aircraft during landing and take-off, largely depends on the accounting impact on the outcome of the flight extra-systemic factors, such as wind shear. Accounting for the impact of wind shear on the behavior of the aircraft proposed to produce through the concept - wind profile. The definition of critical wind shear profile and a search method defined parameters for the critical wind shear profile. Analysis of the effect of wind shear on safety, as well as a way to improve safety during takeoff and landing, to determine the future directions of research in improving the safety of flights of aircraft in wind shear conditions.

Keywords: bad weather, wind shear, safety, flight tests.

Выводы

Изучению динамики движения воздушных судов при сдвиге ветра, определению рекомендаций членам экипажа, гарантирующих безопасность летной эксплуатации при попадании воздушного судна в область сдвига ветра, всегда уделялось должное внимание. За последние годы было разработано множество методов прогнозирования опасных метеоявлений в процессе полёта, однако экипаж до сих пор не имеет возможности располагать абсолютно точной и достоверной информацией о приближении сдвига ветра.

Одним немаловажным фактором является то, что каждый момент полета предельные значения сдвига ветра, при которых еще возможен благополучный исход полета, могут меняться, что усложняет задачу пилота. Поэтому, в силу многообразия факторов, вызывающих СВ, и отсутствие их физических моделей, особое внимание должно быть обращено исследованию критических профилей СВ.

Предлагаемый алгоритм позволит определить допустимые значения параметров СВ для широкого класса критических профилей ветровых возмущений, причина которых обусловлена разнообразными метеорологическими условиями их возникновения.

Список литературы

1. Руководство по сдвигу ветра на малых высотах: [Электронный ресурс]. // ICAO. 2013. – Режим доступа: <http://www.aerohelp.ru/data/432/Doc9817.pdf>.
2. Руководство по сдвигу ветра на малых высотах: [Электронный ресурс]. // ICAO. 2013. Режим доступа: <http://www.aerohelp.ru/data/432/Doc9817.pdf>.
3. Состояние безопасности полетов в мире: [Электронный ресурс]. // ICAO. 2013. Режим доступа: http://www.icao.int/safety/.../SEPT2013_final_web.pdf.
4. Шеридан Т.Е. Система человек – машина / Т.Е. Шеридан, У.Р. Феррел. – М.: Машиностроение, 1980. – 399 с.

Надійшла до редколегії 30.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.В. Хращевський, Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград.

УДК 623.765:681.513.6

П.П. Зуєв¹, О.О. Тімочко², О.В. Дудко³¹ *Повітряне командування «Південь», Одеса*² *Фірма Х1, Харків*³ *Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ*

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПОДАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ СИТУАЦІЙ ЧЕРГОВИМИ СИЛАМИ ОБ'ЄДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Проаналізовані основні особливості існуючої системи управління черговими силами і засобами протиповітряної оборони в об'єднанні Повітряних Сил. Запропоновані нові завдання, які необхідно вирішувати в процесі розпізнавання ситуацій у повітряному просторі. Обґрунтована необхідність розширення множини методів розпізнавання ситуацій у повітряному просторі. Показано, що повна автоматизація рішення задачі розпізнавання ситуацій у повітряному просторі можлива лише за умови використання нової інформаційної технології – технології експертних систем і систем ухвалення рішень у поєднанні з традиційними методами.

Ключові слова: прийняття рішень, чергові сили, розпізнавання ситуацій, повітряний простір, подання інформації, знання, кількісні та якісні ознаки.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. Результати останніх військових конфліктів у світі показали, що збільшені можливості сил і засобів повітряного нападу противника (як пілотованих, так і безпілотних) приводять до скорочення часу, що мають у своєму розпорядженні чергові сили об'єднання Повітряних Сил (ПС) у секторі прикриття повітряного простору на прийняття рішення. Своєчасна постановка завдань в таких умовах стає можливою тільки у близькому до реального масштабі часу.

Так, показано, що час на оцінку обстановки, підготовку необхідних пропозицій і ухвалення рішення на дії чергових сил в цілому може скласти 10-40 с у підрозділі зенітних ракетних військ (ЗРВ), до 1 хв у частині ЗРВ і 4-6 хв у об'єднанні ПС [1, 2]. Загальновідомо, що темп оновлення інформації повинен складати приблизно третину від часу на прийняття рішення. У зв'язку з цим задовільною величиною періоду оновлення інформації про повітряну обстановку можна вважати 10-15 с для командного пункту (КП) (чергових сил) підрозділу ЗРВ, до 20 с – КП частини ЗРВ і 1,5-2 хв – КП об'єднання ПС.

Очевидно, що з урахуванням існуючого часу на передачу команд управління і особливостей прийняття рішення на дії чергових сил, чергові розрахунки повинні мати для відображення дані обстановки, що прогнозується на 2-3 цикли управління вперед.

Вказане визначає необхідну швидкість відтворення повітряної обстановки на засобах відображення і час екстраполяції даних, і свідчить про істотне посилення впливу обмежень зі швидкодії ЕОМ із зростанням складності оперативно-тактичної обстановки, що відображається.

У роботах [3-5] показана можливість забезпечення чергових бойових розрахунків КП необхідними даними оперативно-тактичної обстановки при створенні в об'єднанні ПС інформаційної системи, що складається з таких стандартизованих компонентів:

а) засобів інформаційних технологій (наприклад, сучасні ЕОМ, планшети), використовуваних за автоматизовані робочі місця посадових осіб чергових бойових розрахунків;

б) системи передачі даних по каналах зв'язку і лініях міжмашинного обміну;

в) набору необхідних уніфікованих периферійних пристроїв;

г) типового комплексу загальносистемних і спеціальних програмних засобів, що адаптуються під вирішувані завдання і рівень управління.

Таким чином, аналіз існуючої системи управління черговими силами і засобами об'єднання ПС і її можливостей з несення бойового чергування свідчить про таке:

а) використання графоаналітичної методики при прийнятті рішень на застосування чергових сил характеризується великим запасом часу для оцінки обстановки, що значно впливає на оперативність;

б) відсутність засобів автоматизації знижує якість процесів управління черговими силами і засобами протиповітряної оборони;

в) необхідність об'єднанні ПС інформаційної системи на базі сучасних засобів інформаційних технологій, яка підвищить якість управління черговими силами.

Метою статті є обґрунтування пропозицій щодо удосконалення методів подання інформації при розпізнаванні ситуацій черговими силами об'єднання ПС.

Основна частина

Одним з основних шляхів підвищення оперативності управління військами (силами) і бойовими засобами є комплексна автоматизація процесів збору, зберігання, обробки і передачі інформації. З числа завдань, вирішення яких через їх трудомісткість доцільно покласти на засоби автоматизації, основне місце належить розпізнаванню ситуацій. Вони полягають у формуванні узагальнених висновків про поточну або прогнозовану ситуацію шляхом аналізу часткових відомостей про обстановку і результатів вирішення інших завдань розпізнавання [6, 7].

Підвищення оперативності обробки інформації в різних органах бойового управління за рахунок автоматизації вирішення завдань розпізнавання натрапляє при розробці автоматизованих систем управління (АСУ) військового призначення на ряд труднощів, обумовлених специфічними особливостями завдань цього класу.

Головною з них є так звана відкритість – неможливість складання вичерпної постановки завдання. Відкритий характер завдань розпізнавання обумовлений їх високою складністю і посилюється відсутністю адекватних засобів їх формалізації. Він виявляється в значній змінюваності постановок завдань розпізнавання впродовж циклу розробки програмних засобів, призначених для їх вирішення. Така змінюваність істотно утрудняє розробку автоматизованих систем, а в деяких випадках робить її взагалі неможливою.

Для того, щоб краще з'ясувати предмет завдання розпізнавання ситуацій, пропонуємо звернутися до абстрактної постановки завдання прийняття рішень при розпізнаванні ситуацій.

У процесі розпізнавання ситуацій повинні вирішуватися такі завдання:

- ототожнення (ідентифікація) повідомлень, що надходять від радіолокаційних джерел, з даними диспетчерського контролю про приналежність повітряних засобів;
- знаходження узагальнених оцінок координатних параметрів і некоординатних ознак повітряних засобів за ототожненими даними;
- класифікація ситуацій за об'єднаною інформацією.

У складі формалізованих повідомлень від джерел інформації присутня, як правило, координатна і некоординатна інформація.

Практично в усіх АСУ при ототожненні повідомлень використовуються, в основному, координатні дані, оскільки вони більш інформативні з погляду просторової ідентифікації окремих повітряних засобів. Ознакова інформація використовується лише для грубого ототожнення, а також для заборони ототожнення повідомлень з ознаками, що істотно

відрізняються (наприклад, «своїх» повітряних засобів з «чужими»).

Завдання знаходження узагальнених оцінок некоординатних ознак і класифікацій ситуацій у повітряному просторі традиційно вирішується особами бойових розрахунків з обмеженим використанням засобів автоматизації. При цьому прийняття важливих інформаційних рішень завжди є прерогативою чергових сил (людини).

Таким чином, відомі методи і алгоритми об'єднання інформації в АСУ не повною мірою використовують ознакову інформацію для ототожнення повідомлень. А при її узагальненні і прийнятті рішень про типи ситуацій, що виникають у повітряному просторі, використовують не всю сукупність ознак.

При вирішенні завдання розпізнавання фізичні невизначеності успішно враховувалися за допомогою методів теорії імовірності. Побудова організаційно-технічних систем, до яких відноситься і АСУ авіацією та ППО, привела до необхідності розширення множини методів розпізнавання, які дозволяли б обробляти інформацію, що надходить від людини на природній мові.

Інформація про деякі ознаки повітряних об'єктів може бути отримана за рахунок використання органів чуття, знання і досвіду людини, прямо або побічно, шляхом застосування експертних систем. Це вимушує, не дивлячись на властиві обмеження за точністю, розглядати людину і системи, що використовують знання, як спеціальні джерела інформації.

Об'єктивною реальністю, що існує при рішенні завдання розпізнавання ситуацій, є неповнота інформації про ознаки повітряних засобів. Це проявляється у відсутності значень частини ознак на даний момент часу; у багатозначності значень ознак; у невідповідності значень ознак реальності.

Таким чином, система об'єднання інформаційних потоків про повітряні засоби повинна мати і використовувати знання, які можна умовно розділити на дві групи:

- про властивості повітряних засобів і джерела інформації, що дозволяють визначати ці властивості;
- про внутрішню структуру ситуацій у повітряному просторі та їх взаємозв'язках.

Цим знанням, що отримуються від експертів, також можуть бути властиві неоднозначність, неповнота і суперечність.

Таким чином, дане завдання розпізнавання ситуацій є таким, що не формалізується за допомогою звичайних математичних методів, що спираються тільки на апарат теорії імовірності і математичної статистики.

Тому доцільно поєднувати статистичні методи рішення з методами, що дозволяють подавати й обробляти дані і знання спільно.

Наявність великої кількості чинників, що не формалізуються, впливає на результати рішень, що приймаються особами бойового розрахунку. Тому завдання побудови точної математичної моделі системи і пошуку оптимальних рішень стає практично нездійсненним. Вибір конкретної моделі може використовуватися лише як засіб отримання деякої додаткової інформації про повітряну обстановку. Людині зазвичай важко охопити всі кількісні характеристики повітряного засобу. Тому необхідно застосовувати методи якісного аналізу, що дозволяють проводити узагальнення кількісних характеристик повітряної обстановки, полегшують людині аналіз ситуацій, що виникають у процесі бойової роботи.

Принципова відмінність нового етапу розвитку інформаційно-керуючих систем полягає у використанні методів штучного інтелекту [6] і технології експертних систем [7].

Прогрес комп'ютерної технології спільно з досягненнями в області моделювання розумової діяльності людини дали нові методологічні можливості в області автоматизації управління. З'явилася принципово нова можливість оперувати в ЕОМ не тільки з кількісними даними, але й зі знаннями, отриманими, зокрема, від експертів.

З проведеного аналізу виходить, що повна автоматизація вирішення завдання розпізнавання ситуацій у повітряному просторі можлива лише на основі використання нової інформаційної технології – технології експертних систем і систем прийняття рішень у поєднанні з традиційними методами розв'язання часткових задач. Такий підхід дозволяє використовувати:

- досвід і можливості осіб бойового розрахунку у вирішенні даного класу завдань;
- знання висококваліфікованих експертів (фахівців) у проблемній області;
- алгоритми розв'язання часткових задач, засновані на традиційній технології і добре відпрацьовані на практиці.

Сучасні інформаційні технології дозволяють на більш високому рівні автоматизувати вирішення таких завдань:

- об'єднання різнорідних даних, що надходять від джерел різнотипних інформацій;
- виявлення нештатних ситуацій у повітряному просторі;
- класифікація ситуацій у повітряному просторі за ступенем небезпеки для об'єктів оборони об'єднання ПС.

Відомі статистичні моделі розпізнавання дозволяють обробляти лише дані із стохастичною невизначеністю. Системи розпізнавання, побудовані на основі подібних моделей, повинні використовувати дані від джерел інформації, що реалізують статистичні методи обробки сигналів.

У роботі [3] запропонована ідея сумісного вирішення завдань виявлення, супроводу і класифікації повітряних засобів з використанням координатної і некоординатної інформації. Для об'єднання даних від різнотипних джерел введена багаторівнева система алфавітів класів, формалізована у вигляді ієрархічного багаторівневого графа.

Розпізнавання із застосуванням методів теорії статистичних рішень дозволяють використовувати ознаки з імовірнісною мірою невизначеності.

Структурні моделі розпізнавання були розвинені з необхідністю вирішення завдань розпізнавання зображень. Специфіка області використання даних моделей не дозволяє їх застосовувати для вирішення розглянутого завдання.

У логічних системах розпізнавання [2] класи і ознаки розглядаються за логічні змінні, а всі відомості апріорного характеру про класи подаються у вигляді булевих співвідношень. Методи вирішення завдання розпізнавання в логічних системах засновані на побудові скороченого базису – таблиці зі всілякими комбінаціями значень істинності набору логічних елементів. Через значні обчислювальні витрати дані методи не можуть бути використані для вирішення даного завдання.

Розширенням логічних моделей розпізнавання з'явився алгебраїчний підхід [6] і розроблені на його основі алгоритми обчислення оцінок. Метою алгебраїчного підходу до завдань розпізнавання є отримання алгоритму, що забезпечує виділення з представлених даних всієї корисної інформації й отримання рішення, повністю відповідного його інформативності.

Недоліком таких систем розпізнавання є необхідність роботи з багатовимірними матрицями, покладеними в основу формалізованого опису класу. Для сучасних інтелектуальних систем через значну обчислювальну складність такий алгоритм побудувати неможливо.

Для обробки якісної інформації з нестохастичною невизначеністю в роботі [7] були розроблені способи об'єднання в єдину систему кінцевої множини автоматів, що розпізнають. Основна увага при цьому приділяється методам об'єднання інформації розпізнавання окремих кінцевих автоматів на рівні часткових рішень про класи об'єктів (процедури голосування). Обмеженість даних процедур тільки якісною інформацією також не дозволяє їх використовувати для вирішення поставленого завдання.

Для оцінки ступеня істинності розпізнаваного класу за кількісними ознаками запропоновано використання нечіткої логіки. Визначення ступеня істинності класів проводилося з використанням мір можливості і необхідності тверджень, інтерпретацією яких є апріорний і поточний розподіли значень відповідної ознаки. Проте для адекватності

опису класів розпізнаваних об'єктів переважнішим виявляється сумісне використання кількісних і якісних ознак.

Таким чином, для вирішення завдання розпізнавання ситуацій у повітряному просторі в умовах різномірності, неповноти даних про ознаки існує ряд окремих методів. Жодна з існуючих систем розпізнавання не враховує всіх особливостей вирішувального завдання, що породжує необхідність проведення додаткових досліджень.

Проте окремі методи і прийоми можуть бути використані для вирішення часткових завдань. До них відносяться:

- методи формалізації даних про поточні і апіорні значення кількісних і якісних ознак;
- подавання знань про опис класів ознаками в диз'юнктивно-кон'юнктивній формі подібно до логічних систем розпізнавання.

Висновки

Аналіз особливостей завдання розпізнавання ситуацій у повітряному просторі дозволяє зробити такі висновки.

1. Завдання може бути вирішене тільки на основі сумісної обробки поточних даних і розрахунково-планової інформації про повітряний засіб і знань у даній області.
2. Завдання вирішується, як правило, в умовах неповноти, невизначеності і суперечності вхідних даних і використовуваних знань.
3. Завдання, як правило, не підлягає строгій формалізації на основі традиційних математичних методів. При цьому з погляду постановки завдання воно є відкритим.
4. Завдання відрізняється складністю рішення, великою кількістю чинників, що впливають на рішення, і багатоваріантністю можливих рішень.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СИТУАЦИЙ ДЕЖУРНЫМИ СИЛАМИ ОБЪЕДИНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

П.П. Зуев, А.А. Тимочко, А.В. Дудко

Проанализированы основные особенности существующей системы управления дежурными силами и средствами противовоздушной обороны в объединении Воздушных Сил. Предложены новые задачи, которые необходимо решать в процессе распознавания ситуаций в воздушном пространстве. Обоснована необходимость расширения множества методов распознавания ситуаций в воздушном пространстве. Показано, что полная автоматизация решения задачи распознавания ситуаций в воздушном пространстве возможна лишь на основе использования новой информационной технологии – технологии экспертных систем и систем принятия решений в сочетании с традиционными методами.

Ключевые слова: принятие решений, дежурные силы, распознавание ситуаций, воздушное пространство, представление информации, знания, количественные и качественные признаки

SUGGESTION ON IMPROVEMENT OF METHODS OF PRESENTATION OF INFORMATION AT RECOGNITION OF SITUATIONS BY DUTY FORCES OF AIR COMMAND

P.P. Zhev, O.O. Timochko, O.V. Dudko

The basic features of the existent system of control by duty forces and facilities of air defense in the Air command are analyzed. New tasks which must be decided in the process of recognition of situations in air space are offered. The necessity of expansion of great number of methods of recognition of situations in air space is grounded. It is shown that complete automation of task decision of situations recognition in air space is possible only on the basis of the use of new information technology. Those technologies are technologies of consulting models systems and decision making systems in combination with traditional methods.

Keywords: decision making, duty forces, recognition of situations, air space, presentation of information, knowledge, quantitative and high-quality signs.

Тому пропонується для вирішення завдань розпізнавання ситуацій у повітряному просторі використовувати комбіновані методи – застосування методів експертних оцінок і теорії логіки у поєднанні з традиційними методами розв'язання часткових задач розпізнавання.

Список літератури

1. *Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: Монография / В.К. Бабич, Л.Е. Баханов, Г.П. Герасимов и др.; под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2005. – 815 с.*
2. Харук А. И. *Боевая авиация XXI века: Военная энциклопедия XXI / А.И. Харук. – М., 2011. – 304 с.*
3. Красовский А.А. *Системы автоматического управления летательных аппаратов / А.А. Красовский, Ю.А. Вавилов, А.И. Сучков. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986. – 286 с.*
4. Тарасов В.Г. *Основы теории автоматизированных систем управления / В.Г. Тарасов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1988. – 364 с.*
5. Рутковская Д. *Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский: Пер. с польск. И. Рудинского. – М.: 2006. – 385 с.*
6. *Разработка метода многоэтапной формализации знаний о процессе распознавания оперативно-тактических ситуаций / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, С.В. Кукобко, Ю.В. Данюк // Системи обробки інформації. – Вип. 5(103). – Х.: ХУПС, 2012. – С. 60–64.*
7. Королюк Н.О. *Особенности формализации лингвистических змінних, які використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехвату при призначенні впливів винищувачами на повітряні цілі / Н.О. Королюк, О.І. Тимочко, О.А. Коршун // Системи озброєння і військова техніка. Вип. 3(7). – Х.: ХУПС, 2006. – С. 36–39.*

Поступила до редколегії 10.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, доцент М.А. Павленко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

УДК 517.9:621.325.5:621.382.049.77

E.S. Kozelkova¹, M.A. Kosovets², L.M. Tovstenko³¹ National University Telecommunication, Kiev² SPE «Quantor», Kyiv³ V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Kiev**MODELING CONICAL HORN ANTENNA OF 3D TERAHERTZ FMCW RADAR**

Study the possibility of forming aperture of conical antennas, measurement of near and far-field antenna. Research the effect of the absorber on the size of the radiation pattern in the frontal area.

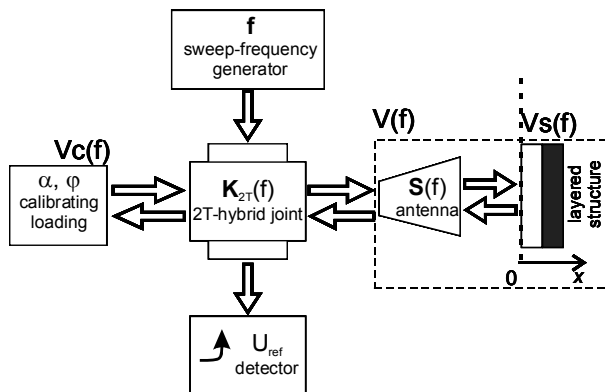
Keywords: digital spectral analysis, electromagnetic simulator, horn antenna, Maxwell's Equation, Method of Moments, Finite Elements Method, Finite Differences in the Time Domain, Finite Integration Technique.

Introduction

In scientific laboratories SPE "Quantor" designed and manufactured FMCW (Frequency Modulation Continuous Wave) radar with the following parameters: frequency band linear frequency modulation - from 92 GHz to 96 GHz; period (length of interval) - 1 ms; bit ADC - 16 to 32 bits; the number of cycles of accumulation - from 1 to 10000; Layers reflection - 3; distance to layers reflection - 0,095 m, 0,105 m, 0,106 m; wave propagation environment - air; the ratio of C / Sh - from 80 to 30 dB.

We used conical horn antenna. According to the theory of equivalence constructing antennas extend to higher frequencies in the terahertz range.

To study the main characteristics of the various methods of spectral estimation parameters of signals were field tested in order to create a test model determine harmonic signal.



The reflection coefficient of “antenna-layered structure”:

$$V(S_1, S_2, S_3, V_S) = S_1 + \frac{S_2 V_S}{1 - S_3 V_S},$$

where S_1, S_2, S_3 are the coefficients of model; V_S – the reflection coefficient of the medium

$$S_1 = S_{11}^A, \quad S_2 = S_{12}^A \cdot S_{21}^A, \quad S_3 = S_{22}^A,$$

where $S^A[2 \times 2]$ – the scattering matrices of the antenna

$$(S_1, S_2, S_3)^* = \inf_{|S_i| < 1} F_3(S_1, S_2, S_3),$$

the goal function:

$$F_3(S_1, S_2, S_3) = \sum_{i=0}^{N_x} \left| V_{et}^{ex}(x_i) - V(S_1, S_2, S_3, V_{set}^{th}(x_i)) \right|^2,$$

where $|V_{set}^{th}| = 1$, $\arg(V_{set}^{th}) = 2 \cdot 2\pi x / \lambda_0$ – theoretical reflection coefficient of the medium; V_{et}^{ex} – the experimentally measured reflection coefficient of the medium.

Conical Horn Antenna Simulation**1. Formulation of the problem**

The selection of high-frequency components (antennas, filters, packages and more) is heavily dependent on computer-aided design (CAD). Electromagnetic (EM) simulators are useful tools for reducing time and cost design. In many cases a proper usage of a EM simulator permits to obtain the required parameters even at the first prototype realized. However, EM simulation as a numerical process suffers from systematic and random errors. Thus the setting of the EM simulator such as a frequency range, mesh properties, bounding box dimension, usage of PEC walls etc. has to be done with the highest attention and the simulation results have to be always verified and carefully analyzed.

EM simulators have at least one Maxwell's Equation (ME) solver. Simulators can be categorized on the basis of their solution method: Integral Equations (IE) solved by Method of Moments (MoM), Finite Elements Method (FEM), Finite Differences in the Time Domain (FDTD), and Finite Integration Technique (FIT) [1].

Although all these methods are valid, it is important to understand limits and scopes of each solvers. Using a specific solver, well designed for a particular electromagnetic problem, can time of computation can be greatly reduced. So a carefully survey of the simulation scenario it's necessary to decide the best solver to use.

MoM solves ME in integral form; the electromagnetic problem is described in terms of unknown currents flowing on the object to be simulated. The coupling between fields and current is obtained through a Green's function which includes the electromagnetic influence of

the complete infinite “background” environment. By this way the solution is accurate in every point of the background environment. Through analytic expression is possible to obtain far-field radiation.

Boundary equations expressing the physical nature of the object to be described (conductivity on a conductor, permittivity in a dielectric part of the object), are enforced. This is either done at the boundaries of volumes or inside the entire volumes themselves. IE-MoM gives rise to a dense matrix equation, which can be solved using standard matrix algebra technology.

MoM solvers operate in frequency domain, so it's needed to simulate at each frequency of interest. Like others frequency domain solvers MoM is not well suited for broadband problem. A time domain solver instead doesn't need this “sweep” frequency instead and can simulate in a wider frequency range with better performance.

For large electric structure MoM needs to solve a very dense matrix, that needs a huge amount of memory. De facto this limits MoM solvers for very complex structure and is instead well suited for open regions problems.

Furthermore, inhomogeneous materials are another weakness of MoM solvers. The dielectrics' inhomogeneity of the environment has to be described by Volume Integral Equations, leading to a number of unknowns proportional to the size of the object's volume + environment. Even if, in these cases, the number of unknowns in these cases is still below the number of unknowns for differential equation techniques, the dense coupling matrix of the IE-MoM technique requires much higher computational resources and in practice prohibits its use.

For simulations which involve complex structure and/or inhomogeneous material differential solvers are more advisable. The most popular differential methods are the Finite Element Method (FEM) and the Finite-Difference Time Domain method (FDTD). Since the number of unknowns is proportional to the volume and the resolution considered, differential equation methods are particularly suitable for modeling small full three-dimensional electromagnetic problems which have complex geometrical details and problem with wide band of interest.

FEM subdivides space in elements, for example tetrahedral. Fields inside these elements are expressed in terms of a number of basic functions, for example polynomials. These expressions are inserted into the functional of the equations, and the variation of the functional is made zero. This yields a matrix eigenvalue equation whose solution yields the fields at edges of the elements. FEM normally is formulated in the frequency domain, i.e. for time-harmonic problems. This means that, as for IE-MoM, the solution has to be calculated for every frequency of interest. FDTD method is based upon time relation between fields E and H. From ME is known that the time derivative of the H-field is dependent on the curl of the E-field, and the time derivative of the H-field is dependent on the curl of the E-field. FDTD can compute

the E field and the H one at any time using previous stored values of the fields. Obviously, time co-ordinate and space domain are discretized. For discretization of space is used Yee cell which can be described like a cube; the electric field components form the edges of the cube, and the magnetic field components form the normal's to the faces of the cube. So it's clear that the fields are dependent not only by the previous stored value but also from the values of adjacent Yee cells [2].

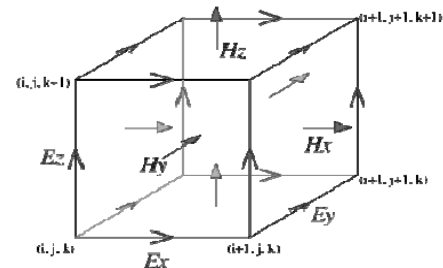


Fig. 1. Yee Cell in Cartesian grid: i, j and k are space indexes of the three-dimensional Yee lattice

The recursive method used for finding solution of ME can lead to instability so solvers need to provide an upper bound on the time-step to ensure numerical stability. Another solution is to stop simulation when EM energy in time domain fall below a certain threshold, in this case is obviously needed a pulsed excitation and not a periodic one. For our simulation we use commercial tool CST MWS that use a modified version of FDTD called FIT (transient solver). This solver uses integral form of ME and it's the most important difference between FIT and FDTD. Transient solver is a good choice in our scenario due to high frequency of simulation and small dimensions of horn antenna.

2. Antenna Design

Our horn antenna model has been designed using CAD tools provided in CST MWS. The geometrical parameter, and their value in mm, are summarized in the table 1 and shown in fig. 3, 4 and 5. Antenna is fed by a non-standard rectangular waveguide, 2.32x0.98 mm. The closer standard waveguide is the WR-8, 2.032x1.016 mm, designed to work in 90-140 GHz frequency band [3]. Due to the greater width we expect it works well in 92-96 GHz band1, i.e. the frequency sweep of our microwave source.

Table 1

Geometric Parameters of Antenna

Name	Value [mm]	Description
L1	28.2	Horn Length
L2	3.6	Cylinder Length
L3	3.2	Flange Length
R1	9	Extern Radius of Horn Mouth
R2	8	Internal Radius of Horn Mouth
R3	3	Cylinder Radius
a	2.32	Waveguide Width
b	0.98	Waveguide Height
l	18	Flange Side
h	1	Chamfer Width

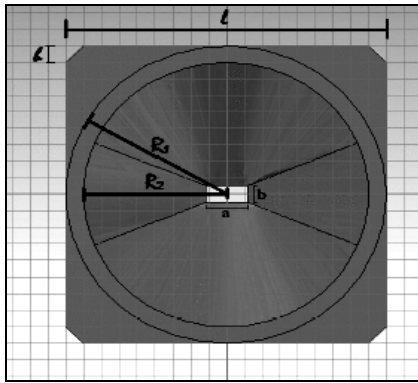


Fig. 2. Horn Antenna - Front View

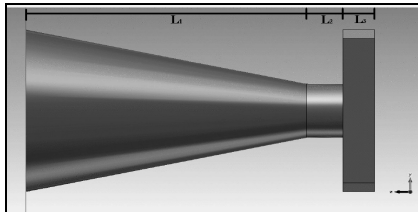


Fig. 3. Horn Antenna - Lateral View

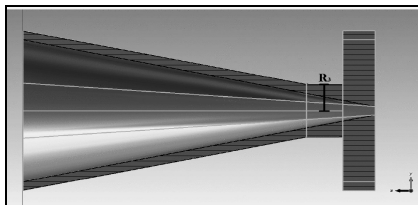


Fig. 4. Horn Antenna - Cut Plane in YZ Plane

Feed source has been designed with a waveguide-port using pick point feature to match edges of input waveguide. Horn antenna has been designed with flange and cylinder junction to obtain a more accurate simulation.

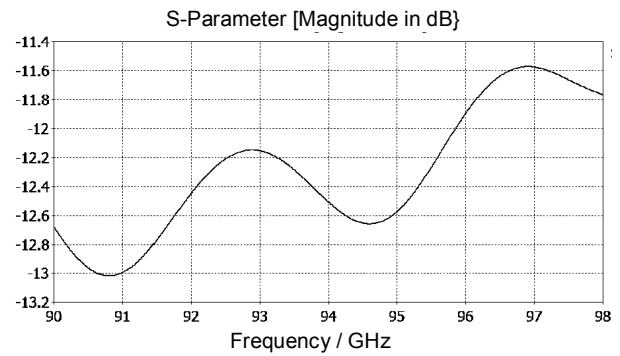


Fig. 5. S11 for Horn Antenna

3. Near and Far-Field Regions

We are interested both far-field and near field patterns. Calculating the Fraunhofer distance we find that the transition zone is more or less at 2.5 meters far from horn mouth. A post-processing tool has been utilized to obtain near field patterns. We have computed patterns at some distances from horn mouth. The closer pattern is 1.25 cm far from horn mouth, which is the minimum distance possible to obtain through the tool. The farther pattern is 28.25 cm far from horn mouth, maximum distance of our interest.

4. Far Field Result

Antenna is well matched in the frequency of our interest. In 92-96 GHz band S11 is always under 11 dB, see fig. 4. The computed total efficiency is 0.7908 @ 92 GHz, 0.7640 @ 94 GHz and 0.7418 @ 96 GHz. Directivity is 22.01 dBi @ 92 GHz, 22.37 dBi @ 94 GHz and 22.30 dBi @ 96 GHz.

Far fields radiation patterns are shown for 92, 94 and 96 GHz in XZ and YZ planes (Fig. 6 – 11).

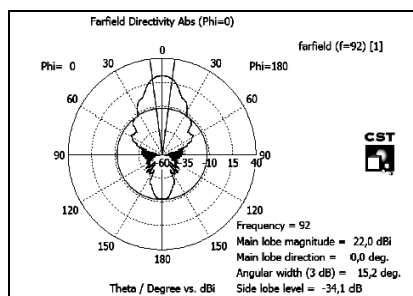


Fig. 6. Far-Field pattern, 92 GHz, XZ plane

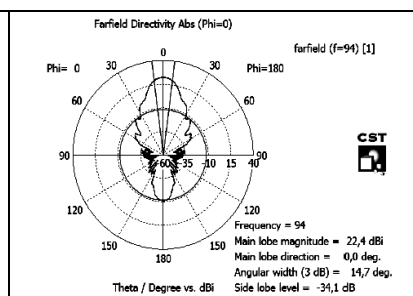


Fig. 7. Far-Field pattern, 94 Hz, XZ plane

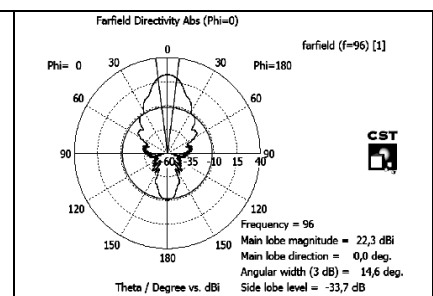


Fig. 8. Far-Field pattern, 96 Hz, XZ plane

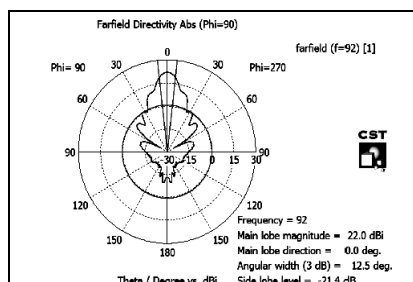


Fig. 9. Far-Field pattern, 92 GHz, YZ plane

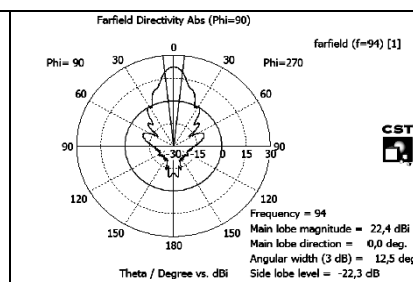


Fig. 10. Far-Field pattern, 94 GHz, YZ plane

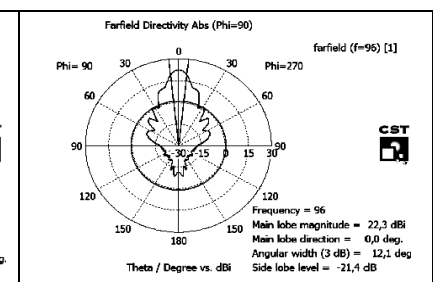


Fig. 11. Far-Field pattern, 96 GHz, YZ plane

5. Near Field Result

A post processing tool has been used to obtain near-field patterns at various distance from horn mouth at 94 GHz. Angular width and spot radius (3 dB) are summarized in table 2. A comparison of the patterns is shown in fig. 12 and 13.

Origin of the post-processing tool for near-field patterns is inside horn, 1.75 cm far from horn mouth. So it is necessary to add this length to distances showed in table 2 for the calculation of the spot size.

Table 2

Angular Width and Spot Radius (3 dB)

1	XZ plane (N=0°)		YZ plane (N=90°)	
	2	3	2	3
1.25	20.8	0.55	24.9	0.66
2.25	11.2	0.39	19.8	0.69
3.25	10.9	0.48	12.9	0.57
4.25	11.3	0.59	11.5	0.60
5.25	11.7	0.72	11.3	0.69
6.25	12.0	0.84	11.2	0.78
7.25	12.3	0.97	11.3	0.89
8.25	12.5	1.10	11.3	0.99
13.25	13.2	1.74	11.6	1.52
18.25	13.5	2.36	11.8	2.07
28.25	13.9	3.65	12.0	3.155

1 – Distance [cm]. 2 – Angular Width [degrees]. 3 – Spot Radius [cm].

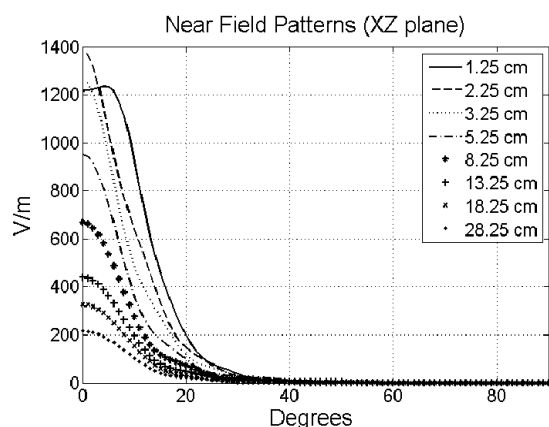


Fig. 12. Near-Field Pattern, XZ plane, 94 GHz

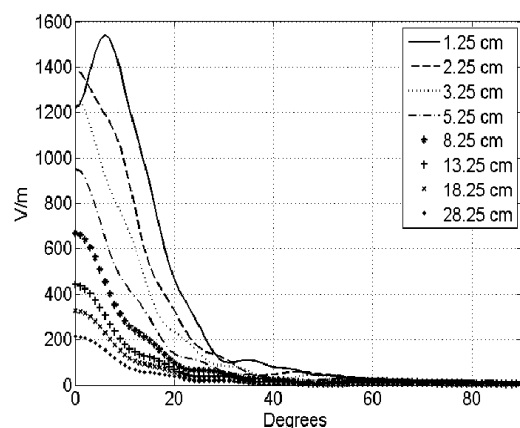


Fig. 13. Near-Field Pattern, YZ plane, 94 GHz

6. Near Field Result with Absorber

Horn Antenna has been simulated inside a microwave absorber, see fig. 14. Geometric dimensions of the absorber have been measured and an appropriate CAD model has been designed with these measures. In particular radius of the hole in front of horn mouth is 8 mm and the whole absorber is 12 cm high (from one tip to base). Electromagnetic parameters, instead, have been estimated with an analytical model (dispersion fit 2nd order) due to the impossibility of the manufactures of the microwave absorber to provide us electromagnetic measures at ~100 GHz. Some values of real part of complex electrical permittivity R' and conductivity T necessary for analytical model have been taken from literature [4].

Angular width and spot radius (3 dB) are summarized in table 3. A comparison of the patterns is shown in fig. 15 and 16. Distance refers to the horn mouth. Minimum distance achievable through post processing tool is 13.25 cm far from horn mouth.

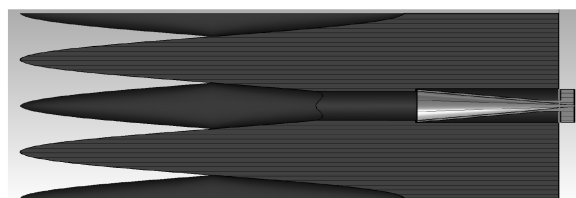


Fig. 14. Lateral View of Horn Antenna inside Absorber

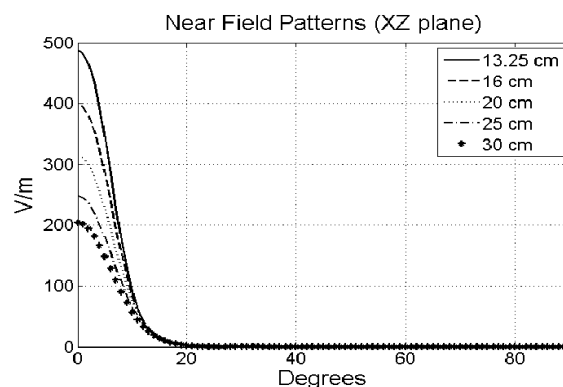


Fig. 15. Near-Field Patterns, XZ plane, 94 GHz with Absorber

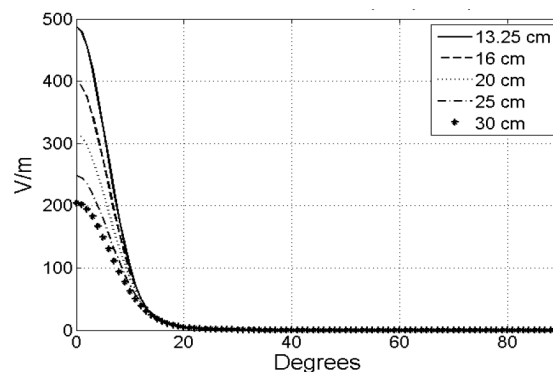


Fig. 16. Near-Field Patterns, YZ plane, 94 GHz with Absorber

Table 3
Angular Width and Spot Radius (3 dB) with Absorber

1	XZ plane (N=0°)		YZ plane (N=90°)	
	2	3	2	3
13.25	9.8	1.28	9.0	1.18
16	10.0	1.55	9.4	1.46
20	10.2	1.94	9.8	1.86
25		2.41	10.2	2.39
30	10.4	2.88	10.5	2.92

1 – Distance [cm]. 2 – Angular Width [degrees]. 3 – Spot Radius [cm].

7. Near Field Patterns with and without Absorber

Next figures show a comparison between near field patterns with and without absorber for each distances of our interest in both planes XZ and YZ, see Fig. 17.

Spot size without absorber and percentage reductions obtained through absorber are summarized in and table 4.

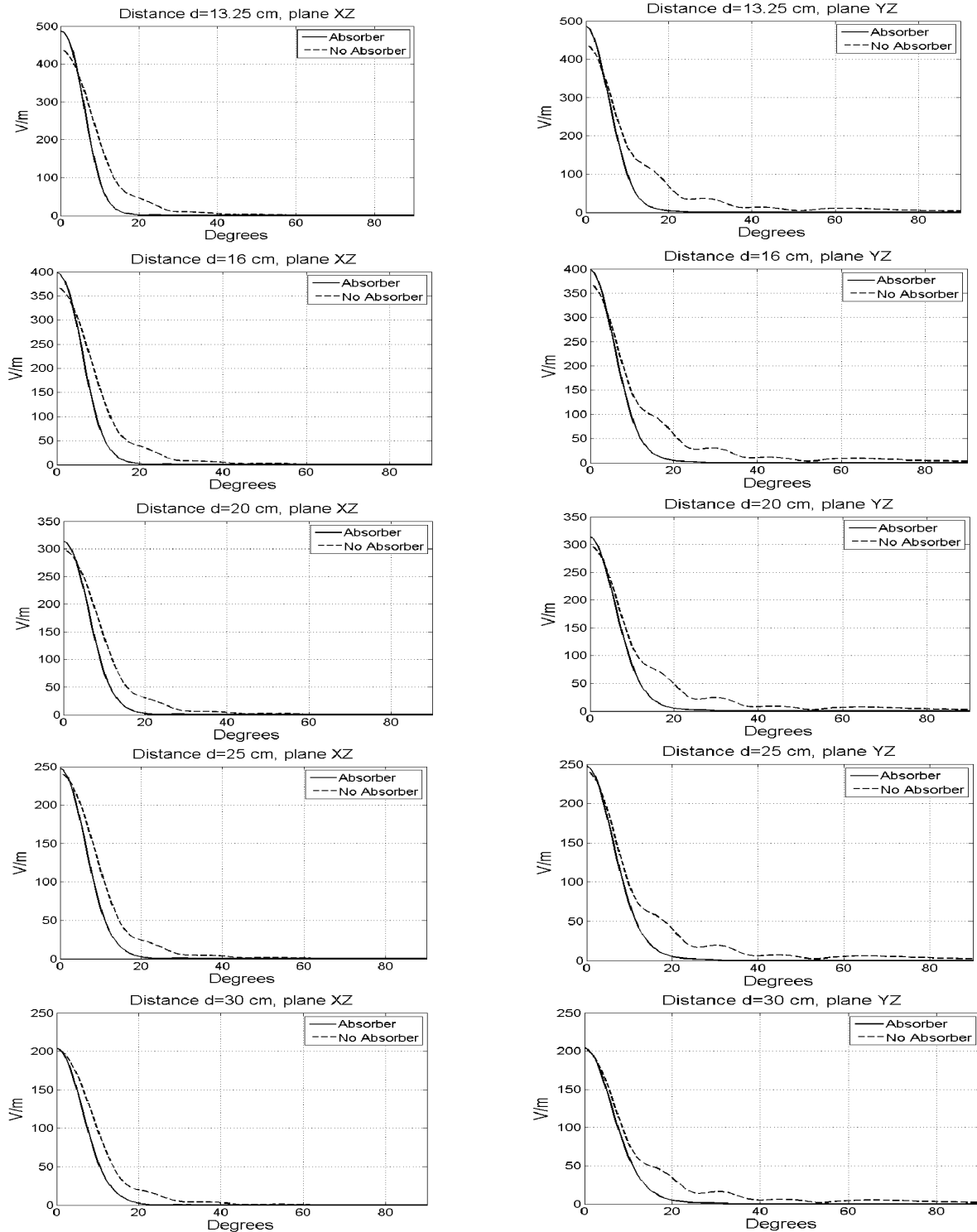


Fig. 17. A comparison between near field patterns with and without absorber for each distances of our interest in both planes XZ and YZ

Table 4

Spot Size without Absorber and Percentage Reduction				
Distance [cm]	XZ plane (N=0°)		YZ plane (N=90°)	
	Angular Width [degrees]	Spot Radius [cm]	Angular Width [degrees]	Spot Radius [cm]
13.25	1.74	26.1	1.52	21.8
16.2	08	25.5	1.82	19.7
20	2.59	25.1	2.25	17.0
25	3.23	25.4	2.79	14.3
30	3.89	26.0	3.34	12.5

Conclusions

We have simulated antenna in the far field region. Directivity is 22 dBi almost constant in the 92-96 GHz band, total efficiency is between 79% and 74%, and S11 is always under 11 dB. Near field patterns show us that the optimal distance which minimizes spot radius is approximately between 2.25 and 3.25 cm far from horn mouth. At this distance we can obtain an elliptical spot size with major semi-axis 0.63 ± 0.06 cm long and minor semi-axis 0.44 ± 0.05 cm long. A relative minimum is present in the near field patterns, in both planes, at $x=0^\circ$ when field is simulated with a 1.25 cm distance from horn mouth, then a really carefully position of antenna is necessary.

Using a microwave absorber appropriately placed (see figure 12) is possible to obtain reduction of the spot size. An approximately constant reduction of 25% is achievable in XZ plane. In YZ plane maximum reduction is 21.8 % at a distance of 13.25 cm far from horn mouth. With greater distance, reduction of the spot size achievable is lesser.

References

1. Guy A. E. Vandenbosch and Alexander Vasylenko. *Microstrip Antennas*, edited by Nasimuddin. Chapter 21: *A Practical Guide to 3D Electromagnetic Software Tools*.

2. Website: http://en.wikipedia.org/wiki/Finite-difference_time-domain_method.

3. Website: <http://www.microwaves101.com/encyclopedia/waveguidedimensions.cfm>

4. Jean-Michel Thomassin, a Christophe Pagnoulle, b Lukasz Bednarz, c Isabelle Huynen, c Robert Jerome a and Christophe Detrembleur a. *Foams of polycaprolactone/MWNT nanocomposites for efficient EMI reduction*, a: *Center for Education and Research on Macromolecules, University of Liege*, b: *Physiol S.A., Pare Scientifique du Sart-Tilman*, c: *Microwave Laboratory, University Catholique de Louvain*.

5. Kosovets M., Pavlov O., Smirnov V. *Otsenivanie parametrov charakteristicheskikh funktsiy 3D Terahertz radar// Sbornik tez VI World scientific and technique symposium «New technology in telecommunications» (DUIKT-Carpathians'2013)*, 21—25 January 2013, pp. 174—179.

6. W. Knap, N. Kosovets, A. Drobik. *Signal processing 3D Terahertz Imaging FMCW Radar for the NDT of material. Sbornik tezov VI Mezhdunarodnogo nauchno-technicheskogo simpoziuma. «Novie tehnologii v telekomunikatsiyach»*. GUIKT-KARPATY'2013 – Karpaty, Vichcov. 21-25 yanvarya 2013 g. P.154-156.

Надійшла до редколегії 18.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНИЧЕСКОГО РУПОРА АНТЕННЫ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО FMCW-РАДАРА

Е.С. Козелкова, Н.А. Косовец, Л.М. Товстенко

Исследована возможность формирования апертуры конических антенн, измерены ближнее и дальнее поля антенны. Исследовало влияние поглотителя на размер диаграммы направленности во фронтальной области.

Ключевые слова: цифровой спектральный анализ, электромагнитный имитатор, рупор антенны, уравнение Максвелла, метод моментов, метод конечных элементов.

МОДЕЛЮВАННЯ КОНІЧНОГО РУПОРИ АНТЕНИ 3D ТЕРАГЕРЦОВОГО FMCW-РАДАРА

К.С. Козелкова, М.А. Косовець, Л.М. Товстенко

Досліджено можливість формування апертури конічних антен, виміряні ближнє і далеке поля антени. Досліджено вплив поглиначу на розмір діаграми спрямованості у фронтальній області.

Ключові слова: цифровий спектральний аналіз, електромагнітний імітатор, рупор антени, рівняння Максвелла, метод моментів, метод кінцевих елементів.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА В СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА

В статье показано, что алгоритм управления доступом к среде зачастую представляет собой «узкое место» всей сети радиодоступа и существенно снижает ее потенциальную производительность. Дается классификация и сравнительный анализ методов множественного доступа. Показано преимущество использования комбинированного метода множественного доступа к среде передачи.

Ключевые слова: алгоритм управления, сеть радиодоступа, методы множественного доступа

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. В современном обществе сети радиодоступа (СР) играют роль ускорителя развития информационных технологий. Бесспорными лидерами на рынке технологий, использующих каналы множественного доступа, являются протоколы региональных (городских) и локальных сетей. Однако часто возникает ситуация, в которой алгоритм управления доступом к среде зачастую представляет собой «узкое место» всей системы связи и существенно снижает ее потенциальную производительность [1, 2]. Это обуславливает актуальность совершенствования методом множественного доступа (МД).

Цель работы. Сравнительный анализ методов множественного доступа в сетях радиодоступа.

Основная часть

Метод доступа существенным образом определяет основной показатель сети радиодоступа – пропускную способность.

К настоящему времени используется большое число разнообразных методов МД. Они различаются способом распределения коллективного ресурса канала (фиксированный или динамический), природой процессов принятия решения (централизованные или распределенные), а также степенью адапта-

ции режима доступа к изменяющимся условиям. Все существующие методы МД можно сгруппировать и выбрать в качестве основания классификации способ управления распределением ресурса общего канала (рис. 1).

При случайном МД весь ресурс канала связи представляется как один канал, доступ в который происходит случайно. Корреспондентам предлагается совершить определенную последовательность действий с целью разрешения конфликта. Каждый пользователь при необходимости может передавать данные в канал, не выполняя явного согласования с другими пользователями.

Возможны два варианта реализации стратегии случайного доступа: без контроля несущей и с контролем несущей.

Случайный доступ без контроля несущей состоит в том, что при необходимости передачи данных терминал пользователя сразу начинает передачу пакетов. Поскольку пакеты передаются без синхронизации между собой, то возможно их наложение, что вызывает взаимные помехи. При возникновении такого конфликта, подтвержденного сигналом обратной связи, терминалы повторяют передачу искаженных пакетов. Во избежание повторения конфликтов промежутки времени до начала повторной передачи на каждом терминале выбираются случайно.

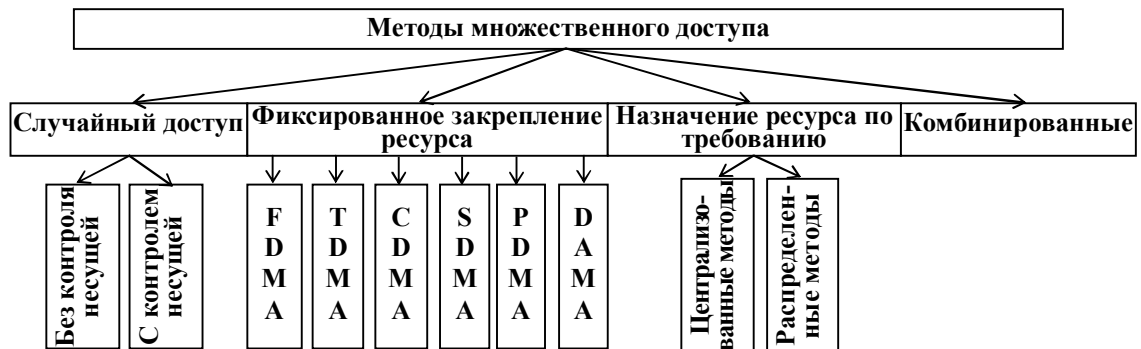


Рис. 1. Методы множественного доступа

Случайный доступ с контролем несущей предполагает возможность контролировать наличие передачи информации другими корреспондентами. К недостаткам методов случайного доступа можно отнести наличие «коллизий», вероятность которых увеличивается с увеличением числа абонентов и наличие дополнительных процедур, что снижает суммарную пропускную способность сети.

Протоколы фиксированного закрепления ресурса канала обеспечивают статическое распределение ресурса канала между пользователями.

МД с частотным разделением каналов (FDMA - Frequency Division Multiple Access). Полоса частот, выделенная под радиоканал, делится на более узкие полосы (субканалы), между которыми устанавливаются защитные полосы. При такой организации радиоканала каждому абоненту выделяется свой (отдельный) частотный субканал. Для уменьшения соканальных помех используются более эффективные методы модуляции, улучшаются характеристики фильтра, вводятся защитные интервалы.

Число пользователей на одну базовую станцию (сектор) рассчитывается как

$$N_a = \Delta F / (\Delta f_k + \Delta f_z),$$

где Δf_k - полоса частот, занимаемая полезным сигналом, нормируется по уровню -20 дБ от максимального значения спектральной плотности; Δf_z - защитный интервал, служащий для снижения уровня помех по соседнему каналу до допустимого значения.

Эффективность использования частотного ресурса данного метода оценивается как:

$$k = \Delta f_{kan} / \Delta f,$$

где Δf_{kan} - частотный ресурс канала, Δf - частотный ресурс базовой станции.

Дальнейшим развитием данного метода является использование режима OFDMA - МД с ортогональным частотным разделением каналов. В этом методе доступа ортогональные частотные субканалы могут частично перекрываться, что позволяет более эффективно использовать выделенный частотный ресурс. В современных системах беспроводного доступа, использующих режим OFDMA, на одного абонента может выделяться несколько субканалов, как правило, распределенных (то есть не обязательно соседних) внутри общего радиоканала.

Недостатком МД с частотным разделением каналов есть низкая эффективность использования частотного ресурса.

МД с временным разделением каналов (TDMA - Time Division Multiple Access). Все абоненты работают в общем радиоканале, но в разные (свои) временные интервалы, выделяемые для каждой работающей абонентской станции. Также широко применяются комплексные методы множественного

доступа, например, OFDM/TDMA. В этом случае формируется частотно-временная матрица, в которой каждому абоненту выделяются свои частотно-временные слоты.

Общее число абонентов для TDMA схемы определяется выражением

$$N_a = T / (T_k + T_z).$$

Недостатком МД с временным разделением каналов есть низкая эффективность использования частотного ресурса.

Способы FDMA и TDMA обеспечивают одинаковую скорость передачи при равном числе абонентских станций (АС). Задержка передачи для FDMA равна задержке распространения T_r радиоволны от АС к базовой станции (БС), а для TDMA - к задержке распространения добавляется время ожидания передачи T_o :

$$T_z = T_r + T_o = T_r + \left(\frac{T}{2}\right) \left(1 - \frac{1}{N_a}\right).$$

Технология кодового доступа (CDMA - Code Division Multiple Access) основана на применении широкополосных сигналов, сформированных с использованием псевдослучайных последовательностей. При этом методе для каждого абонента в общей полосе частот формируется отдельный кодированный канал. Основными преимуществами CDMA являются конфиденциальность, борьба с замираниями, повышение помехоустойчивости

Недостаток метода - низкий коэффициент использования частотного ресурса при большом числе абонентов.

Дальнейшее повышение эффективности применения частотно-территориального ресурса связано с повторным использованием частот благодаря методам пространственного и поляризационного разделения каналов (SDMA и PDMA), которые реализуются за счет свойств антенных систем.

МД с пространственным разделением каналов (SDMA - Space Division Multiple Access), который разделяется на следующие технологии:

- MISO (Multiple Input Single Output) - многоэлементная антенная система на прием, одноэлементная - на передачу;
- MIMO (Multiple Input Multiple Output) - многоэлементные антенные системы на прием/передачу;
- AAS (Adaptive Antenna System) - адаптивные антенные системы.

При этом для первых двух технологий для каждого абонента в общей полосе частот формируются отдельные кодированные каналы, что позволяет эффективно использовать частотный ресурс. Применение же цифровых антенных решеток (третья технология) позволяет в соответствии с заложенным

алгоритмом формировать требуемые диаграммы направленности, как на прием, так и на передачу (например, сформировать максимум ДНА в направлении на источник передачи информации и минимум на источник помех), что существенно расширяет возможности этого метода МД. В этом случае обеспечивается пространственный метод разделения абонентов (пространственный МД). Однако это требует организации значительного числа пространственных каналов и, как следствие, значительных геометрических размеров антенной решетки.

Методы назначения ресурса по требованию позволяя избавиться от недостатков, присущих вышеперечисленным методам, но предполагают подробную и четкую информацию о требованиях пользователей сети.

По природе процессов принятия решения методы назначения ресурса по требованию подразделяют на централизованные и распределенные.

Централизованные методы назначения ресурса по требованию, характеризуются наличием запросов на передачу со стороны терминалов источника сообщения. Принятие решения о предоставлении ресурса осуществляется центральной станцией.

Распределенные методы назначения ресурса по требованию отличаются тем, что все пользователи производят одни и те же операции, не прибегая к помощи центральной станции, и используют дополнительную служебную информацию, которой обмениваются друг с другом. Все алгоритмы с распределенным управлением требуют обмена управляющей информацией между пользователями. Комбинированные методы представляют собой комбинации предыдущих методов распределения ресурса, и реализуют стратегии, в которых выбор метода является адаптивным для различных пользователей с целью получения характеристик используемого ресурса канала, близких к оптимальным. В качестве критерия оптимальности, как правило, принимается коэффициент использования пропускной способности канала. На основе протоколов данного типа

осуществляется подстройка параметров под конкретную обстановку в сети.

В общем случае максимальный эффект дают комбинированные методы разделения каналов, использующие все физические признаки радиосигналов, такие как частота, время, пространство и поляризация.

Эффективность методов разделения каналов оценивают количеством одновременно действующих абонентов N_a и степенью использования пропускной способности

$$\eta_{N_a} = \sum_{i=1}^{N_a} C_i / C,$$

где C - пропускная способность БС при $N_a = 1$; C_i - пропускная способность i -й АС.

Таким образом, каждый из рассмотренных способов распределения ресурса обладает достоинствами и недостатками.

На практике целесообразно иметь всю совокупность методов и осуществлять адаптивный переход от одного метода к другому при определенных изменениях рабочих условий [4].

Вывод

Сравнительный анализ показал, что наиболее эффективными методами МД есть комбинированные (адаптивные) методы, основой которых есть пространственный метод множественного доступа.

Список литературы

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. – М.: Экотрендз, 2005. – 384 с.
2. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, испр. и доп. / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.

Надійшла до редколегії 18.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.І. Обод, Харківський Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ У МЕРЕЖАХ РАДІОДОСТУПУ

О.С. Мальцев

У статті показано що алгоритм управління до середовища частенько є «вузьким місцем» усієї мережі радіодоступу та суттєво знижує її потенційну продуктивність. Дається класифікація та порівняльний аналіз методів множинного доступу. Показано переваги використання комбінованого множинного доступу до середовища передачі.

Ключові слова: алгоритм управління, мережа радіодоступу, методи множинного доступу.

COMPARATIVE ANALYSIS MULTIPLE ACCESS TECHNIQUE NETWORKS RADIO

O.S. Maltsev

The article shows that the medium access control algorithm is often a "bottleneck" of the entire radio network and significantly reduces its potential performance. The classification and comparative analysis of multiple access methods. The advantage of using a combined technique of multiple access to the transmission medium.

Keywords: the control algorithm, the radio access network, a multiple access method.

УДК 621.382(024)

В.В. Печенин, К.А. Щербина, М.А. Вонсович, Ю.В. Съедина

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СЛЕДЯЩЕГО ПРИЕМА ДОПЛЕРОВСКОГО СИГНАЛА, ФОРМИРУЕМОГО ПРОТЯЖЕННОЙ ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Цель выполненных в работе исследований состояла в улучшении показателей качества приема и обработки доплеровского сигнала с детерминированной основой спектра, обусловленной скоростью движения ЛА, наличием аддитивных помех и влиянием радиофизических свойств подстилающей поверхности. Разработанный метод основанный на использовании резонансного фильтра с модулируемой емкостью, которая обеспечивает увеличение помехоустойчивости по сравнению с методом следящего гетеродина в пределах 2...3 дБ.

Ключевые слова: следящий доплеровский фильтр, фильтрация, модулированный фильтр, показатели качества, следящий прием, частота.

Введение

Общая тенденция дальнейшего развития и совершенствования доплеровских радиотехнических систем, связана с поиском новых методов и совершенствованием существующих в целях улучшения качественных показателей приема приема и обработки сигнала, наблюдаемого на входе резонансного тракта радиотехнической системы в присутствии аддитивной нормальной помехи.

Достижение требуемых показателей точности доплеровских измерений при наличии помех и искажений параметров доплеровского сигнала (амплитуды, частоты, фазы и т.д.), формируемого за счет отражений зондирующего сигнала (непрерывного, частотно-модулированного, импульсно-модулированного и т.д.), обеспечивается прежде всего применением узкополосного следящего приема и обработки наблюдаемого входного сигнала и шума [1 – 3].

Анализ моделей доплеровского сигнала, формируемого подстилающей поверхностью показывает, что наблюдаемый на входе системы доплеровский сигнал при облучении отражающей поверхности непрерывным гармоническим сигналом, представляет собой амплитудно-частотно-модулированное колебание [8] с детерминированной основой, равной регулярному доплеровскому смещению частоты, обусловленному скоростью (или ее изменениями) летательного аппарата (ЛА) и спектром возникающим в результате отражений от случайной радиофизической структуры подстилающей поверхности (набором светящихся точек), ограниченной по геометрическим размерам облучаемой площадки за счет угловых параметров антенной системы (ширины диаграммы в азимутальной и угломестной плоскостях, наклона диаграммы к облучаемой поверхности, дальности между ЛА и поверхностью и т.д.).

При этом сама процедура узкополосной фильтрации осуществляется следящим доплеровским

фильтром (СДФ) – перестраиваемым следящим гетеродином во всем диапазоне возможных изменений частоты (F_d), являющийся детерминированной основой средней доплеровской частоты с учетом спектральной структуры сигнала. Процессу слежения всегда предшествует процесс поиска и захвата средней доплеровской частоты, осуществляемый отдельной вспомогательной схемой [3].

Однако процедуру узкополосной следящей фильтрации можно осуществить и другим известным путем, а именно замещением следящего гетеродина модулированным фильтром (МФ). Соответственно метод приема и обработки доплеровского сигнала можно назвать методом модулированного фильтра.

Основные теоретические и практические результаты исследований МФ [9], применительно к его использованию в радиотехнических системах связи при передаче и приеме широкополосных частотно-модулированных (ЧМ) сигналов. Задача фильтрации в данном случае состоит в выделении наилучшим образом модулирующей функции – полезного сообщения. В нашем случае приема и обработки амплитудно-частотного доплеровского сигнала состоит в наилучшем выделении средней доплеровской частоты, дающей возможность измерения детерминированного значения скорости ЛА.

Подробный анализ приема ЧМ сигналов в каналах связи показывает, что различие в способе слежения приводит к принципиальным особенностям приема ЧМ сигнала методом МФ.

Основное различие двух методов следящего приема ЧМ сигнала (метода следящего гетеродина и метода МФ) состоит в том, что МФ каким бы узкополосным он не был не изменяет девиации частоты подводимого к нему ЧМ сигнала, т.е. сигнал на его выходе имеет ту же девиацию, что и на его входе.

Следящий гетеродин преобразует каждую синфазно с его частотой модулированную ЧМ состав-

ляющую сложного входного сигнала в гармоническую, т.е. исходная девиация частоты входного сигнала на выходе схемы следящего гетеродина не восстанавливается. В дальнейшем будет показано, что МФ осуществляет спектральную обработку составляющих спектра входного сигнала. За счет такой процедуры можно улучшить некоторые показатели качества фильтрации по сравнению со схемой следящего гетеродина, и прежде всего, такой показатель как помехоустойчивость.

Цель выполненных в работе исследований состояла в улучшении показателей качества приема и обработки доплеровского сигнала с детерминированной основой спектра, обусловленной скоростью движения ЛА, наличием аддитивных помех и влиянием радиофизических свойств подстилающей поверхности.

Содержание исследований

Постановка задачи исследований: необходимость синтеза структурно-физической модели СДФ, пригодной для практической реализации модифицированного метода следящего приема доплеровского амплитудно-частотно-модулированного сигнала и достижения сформулированной цели выполненных исследований.

1. Метод следящего приема на основе использования самосинфазирующегося модулированного фильтра.

Сущность данного метода следящего приема ЧМ сигнала состоит в следующем. Пусть на вход СДФ поступает широкополосный ЧМ сигнал с небольшими колебаниями амплитуды ширина спектра которого приблизительно равна удвоенной девиации его частоты $2\Delta\omega = 2\beta\Omega$, где $\beta = \Delta\omega/\Omega$ – индекс частотной модуляции; Ω – малый параметр представляющий собой частоту медленно меняющейся модулирующей функции $\lambda_q(t)$ – полезного сообщения. В общем случае $\lambda_q(t)$ является случайной функцией, например: речевым сигналом, передаваемым по радиоканалу; флуктуациями частоты доплеровского сигнала, отраженного подстилающей поверхностью и т.д.

Специфика функционирования доплеровских измерителей скорости (ДИС), устанавливаемых на борту ЛА, позволяет представить обрабатываемый сигнал в виде амплитудно-частотно-модулированного колебания наблюдаемого на фоне нормальной гауссовской помехи $n(t)$ в следующем виде [8].

$$[\lambda_a(t), \lambda_q(t), t] = E_0[1 + M_A \lambda_a(t)] \times \sin[\omega_0 t + \beta_q \int_0^t \lambda_q(\tau) d\tau + F_D(t) \cdot t + \varphi(t)] + n(t), \quad (1)$$

где E_0 и ω_0 – амплитуда и частота излученного сигнала, M_A – коэффициент глубины амплитудной модуляции, $\lambda_a(t)$ – случайная функция (процесс),

описывающий флуктуации амплитуды отраженного сигнала. $F_D(t) \approx F_D$ – доплеровское смещение частоты – медленно меняющаяся функция времени.

Для многолучевой ДИС и непрерывного излучаемого сигнала при горизонтальном полете ЛА с путевой земной скоростью W_{Π} доплеровское смещение частоты по любому из лучей определяется в соответствии с выражением [1]

$$F_{D_i} = \frac{2W_{\Pi}}{\lambda_0} \cos \gamma_a \cos(\theta - \alpha), \quad (2)$$

где γ_a – угол между направлением облучения и его проекцией, α – угол сноса ЛА, обусловленный ветровым перемещением воздушной среды, θ – угол между проекцией i -го луча и направлением оси ОХ – трехмерной координатной системы X, Y, Z, привязанной к центру тяжести ЛА.

При изменениях скорости W_{Π} , связанных с условиями полета имеет место и изменение F_{D_i} .

Ширина спектра доплеровского сигнала определяется выражением

$$\Delta f_D = \sqrt{2} \frac{W_{\Pi}}{\lambda_0} \sin \eta_{0i} \Delta \eta_i, \quad (3)$$

где η_{0i} – угол между вектором W_x и направлением i -го луча на облучаемую поверхность, $\Delta \eta_i$ – ширина диаграммы направленности по i -му лучу.

Для согласованного (адекватного) приема ЧМ сигнал (1) с МФ должен быть простейшим, неразложенным. Это возможно лишь при условии, что собственные колебания фильтра совпадают по форме с резонансным внешним сигналом. Следовательно собственные колебания частоты такого МФ должны быть также частотно-модулированными, причем мгновенная частота их должна изменяться синфазно с частотой поступающего на фильтр внешнего ЧМ сигнала непрерывно следя за ее изменениями в процессе модуляции. В связи с этим ЧМ фильтр такого типа получил название модулированного следящего фильтра.

Различают два основных вида МФ: фильтры с внешним синфазированием у которых модуляция реактивных параметров осуществляется от внешнего независимого источника и фильтры с самосинфазированием, у которых для модуляции их реактивных параметров используется подвергнутый необходимой обработке выходной сигнал самого МФ.

Как один так и другой вид синфазирования частотной модуляции фильтров радикально отличаются от известных схем инерционной автоподстройки контуров на детерминированную частоту входного сигнала. В дальнейшем будем рассматривать лишь классический вариант МФ с самосинфазированием [9].

Упрощенная структурно-физическая модель самосинфазирующегося МФ приведена на рис. 1.

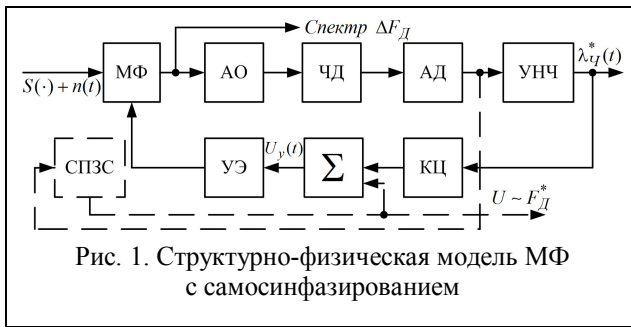


Рис. 1. Структурно-фізична модель МФ з самосинфазуванням

Здесь модулируемый фильтр, являющийся основным элементом контура самосинфазирования, выделен из усилителя промежуточной частоты (УПЧ) в отдельный блок представляющий собой обычный колебательный контур L, C контур с перестраиваемой (модулируемой) емкостью C напряжением $U_y(t)$. $U_y(t)$ формируется цепью обратной связи состоящей из усилителя ограничителя амплитуды (АО), частотного детектора (ЧД), амплитудного детектора (АД), усилителя низкой частоты (УНЧ), корректирующей цепи (КЭ) и управляющего элемента (УЭ). СПЗС – схема поиска, захвата и слежения за спектром сигнала.

В свою очередь цепь обратной связи можно условно разделить на две части: первая часть, которая включает в себя блоки ОА, ЧД, АД и УНЧ образует прямой тракт выделения полезной функции $\lambda_q^*(t)$, а вторая с дополнением первой блоками КЦ и УЭ образует тракт частотной обратной связи.

Оценим количественно исходные характеристики входного доплеровского сигнала, отраженного подстилающей поверхностью при его зондировании источником непрерывного гармонического сигнала, размещенным на борту ЛА.

Для определенности возьмем доплеровский измеритель ДИСС-013 [10], обладающий наиболее важными техническими данными в режиме непрерывного излучения зондирующего сигнала: несущая частота $f_0 = 8800 \pm 25$ МГц, диапазон измеряемых скоростей $W = 100 \div 1300$ км/ч, диапазон рабочих высот $h = 10 \div 1500$ м, диапазон измеряемых доплеровских частот $F_D = 0,8 \div 11$ кГц, ширина спектра доплеровского сигнала при $\eta = 70^\circ$, $\Delta\eta_i = 3,6^\circ$, $\Delta F_{D1} \approx 360$ Гц ($F_D = 1800$ Гц), $\Delta F_{D2} = 14$ Гц ($F_D = 50$ Гц), $\Delta F_{D3} = 20$ Гц ($F_D = 240$ Гц) – экспериментальные данные, время поиска сигнала $T_{\Pi} \approx 60$ с, значения F_{D0} в режиме "Память" находятся в пределах $0,8 \div 11$ кГц, погрешность измерения $\delta = \pm 4\% F_D$, преобразованная частота входного сигнала $f_{\Pi P} = f_{УПЧ} = 500$ кГц на которой осуществляется фильтрация доплеровского сигнала методом следа гетеродина.

Опираясь на приведенные реальные параметры входного доплеровского сигнала рассчитаем полуширину полосы пропускания МФ из условия [9] $\alpha \sim \Omega_{\max}$. Величина характеристической частоты Ω_{\max} , трактуемая как верхняя граничная частота модулирующей функции $\lambda_q(t)$ рассчитывается как [2]

$$\Omega(\rho, t) = 2\pi f_0 \left[\frac{W_r}{c} - \left(\frac{\rho V_t}{RC} \right) + \left(\frac{2V_t^2 t}{RC} \right) \right], \quad (4)$$

где W_r и V_t – радиальная и тангенциальная составляющие скорости точки на отражающей поверхности до приемной антенны $V_t = |\vec{V}_t|$.

Физическая природа возникновения $\Omega(\rho, t)$ заключается в искажениях фазы сигнала, отраженного от протяженной поверхности ограниченной угловыми параметрами антенной системы, изменениями радиофизических свойств поверхности в пределах освещаемого участка, а также характеристиками движения ЛА. В простейшем случае равномерного, прямолинейного движения ЛА

$$\Omega(\rho, t) = 2\pi f_0 \cdot W_r / c. \quad (5)$$

Подставляя $f_0 = 8800$ МГц, $c = 3 \cdot 10^5$ км/с,

$W_r = 100 \div 1300$ км/ч получим $\frac{\Omega}{2\pi} \approx 33 \div 238$ Гц.

Девияция частоты входного сигнала может находится в пределах $\beta \approx \Delta F_D \frac{2\pi}{\Omega} = 30 \div 60$.

Поскольку $\beta \gg 1$, то принимаемый ЧМ сигнал можно считать широкополосным. Следовательно, при включении в структурно-физическую модель (рис.1) схемы поиска, захвата и слежения, применяемых в ДИСС-013, ДИСС-016 и других [10] можно считать возможным использование классической схемы МФ представленной на рис.1 в качестве следа доплеровского фильтра с вытекающими при этом преимуществами по сравнению со схемами следа гетеродина, применяемыми в практических системах ДИСС, устанавливаемых на ЛА (самолетах).

Наиболее очевидным преимуществом метода и схемы самосинфазурующегося МФ по сравнению с методом следа гетеродина является улучшение порога приема ЧМ сигнала при определенном превышении полезного сигнала над шумом на входе ЧД. Оптимальный надпороговый режим работы с заданным значением отношения сигнал/шум $q^2 = P_C / P_{\text{ш}}$, где P_C – мощность ЧМ сигнала по несущей – детерминированной основе, $P_{\text{ш}}$ – мощность шума, достигается при возможно меньших уровнях входного сигнала, поэтому необходимо уменьшать мощность шума на входе ЧД. Если помеха близка к гармонической, то МФ не имеет преимуществ перед типовым приемником ЧМ.

Однако, как доказано в [6,9] для флуктуационной помехи выигрыш в отношении синфазных составляющих флуктуационного шума равен индексу частотной модуляции β

$$\frac{(P_{\text{ш синф}})_{\text{ПЧ}}}{(P_{\text{ш синф}})_{\text{МФ}}} = \frac{\Delta\omega_{\text{ПЧ Ш}}}{\Delta\omega_{\text{МФ Ш}}} = \beta, \quad (6)$$

где $P_{(\text{ш синф})\text{ПЧ}} = G_{\text{ш синф вх}} \Delta\omega_{\text{ПЧ Ш}}$ – мощность шума на входе ЧД стандартного приемника ЧМ, $P_{(\text{ш синф})\text{МФ}}$ – мощность шума на входе МФ, $\Delta\omega_{\text{МФ Ш}}$ – синфазная составляющая шума. В обычном ЧМ приемнике $\Delta\omega_{\text{ПЧ Ш}} \approx h2\beta\Omega_{\text{max}}$, где h – коэффициент связывающий шумовую полосу фильтра УПЧ с его полосой пропускания.

В приемнике с МФ настроенным на резонансную частоту УПЧ его шумовая полоса для синфазной составляющей шума $\Delta\omega_{\text{МФ Ш}} \approx h2\alpha = h2\Omega_{\text{max}}$.

Следовательно уменьшение надпорогового напряжения полезного сигнала в отношении синфазных составляющих шума составит

$$\frac{(E_{\text{ш синф}})_{\text{ПЧ}}}{(E_{\text{ш синф}})_{\text{МФ}}} = \sqrt{\beta}. \quad (7)$$

Ортогональная составляющая входных шумов на эту величину никак повлиять не может.

Влияние ортогональной составляющей входного шума на превышение сигнала на выходе рассмотрено в [9]. Как видно из рис. 1 напряжение ортогональной составляющей в тракте обратной связи во всем ее спектре воздействует на частоту следящего фильтра. Однако в тракте прямого усиления эта часть спектра должна срезаться фильтром нблизкой частоты и на выход приемника пройти не может.

Важно, чтобы создаваемая ортогональным шумом остаточная расстройка МФ не приводила к недопустимым искажениям полезного сигнала.

При равномерном распределении ортогонального шума остаточная расстройка МФ будет равна

$$\omega_{\Delta\Phi}^2 = \frac{\alpha^2}{3\alpha T_{\Sigma}}, \quad (8)$$

где T_{Σ} – постоянная времени цепи обратной связи.

Дисперсия флуктуаций остаточной расстройки будет равна

$$\sigma_{\text{ш}_e}^2 = \frac{2}{3} \frac{1}{q^2} \frac{\alpha^2}{\alpha T_{\Sigma}}. \quad (9)$$

2. Модифицированный метод следящего приема на основе использования модифицированного фильтра.

Сущность модификации классического варианта СДФ, реализуемого на МФ с обязательным использованием СПЗС состоит в следующем.

Известно [10], что отраженный от протяженной поверхности доплеровский сигнал подвержен ам-

плитудным флуктуациям с большим динамическим диапазоном порядка $70 \div 90$ дБ. В существующих ДИСС применяется сложный метод автоматической регулировки усиления (АРУ), позволяющий поддерживать уровень входного сигнала СДФ в пределах $0,8 \div 1,2$ В при изменениях его амплитуды в пределах 75 дБ. Для его осуществления используется двойное преобразование частоты входного сигнала с выделением диапазона изменения доплеровской частоты $0,8 \div 11$ кГц, усиления с коэффициентом 98 дБ, подавления амплитудных флуктуаций в УНЧ с помощью диодных регуляторов и дальнейшим переносом выходного сигнала УНЧ на частоту $f_0^* \approx 500$ кГц для дальнейшей фильтрации схемой СДФ.

В модифицированном методе следящего приема применен метод реализации АРУ, позволяющий исключить двойное преобразование частоты и УНЧ с инерционной АРУ. При этом в резонансном тракте предварительного усиления принимаемого сигнала необходимо формировать сигнал промежуточной частоты $f_{\text{ПР}} = f_0 = 500$ кГц, либо более низкий 100 кГц, а сжатие динамического диапазона амплитудных флуктуаций осуществлять с помощью схемы АРУ с одновременным подавлением амплитудных флуктуаций, разработанной в [11]. Кроме того, в модифицированном варианте структурно-физической модели СДФ можно отказаться от СПЗС, а применить ЧД и фильтр низких частот (ФНЧ) с большой постоянной времени $T \approx 0,1 \div 10$ с [12]. Такой выбор постоянной времени обоснован тем, что в процессе полета, когда производятся измерения скорости ЛА не совершает траекторного маневрирования в течение единиц, секунд и даже десятков минут. Упрощенная структурно-физическая модель модифицированного самосинфазирующегося МФ представлена на рис. 2.

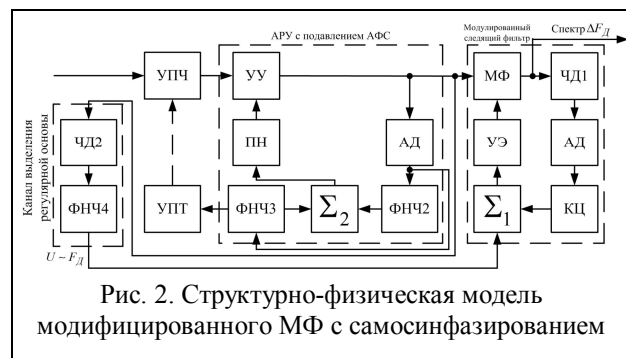


Рис. 2. Структурно-физическая модель модифицированного МФ с самосинфазированием

Здесь: УПЧ – усилитель промежуточной частоты с $f_{\text{ОПЧ}} = 100 \div 500$ кГц; УУ – управляемый усилитель; АД – амплитудный детектор; ПН – преобразователь напряжения; ФНЧ2 – фильтр низких частот канала выделения амплитудных флуктуаций сигнала; ФНЧ3 – фильтр низких частот компенсационного канала; Σ_1, Σ_2 – сумматор; УПТ – усилитель постоянного тока; ЧД2 – частотный детектор канала

выделения средней частоты Доплера (детерминированной основы спектра доплеровского ЧМ сигнала).

Как видно из рассмотрения структурно-физической модели МФ входящей в состав модели, представленной на рис.2, в ней отсутствует АО. Известно, что при малых отношениях сигнал/шум ограничитель ухудшает помехоустойчивость, поскольку происходит подавление слабого сигнала шумом. Фактически функции АО выполняет схема АРУ с подавлением АФС. Поэтому, далее рассмотрим подробно, именно, эту часть структурно-физической модели, представленной на рис.2.

Представим входное случайное воздействие $S(t)$ в виде смеси детерминированного сигнала $S_1(t)$ и узкополосной помехи $N(t)$, формируемой в резонансном тракте УПЧ с эффективной полосой $\Delta\omega_0 \approx \Delta F_D$, где F_D – ширина полосы доплеровского сигнала и центральной частотой настройки ω_0 .

В принятом приближении $S(t)$ можно представить в виде случайной смеси гармонического сигнала $S_{01} \cos \omega_0 t$ и узкополосной помехи $N_2(t) \cos[\omega_0 t + \alpha(t)]$, подчиняющейся релеевскому закону распределения вероятностей [4]:

$$S(t) = S_{01} \cos \omega_0 t + N_2(t) \cos[\omega_0 t + \alpha(t)], \quad (10)$$

где $N_2(t)$ и $\alpha(t)$ – медленно меняющиеся функции времени, причем их скорости изменения $N'_2(t)$ и $\alpha'(t)$ обратно пропорциональны полосе $\Delta\omega_0$.

Смесь (10) преобразуется к виду (11), где

$$A(t) = \sqrt{S_{01}^2 + N_2^2 + 2N_2S_{01} \cos \alpha(t)}, \quad (11)$$

$$\varphi(t) = \arctg \frac{N_2(t) \sin \alpha(t)}{S_{01} + N_2(t) \cos \alpha(t)}.$$

Для случая «сильного» сигнала $q_{вх} \gg 1$ смесь (10) нормализуется, что облегчает дальнейшее использование выражения (11).

Линейный амплитудный детектор АД воспроизводит огибающую $A(t)$ без искажений с выделением среднего значения \bar{U}_D и гармонических составляющих $U_D(t)$.

Далее фильтр ФНЧ1 выделяет среднее значение \bar{y}_1 , которое пропорционально среднему значению $\bar{A}(t)$ в очень узкой полосе пропускания ΔF_1 , определяемой траекторными эволюциями воздушного объекта (изменениями высоты полета, креном и т.д.):

$$y_1(t) = \beta [\bar{y}_1 + y_N(\Omega_{1i}t)], \quad (12)$$

где β – коэффициент передачи АД, Ω_{1i} – частоты гармоник номера i случайного процесса $y_N(\cdot)$, лежащих в полосе ΔF_1 .

Аналогично фильтр ФНЧ2 формирует напряжение $y_2(t)$ в полосе пропускания ΔF_2

$$y_2(t) = \beta [\bar{y}_2 + y_N(\Omega_{2j}t)], \quad (13)$$

где Ω_{2j} – частоты гармоник номера j полосы ΔF_2 .

Полоса пропускания ΔF_2 определяет полосу сигнала паразитной амплитудной модуляции (ПАМ). Причем $\Delta F_2 \gg \Delta F_1$ и $\Omega_{1j\max} < F_{D\min}$.

На выходе инвертирующего сумматора СМ получим разность

$$\Delta y(t) = y_1(t) - y_2(t) \approx \beta [\bar{y}_1 - \bar{y}_2] + \beta [y_N(\Omega_{1i}, t) - y_N(\Omega_{2j}, t)]. \quad (14)$$

Соотношение (14) описывает эргодическую смесь со средним значением $\bar{y}_0 = \bar{y}_1 - \bar{y}_2$, определяющим нулевую рабочую точку регулировочной характеристики управляющего сигнала УП (ток, напряжение, цифровое управление).

Важным свойством синтезированной модели является постоянство \bar{y}_0 , не зависящее от регулярного изменения высоты полета. Случайная составляющая $\tilde{y}(\Omega, t) \approx \beta [y_N(\Omega_{2j}, t)]$ определяет временную и спектральную структуру ПАМ, которая представляет узкополосный случайный процесс, подчиняющийся нормальному закону с нулевым средним, дисперсией σ_2^2 и спектральной функцией $N_2(\omega)$. В $N_2(\omega)$ основную долю энергии вносит гармоника частоты $\Omega_{2\max}$, численно равная частоте отсечки ФНЧ2.

Для определения динамических свойств регулятора уровня доплеровского сигнала необходимо элементы схемы на рис. 2 заменить динамическими звеньями и составить структурную схему по управляющему воздействию, т.е. наличию паразитной амплитудной модуляции и оценить степень ее подавления на выходе УУ. Из анализа структурно-физической модели (см. рис. 2) видно, что часть схемы содержащая АД, ФНЧ1, ФНЧ2 и инвертирующий сумматор представляет собой амплитудный дискриминатор. Тогда структурная схема регулятора уровня с подавлением ПАМ, будет содержать динамические звенья: $W_{АД}(p)$, $W_{ФНЧ2}(p)$, $W_{УП}(p)$, а регулировочная характеристика в линеаризованном виде может быть записана в виде

$$\mu = \alpha U_m K_d K_{ФНЧ2}, \quad (15)$$

где $\alpha = \tg \varphi$ – регулировочная характеристика высокочастотного тракта, содержащего УПЧ и УУ, K_0 – максимальный коэффициент усиления при регулирующем напряжении $U_p = 0$, U_{pm} – максимальный уровень регулирующего напряжения при $K_0 = 0$, $p \approx \frac{d}{dt}$. При линеаризации этой характеристики $\alpha = K_0/U_{pm}$. Таким образом, передаточная функция системы регулирования по отклонению

амплитуды, характеризующая случайную модуляцию входного и выходного сигналов может быть записана в виде отношения случайно изменяющихся коэффициентов глубины модуляции $m(t)$ на входе и $m'(t)$ на выходе регулятора

$$v(p) = \frac{m'(t)}{m(t)} = \frac{1}{1 + \mu F(p)}. \quad (16)$$

Передаточной функции (16) соответствует структурная схема, изображенная на рис. 3, а. Если фильтр нижних частот ФНЧ2 состоит из одного RC звена, то

$$F(p) = \frac{1}{T_{\phi 2} p + 1} \text{ и } v(p) = K_{\phi} \frac{T_{\phi 2} p + 1}{T_{\phi 3} p + 1}, \quad (17)$$

$$\text{где } K_{\phi} = \frac{1}{1 + \mu}; T_{\phi 3} = \frac{T_{\phi 2}}{1 + \mu}; T_{\phi 2} = RC.$$

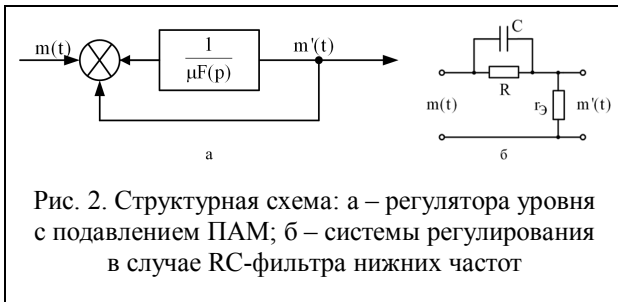


Рис. 2. Структурная схема: а – регулятора уровня с подавлением ПАМ; б – системы регулирования в случае RC-фильтра нижних частот

Формула (17) показывает, что в данном случае система регулирования эквивалентна форсирующему динамическому звену рис. 3, б с параметрами R , C и $r_3 = R/\mu$.

Определим амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики регулятора для случая гармонической модуляции гармоникой $\Omega_{2\max} = \Omega$.

Заменяя в (17) p на $j\Omega$, получим

$$A(\Omega) = \left| \frac{m'(t)}{m(t)} \right| = \sqrt{\frac{1 + (\Omega T_{\phi 2})^2}{(1 + \mu)^2 + (\Omega T_{\phi 2})^2}}, \quad (18)$$

$$\varphi(\Omega) = \arctg \frac{\mu \Omega T_{\phi 2}}{1 + \mu + (\Omega T_{\phi 2})^2}. \quad (19)$$

Если выбрать $(\Omega T_{\phi 2})^2 \ll 1$ (для фильтрации несущей $(\omega_0 T_{\phi 2})^2 \ll 1$, что выполнимо при $(\omega_0 / \Omega)^2 \gg 1$), то подавление ПАМ будет равно

$$v \cong \frac{1}{1 + \mu} = \frac{1}{\varepsilon}, \quad (20)$$

где ε – степень регулирования.

Оценка среднеквадратической погрешности регулирования выходного сигнала. В установившемся режиме работы схемы составляющая $y(t)$ в выражении (10) превысит уровень составляющей \bar{y}_0 в выражении (14) и таким образом вводится в зону нечувствительности схемы СМ.

В общем случае положение \bar{y}_0 в пределах зоны Δ является величиной случайной и подчиняющийся нормальному закону распределения случайного нестационарного процесса, что существенно усложняет оценку погрешности регулирования и выходит за рамки решаемой задачи. Для стационарного случая при наиболее вероятном положении \bar{y}_0 в зоне Δ (с вероятностью $p\{\bar{y}_0\} = 0,5$) среднеквадратическая погрешность регулирования может быть рассчитана как [7]:

$$\bar{D}_{2\sigma} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{T_{\phi 2} \sigma_2}{\bar{\tau}_m \Delta} h, \text{ дБ}, \quad (21)$$

где $\bar{\tau}_m$ – средняя длительность интервалов времени между выбросами процесса $\tilde{y}(\Omega, t)$ «вверх» и «вниз» за границы уровней ξ_{01} и ξ_{02} , h – шаг «приращения» уровня $\tilde{y}(\cdot)$ в зоне нечувствительности Δ

$$\Delta = (1 - 2)h. \quad (22)$$

Расчетные выражения длительностей $\bar{\tau}_m$ выбросов огибающей $\tilde{y}(\Omega, t)$, представляемой в виде аддитивной суммы гармонического сигнала с частотой Ω и нормального шума приведены в [8,9].

При практических расчетах (22) обычно задаются отношением $T_{\phi 2} / \bar{\tau}_m$, шагом h в дБ и величиной $\sigma_2 \approx k \Delta$, ($k < 1$). Например: при $\sigma_2 = 0,05 \Delta$, $T_{\phi 2} / \bar{\tau}_m = 15$ и $h = 1$ дБ, $\bar{D}_{2\sigma} = 3$ дБ.

Переходной процесс в системе регулирования. Переходной процесс как реакция на ступенчатое возмущение (изменение) уровня входного сигнала $x(t)$ или его собственного коэффициента усиления K , при использовании однозвенного RC фильтра ФНЧ2. Влияние цепи компенсации можно не учитывать в силу неравенства $\Delta F_1 \ll \Delta F_2$. Детальный анализ переходного процесса для данного случая детально рассмотрен в [4] для случая, когда регулировочная характеристика описывается экспонентой

$$\alpha = e^{-S U_p},$$

где S – коэффициент пропорциональности.

Для времени установления переходного процесса T_y получено следующее выражение

$$T_y = \tau \ln \left| \ln p_0^* / \delta \right|, \quad (23)$$

где τ – постоянная времени фильтрующей цепи RC, p_0^* – величина относительного коэффициента усиления приемного тракта до скачка, т.е. при $t = 0$, δ – величина скачка относительного усиления $p_1 = 1 - \Delta$, $p_1 = \bar{p}$ – усредненное значение относительного коэффициента усиления в установившемся режиме при действии флуктуационных помех.

Устойчивость регулирования. При узких зонах «нечувствительности» инвертирующего сумматора СМ, когда $\Delta = \min \Delta y(t)$ при которой уровень собственного шума СМ превышает Δ , возможно, воз-

никновение автоколебательного процесса в системе регулирования. При типичном соотношении между шагом «приращения» h и Δ (22), амплитуда возможных автоколебаний ограничивается раствором зоны не чувствительности Δ , можно рассматривать устойчивость как устойчивость только линейной части системы, в которой определяющим фактором является запаздывание в интервале длительности переднего фронта скачка $\delta\tau$ [7]. Тогда условие устойчивости принимает вид:

$$K \leq \frac{1 - e^{-\delta\tau/\tau}}{0,5(1 - e^{-\delta\tau/\tau})e^{-\delta\tau/\tau}(1 - \lambda)}, \quad (24)$$

где λ выбирается в пределах $0 \leq \lambda \leq 1$.

Заключение

В работе рассмотрены и проанализированы два метода повышения помехоустойчивости следающего приема доплеровского сигнала, формируемого протяженной подстилающей поверхностью. Первый метод следающего приема основанный на использовании резонансного фильтра с модулируемой емкостью обеспечивает увеличение помехоустойчивости по сравнению с методом следающего гетеродина в пределах 2...3 дБ. Второй метод обеспечивает повышение помехоустойчивости за счет исключения из схемы модулированного фильтра ограничителя амплитуды и использования схемы подавления флуктуаций отраженного сигнала, создаваемых подстилающей поверхностью. Синтезированы структурно-физические модели следающих фильтров, реализующие разработанные методы повышения помехоустойчивости.

Получены удобные для практического применения простые расчетные формулы оценок помехоустойчивости, разработанных схем следающего приема, а также устойчивости и быстродействия схемы подавления амплитудных флуктуаций доплеровского сигнала. Результаты исследований, выполненных в настоящей работе могут быть использованы при разработке и модернизации радиотехнических устройств и систем аналогичного назначения.

Список литературы

1. Ярлыков, М.С. Статистическая теория радионавигации [Текст] / М.С. Ярлыков. – М.: Радио и связь, 1985. – 344 с.
2. Шелухин, О.И. Радиосистемы ближнего действия [Текст] / О.И. Шелухин. – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.
3. Колчинский, В.Е. Автономные доплеровские устройства и системы навигации летательных аппаратов [Текст] / В.Е. Колчинский, И.А. Мандуровский, М.И. Константиновский. – М.: Сов. радио, 1975. – 432 с.
4. Сосновский, А.А. Радиоэлектронное оборудование летательных аппаратов. Справ. [Текст] / А.А. Сосновский, И.А. Хаймович. – М.: Транспорт, 1987. – 256 с.
5. Кантор, Л.Я. Помехоустойчивость приема ЧМ сигналов [Текст] / Л.Я. Кантор, Л.Я. Ярофеев, В.М. Дорофеев. – М.: Связь, 1977. – 336 с.
6. Кантор, Л.Я. Методы повышения помехозащищенности приема ЧМ сигналов [Текст] / Л.Я. Кантор. – М.: Связь, 1967.
7. Тихонов В.И. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов [Текст] / В.И. Тихонов, Н.К. Кульман. – М.: Сов. радио, 1975. – 704 с.
8. Щербина, К.А. Статистическая модель доплеровского сигнала автономного измерителя скорости летательного аппарата [Текст] / К.А. Щербина, В.В. Печенин, О.В. Войтенко // Радиотехника. – Вып. 177. – Х., 2014. – С. 64-70.
9. Винницкий А.С. Модулированные фильтры и следающий прием ЧМ сигналов [Текст] / А.С. Винницкий. – М.: Советское радио, 1969.
10. Винницкий, А.С. Автономные радиосистемы. Учебное пособие для вузов [Текст] / А.С. Винницкий. – М.: Радио и связь, 1986. – 336 с.
10. Тихонов А.П. Радиолокационное оборудование самолетов: [Текст] / А.П. Тихонов. – М.: Транспорт, 1981.
11. Печенин, В.В. Регулирование уровня сигнала синхронизации управляемого генератора следающего доплеровского фильтра [Текст] / В.В. Печенин, К.А. Щербина, О.В. Войтенко // Физические основы припоростроения. – 2014. – Т. 3, № 1. – С. 84-91.

Надійшла до редколегії 28.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Павліков, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків.

МЕТОДИ ПІВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СЛІДКУЮЧОГО ПРИЙОМУ ДОПЛЕРІВСЬКОГО СИГНАЛУ, ФОРМОВАНОГО ПРОТЯЖНОЮ ВІДБИВАЮЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ

В.В. Печенін, К.О. Щербина, М.А. Вонсович, Ю.В. С'єдіна

Мета виконаних у роботі досліджень полягала в поліпшенні показників якості прийому і обробки доплерівського сигналу з детермінованою основою спектру, обумовленою швидкістю руху ЛА, наявністю адитивних перешкод і впливом радіофізичних властивостей підстилаючої поверхні. Розроблений метод заснований на використанні резонансного фільтра з модульованою ємністю, яка забезпечує збільшення завадостійкості порівняно з методом сліdkуючого гетеродина в межах 2...3 дБ.

Ключові слова: сліdkуючий доплерівський фільтр, фільтрація, модульований фільтр, показники якості, сліdkуючий прийом, частота.

NOISE IMMUNITY ENHANCEMENT METHODS OF DOPPLER TRACKING SIGNAL GENERATED BY UNDERLYING SURFACE

V.V. Pechenin, K.A. Shcherbina, M.A. Vonsovich, J.V. Syedina

The purpose of the carried out research was to improve quality indicators upon transmitting and receiving the Doppler signal with deterministic spectrum predetermined by the aircraft speed, the presence of additive noise and the influence of radio-physical properties of the underlying surface. The developed method is based on the use of a resonant filter with modulated capacity, which provides enhanced noise immunity in comparison with the tracking heterodyne method within 2...3 dB.

Keywords: doppler tracking filter, filtration, modulated filter, quality indicators, tracking, frequency.

УДК 621.396.967.2

І.В. Свид, І.А. Штих

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ПРОСТОРОВА ВИБІРКОВІСТЬ ВІДПОВІДАЧІВ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ЗАПИТАЛЬНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Наводиться порівняльний аналіз завадостійкості існуючих запитальних радіотехнічних систем ідентифікації повітряних об'єктів та аналогічних систем при використанні просторової вибіркості прийнятих сигналів запиту на літакових відповідачах. Показано, що використання просторової вибіркості на літакових відповідачах дозволяє суттєвим чином зменшити вплив навмисних корельованих завад на завадостійкість запитальних систем ідентифікації.

Ключові слова: просторова вибіркості, запитальні радіотехнічні системи ідентифікації, завадостійкість.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. Інформаційне забезпечення системи контролю повітряного простору базується на інформації систем спостереження до котрих входять системи первинної та вторинної радіолокації. Можливо стверджувати, що в інформаційному забезпеченні користувачів значну роль відіграють запитальні радіотехнічні системи (ЗРТС). Запитальні РТС призначені для вирішення таких завдань: визначення координат повітряного об'єкту; отримання додаткової польотної інформації, необхідної для контролю і управління польотами і наведення повітряного об'єкту (ПО); радіолокаційної ідентифікації державної приналежності виявлених повітряних об'єктів; диспетчерської ідентифікації ПО.

Принцип побудови відповідачів та існуючих ЗРТС в цілому (одноканальна система масового обслуговування з відмовами) та принцип обслуговування сигналів запиту (СЗ) (обслуговування першого правильно прийнятого СЗ та паралізація літакового відповідача на час обслуговування СС) [1-3], зумовив низьку завадостійкість та завадозахищеність систем, що розглядаються, а використання у якості сигналів запиту та відповіді інтервально-часових кодів і низьку енергетичну скритність роботи зазначених систем. Наведені недоліки ЗРТС визначають низьку імовірність інформаційного забезпечення системи контролю повітряного простору. Для підвищення завадостійкості запитальних РТС, як правило [4], розглядаються штучно створені часові відмінності між корисними сигналами і навмисними завадами. Питанням підвищення завадостійкості ЗРТС шляхом використання просторових відмінностей в існуючій літературі приділено недостатньо уваги. Однак, слід зазначити, наявність декільком рознесених антен на борту літака дозволяє розглядати питання просторової обробки сигналів, що приймаються та випромінюються.

Мета статті. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих і ЗРТС з використанням просторової вибіркості відповідачів як на прийом сигналів, так і на випромінювання.

Основна частина

Існуючі ЗРТС побудовані за принципом несинхронної мережі з одноканальним пристроєм обслуговування першого правильно прийнятого СЗ і відкритої системи масового обслуговування (СМО) з відмовами [1, 2]. Така побудова останніх відкриває широкі можливості зацікавленій стороні з несанкціонованого використання відповідачів цих систем для дальнього виявлення ПО, а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад необхідної інтенсивності. При роботі відповідача тільки в полі дії багатьох ЗРТС, що створюють внутрісистемні завади, коефіцієнт готовності відповідача завжди менше одиниці. Коефіцієнт готовності відповідача залежить від інтенсивності: потоку СЗ, утворених ЗРТС, потоку навмисних корельованих завад, а також потоку СЗ, утворених з потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад.

Для оцінки впливу просторової вибіркості відповідачів ЗРТС на стійкість таких систем розглянемо стійкість існуючої ЗРТС, для чого дослідимо вплив потоку СЗ, утворених сумарним потоком СЗ сусідніх ЗРТС і потоком навмисної корельованої завади зацікавленої сторони і хаотичної імпульсної завади (ХІЗ) на ймовірність отримання координатної інформації від ПО. Розрахунки проведемо для сумарного потоку сигналів запиту неімітостійких та імітостійких режимів роботи ЗРТС [3].

При надходженні на вхід відповідача ЗРТС потоку СЗ і ХІЗ спостерігатимуться такі ситуації, що призводять до виключення формування відповідачем сигналів відповіді (СВ) для запитувача:

- подавлення СЗ даного радіолокатору через утворення з ХІЗ випереджальних хибних СЗ (хибна тривога першого роду), що викликають випроміню-

вання СВ або спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток (ПБП);

- подавлення запитальних сигналів даного радіолокатора через випереджальні СЗ як сусідніх запитувачів, так і запитувачів зацікавленої сторони;

- високочастотне подавлення окремих імпульсів запитальних кодів даного радіолокатора при збігу за часом імпульсів потоку запитальних сигналів і несприятливих фазових співвідношеннях;

- подавлення СЗ даного радіолокатора через випереджальні помилкові СЗ, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу СЗ даного радіолокатора з випереджаючими (на базу коду) імпульсами ХІЗ або ПЗС (ймовірність помилкової тривоги другого роду) і викликають випромінювання СВ або спрацьовування схеми ПБП;

- подавлення запитальних сигналів в результаті роботи схем часової селекції відповідачів;

- подавлення запитальних сигналів в результаті інерційності схем входних формувачів дешифратора і обмеження завантаження відповідача.

Визначення ймовірності цих подій будемо здійснювати в припущенні, що потік СЗ і ХІЗ діє на запитальні коди даного радіолокатора незалежно один від одного і що число джерел, які формують загальний потік запитальних сигналів, достатньо для характеристики потоку як пуасонівського.

Припустимо, що на вхід відповідача надходять ХІЗ з інтенсивністю λ_0 , ПЗС, викликає випромінювання СВ, що включає потік СЗ сусідніх запитувачів і потік імітованих СЗ зацікавленої сторони інтенсивністю λ_1 , і потік СЗ, що викликає спрацьовування схеми ПБП інтенсивністю λ_2 . Припустимо, що загальні потоки СЗ складаються з k частин неімітостійкого режиму і $1-k$ частин імітостійкого режиму.

Результати розрахунку завадостійкості літакового відповідача ЗРТС представлені на рис. 1. На рис. 2 представлена завадостійкість ЗРТС в цілому, що відповідає ймовірності визначення координат ПО на запитувачі, при виборі цифрового порогу виявлення ПО відповідно до відомих правил. Розрахунки проведені за рівності інтенсивностей потоків СЗ імітостійкого і неімітостійкого режимів. При збільшенні інтенсивності потоку СЗ імітостійкого режиму завадостійкість ЗРТС зменшується (рис. 3).

Представлені розрахунки завадостійкості існуючих ЗРТС дозволяють зробити наступні висновки:

- принцип побудови відповідачів ЗРТС не дозволяє захистити останні від навмисних корельованих завад, що в кінцевому підсумку не дозволяє віднести запитальні РТС до завадостійких систем;

- для подавлення ЗРТС в системному плані необхідно створити потік навмисних корельованих завад інтенсивністю 3000 при $k = 0,5$ і всього 1500 при $k = 0,1$, що не представляє технічної складності;

- вплив некорельованих навмисних завад несуттєво впливає на завадостійкість розглянутих систем.

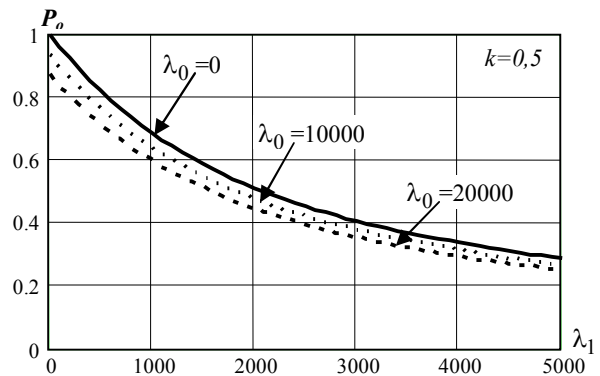


Рис. 1. Завадостійкість відповідача ЗРТС

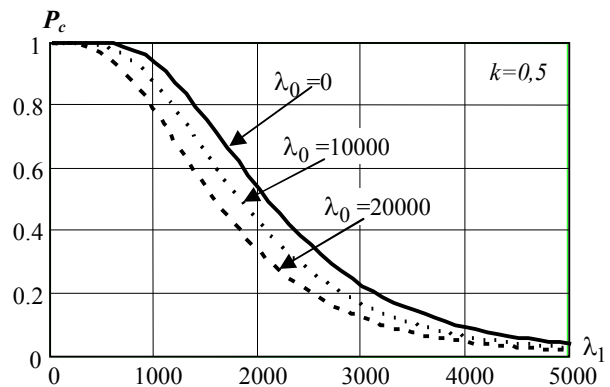


Рис. 2. Завадостійкість ЗРТС

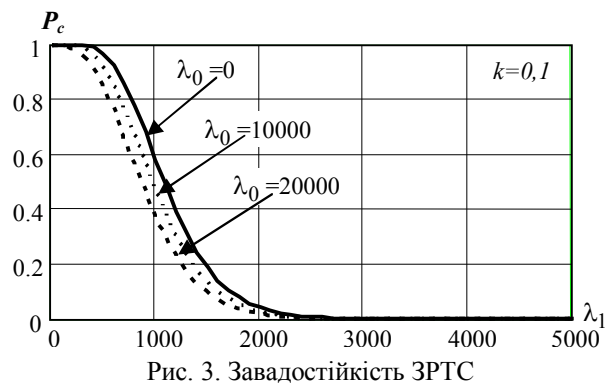


Рис. 3. Завадостійкість ЗРТС

Як видно з представлених розрахунків, створення внутрісистемної і навмисної корельованої завади інтенсивністю рівною всього лише 1500 дозволяє істотно обмежити функціонування розглянутих систем. Ця особливість обумовлена, в основному, принципом побудови відповідача (СМО з відмовами).

Використання просторових відмінностей приходу СЗ на відповідачі дозволить перейти до зміни принципу побудови відповідача, тобто перейти від СМО з відмовами до СМО з очікуванням. При цьому слід зазначити, що на літаку, як правило, використовують декілька антенних систем для прийому сигналів запиту запитальної радіотехнічної системи, що дозволяє створити систему просторової обробки сигналів запиту та відповіді. Це дозволить оцінити як кількість запитувачів що діють у ЗРТС та їх прос-

торове положення. Ця особливість дозволяє істотно обмежити вплив як навмисних корельованих, так і внутрісистемних завад. Дійсно, принцип обслуговування також змінюється з обслуговування СЗ на обслуговування абонента, що випромінює СЗ з певного просторового напрямку [5].

У зв'язку з тим, що інші елементи відповідача та алгоритм роботи останнього реалізує обслуговування потрібного числа відповідей конкретному абоненту (запитувачу) (в тому числі і запитувачу зацікавленої сторони) несприятливими моментами, що знижують завадостійкість такої ЗРТС, є:

- інтерференціальне подавлення СЗ навмисною некорельованою завадою;

- потрапляння СЗ в зону часу паралізації відповідача, зайнятим обслуговуванням попереднього запитувача, що знаходиться на однаковому просторовому напрямку.

Результати розрахунку завадостійкості системи, з просторовою вибірковістю відповідача представлені на рис. 4, де крива I - відповідає неімітостійкому, а II - імітостійкому режимам роботи.

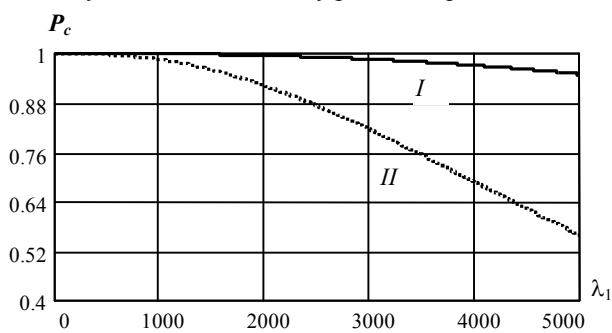


Рис. 4. Завадостійкість ЗРТС з просторовою вибірковістю

Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем ідентифікації (рис. 1 – 3) і системи ідентифікації з просторовою вибірковістю літакових відповідачів (рис. 4) показує, що завадостійкість останніх збільшується більш ніж в 20 разів. Це досягається за

рахунок істотного обмеження впливу інтенсивності навмисних корельованих завад на коефіцієнт готовності літакового відповідача. Для подавлення таких систем зацікавлена сторона зобов'язана переходити від одного джерела завад, що характерно для подавлення існуючих систем ідентифікації, до багатьох, просторово рознесених, джерел навмисних корельованих завад.

Висновки

Просторова вибірковість відповідачів ЗРТС дозволяє змінити принцип побудови літакових відповідачів, тобто перейти від системи масового обслуговування з відмовами до систем масового обслуговування з очікуванням та від обслуговування сигналу запиту до обслуговування запитувача і цим суттєво знизити інтенсивність сигналів відповіді, що в істотній ступені викришити питання завадостійкості розглянутих систем.

Список літератури

1. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.
2. Обод І.І. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. – М.: ЦИИТ, 1998. – 118 с.
3. Сергеев А., Тюрин. Американская система радиолокационного опознания МК12. Зарубежное военное обозрение. 1983, № 8. – С. 55-58.
4. Обод І.І. Завадозахищеність запитальних систем спостереження повітряного простору / І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих – Харків: ХНУРЕ, 2014. – 310 с.
5. Пат. 93218 МПК G01S 13/91 (2006.01). Спосіб інформаційного забезпечення користувачів / І.І. Обод, І.В. Свид, І.А. Штих; власник Харківський національний університет радіоелектроніки. – № u201403222; заявл. 31.03.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18 – 4 с.

Надійшла до редколегії 3.08.2015

Рецензент д-р техн. наук проф. І.І. Обод, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ОТВЕТЧИКОВ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЗАПРОСНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.В. Свид, И.А. Штых

Приводится сравнительный анализ помехоустойчивости существующих вопросительных радиотехнических систем идентификации воздушных объектов и аналогичных систем при использовании пространственной избирательности принятых сигналов запроса на самолетных ответчиках. Показано, что использование пространственной избирательности на самолетных ответчиках позволяет существенным образом уменьшить влияние преднамеренных коррелированных помех на помехоустойчивость вопросительных систем идентификации.

Ключевые слова: пространственная избирательность, вопросительные радиотехнические системы идентификации, помехоустойчивость.

SPATIAL SELECTIVITY OF RESPONDERS AS INCREASING THE INTERFERENCE IMMUNITY METHOD OF INTERROGATION RADIO ENGINEERING SYSTEM

I.V. Svyd, I.A. Shtykh

The comparative analysis of the existing noise immunity of radio systems interrogative identification of air targets, and similar systems using spatial selectivity received interrogation signals to aircraft transponders. It is shown that the use of spatial selectivity in the aircraft transponders allows significantly reduce the impact of intentional interference immunity correlated interrogative identification systems.

Keywords: spatial selectivity, question radio identification system, immunity.

УДК 629.12.066(076)

А.Л. Сіманенков, С.О. Рожков

Херсонська державна морська академія, Херсон

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СУДНОВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Розглядається проблема підвищення ефективності роботи суднового двигуна внутрішнього згорання (СДВЗ) за рахунок впровадження у його систему автоматичного управління (САУ) підсистем керування основними характеристичними параметрами СДВЗ. За основу дослідження взятий СДВЗ типу Wärtsilä – Sulzer 6 RT-flex 50b. Зняття параметрів виконувалося за допомогою системи контролю та моніторингу основних параметрів роботи СДВЗ типу KONGSBERG ACC20. Методом дослідження обрано статистичний аналіз практично отриманих даних, з використанням математичного очікування, дисперсії та коефіцієнту кореляції величини робочого параметру у сталому режимі роботи об'єкта дослідження (режимі морського переходу). У ході дослідження було встановлено групу параметрів, що спричиняють найбільший вплив на ефективність роботи СДВЗ. А також запропоновані методи вирішення проблеми, за рахунок комплексного підходу до автоматизації САУ СДВЗ та його підсистем.

Ключові слова: СДВЗ, параметри роботи СДВЗ, кореляційний аналіз, математична статистика.

Вступ

Аналіз проблеми. Технічний стан СДВЗ – це якість його вузлів і деталей в даний момент часу або сукупність непрямих показників, значення яких визначає його технічні характеристики. Експлуатаційний стан двигуна оцінюється мірою втрати ним працездатності і економічності у зв'язку із зносом деталей і вузлів, забрудненням та закоксовуванням зазорів між рухомими деталями і в прохідних перетинах, нагаром на робочих поверхнях деталей і газоповітряних трактів. Зазвичай оцінка технічного стану проводиться в результаті розбирання двигуна, очищення та обмірів його деталей і різних сполучень. Такі операції трудомісткі і не завжди доцільні через більше порушення при їх перебиранні.

Актуальність проблеми. Використання систем технічного діагностування в практиці експлуатації двигунів дає можливість вирішувати завдання: підвищення експлуатаційного коефіцієнту корисної дії (ККД) і ресурсу за рахунок підтримки високого технічного рівня СДВЗ; зниження витрат на експлуатацію та зменшення потреби в запасних частинах; скорочення часу пошуку несправностей; скорочення ремонтних і регулювальних робіт.

Структура систем технічної діагностики містить такі елементи: обладнання, призначене для вимірювання, обробки результатів вимірювання та збору діагностичної інформації, і діагностичні методи (алгоритми) обробки результатів вимірювань.

Як устаткування для вимірювання діагностичних параметрів в даний час все більше застосовуються портативні електронні системи індичіювання. Ефективність використання даних систем залежить від якості їх налаштування. Найчастіше, навіть правильно налаштований прилад видає спотворені ре-

зультати. Тому оцінка похибки приладу, а особливо виявлення ступеня її впливу на результати вимірювань є важливим завданням. Слід так само відзначити, що як таких чітко вироблених рекомендацій по введенню цих приладів в експлуатацію немає. Інструкції з експлуатації, що поставляються разом з приладами, дають тільки загальні рекомендації по налаштуванню і установці.

Вище зазначені електронні системи індичіювання є лише вимірювальними приладами, в той час як аналіз результатів вимірювання та висновки, що впливають з цього аналізу, повинен виконувати обслуговуючий персонал. Звідси випливає необхідність створення ефективного алгоритму обробки результатів вимірювань за якими можна судити про поточний технічний стан двигуна. Розробка ефективної діагностичної методики обробки результатів вимірювань з використанням електронних систем індичіювання є одним з основних питань при створенні системи технічної діагностики (СТД), визначальним елементом якої служить найбільш відповідний набір контрольованих параметрів, що дозволяє досить повно охарактеризувати технічний стан і працездатність двигуна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Головний недолік існуючих методик діагностування двигунів полягає в тому, що прагнення авторів надати методиці найбільшу інформативність і повноту робить її громіздкою і складною для розуміння обслуговуючим персоналом. Більшість існуючих методик розроблені та апробовані на стендових двигунах, що вимагає їх адаптації для судових умов експлуатації двигуна. Для врахування впливу зовнішніх факторів, що впливають на двигун в судових умовах експлуатації, багато авторів вдаються до висновку рівнянь, що враховують залежність між діагностич-

ними параметрами і параметрами, що визначають режим роботи двигуна, що призводить так само до ускладнення методики, а так як рівняння залежності виводяться за статистичним матеріалом, зібраним для певного типу двигунів, впливає, що їх результати не можуть претендувати на універсальність.

Стаття [1] представляє вузькоспрямований метод прогнозування робочих процесів у циліндрах СДВЗ за допомогою використання індикуючих пристроїв, які на даний момент є дуже коштовними та не входять в обов'язкову комплектацію судів. Стаття [2] пропонує метод аналізу віброакустичних сигналів паливоподачі та газорозподілу СДВЗ без індикаторних кранів, проте автори вказують у висновку, що вібродіаграма не дозволяє отримати повну параметричну діагностику циліндра. У даній статті автор має мету запропонувати спосіб вирішення проблеми контролю характеристик роботи СДВЗ за рахунок автоматизації його підсистем.

Метою статті є аналітичний аналіз основних параметрів роботи СДВЗ та знаходження параметрів, чи груп параметрів, які чинять найбільший вплив на ефективність роботи та оцінку технічного стану двигуна. Вказані досліді проводяться за допомогою методів математичної статистики, а також кореляційного аналізу статистичних даних здобутих практичним шляхом з СДВЗ, що знаходиться в експлуатації.

Постановка задачі дослідження. Завданням даного дослідження ставиться проблема знаходження характеристичного параметру або групи параметрів які здійснюють найбільший вплив на роботу СДВЗ у сталому режимі (морського переходу). За основу маємо здобути практичним шляхом характеристичні параметри роботи СДВЗ, Wärtsilä – Sulcer 6 RT-flex 50b, за допомогою моніторингової програми KONGSBERG ACC20.

Результати дослідження

Згаданий СДВЗ є «розумним дизелем», замість кінематичної паливної апаратури він обладнаний електронною системою керування, на базі нейронних мереж та нечіткої логіки. Дані з вказаної моніторингової системи були отримані за допомогою вбудованої функції «Shorttrend», яка дає змогу обслуговуючому персоналу отримувати інформацію про стан основних параметрів роботи СДВЗ у вигляді трендів.

Під трендом розуміють закономірну, не випадкову складову часового ряду (зазвичай монотонну), яка може бути вичислена за цілком певним однозначним правилом. Тренд часового ряду часто пов'язаний з дією фізичних законів або яких-небудь інших об'єктивних закономірностей. Проте, взагалі кажучи не можна однозначно розділити випадковий процес або часовий ряд на регулярну частину (тренд) і коливальну частину (запісок). Тому зазвичай припус-

кають, що тренд - це деяка функція простого виду (лінійна, квадратична і тому подібне), що описує "поведінку в цілому" процесу. Для часового ряду рівняння лінійного тренду має вигляд:

$$x - MX = r \frac{\sigma_x}{\sigma_T} (\tau - MT). \quad (1)$$

При $r > 0$ говорять про позитивний тренд (з часом значення часового ряду має тенденцію зростати), при $r < 0$ про негативний (тенденція убуття). При r , близьких до нуля, іноді говорять про бічний тренд. Як було сказано вище, для випадку, коли $t=1,2,3,...,n$, маємо:

$$MT = \frac{(n-1)}{2}, DT = \frac{n(n+1)}{12}, \quad (2)$$

$$\text{а тому} \quad \sigma_T = \frac{n(n+1)}{12}, \quad (3)$$

проте на практиці не варто окремо обчислювати r і σ_x і тільки потім підставляти їх в рівняння тренду. Краще прямо у формулі тренду виробити скорочення після яких вона набере вигляду:

$$x - MX = \frac{K_x}{DT} \left(\tau - \frac{(n+1)}{2} \right). \quad (4)$$

Після виділення лінійного тренду треба з'ясувати, наскільки він значущий. Це робиться за допомогою аналізу коефіцієнт кореляції. Річ у тому, що відмінність коефіцієнта кореляції від нуля і тим самим наявність реального тренду (позитивного або негативного) може виявитися випадковим, пов'язаним із специфікою даного відрізка часового ряду. Іншими словами, при аналізі іншого набору експериментальних даних (для того ж часового ряду) може виявитися що отримана при цьому оцінка набагато ближче до нуля, ніж початкова (і, можливо, навіть має інший знак), і говорити про реальний тренд тут вже стає важко.

Для перевірки значущості тренду в математичній статистиці розроблені спеціальні методики. Одна з них заснована на перевірці рівності $r=0$ за допомогою розподілу Стюдента. Маємо набір експериментальних даних - значення $x_1, x_2, x_3, ..., x_N$ часового ряду в рівновіддалені моменти часу $t_1, t_2, t_3, ..., t_N$. Оцінка для коефіцієнта автокореляції для часового ряду має вигляд:

$$r^* = K_x^*(\tau) / K_x^*(0), \quad (5)$$

де K_x^* - оцінка для функції автоковаріації, яку можна знайти за наступною формулою:

$$K_x^* = \frac{1}{N+1} \sum_{k=0}^N x \left(k \frac{(T-\tau)}{N} + \tau \right) x \left(k \frac{(T-\tau)}{N} \right). \quad (6)$$

Назвемо це значення r^* експериментальним. Висуваємо гіпотезу, про не рівність нулю коефіцієнта автокореляції. Далі, задаємо деякий рівень вірогідності α . Допускаємо, що зроблений нами висновок про справедливість або несправедливість (при

тоншому дослідженні ці дві ситуації треба розрізняти) гіпотези на підставі заданого масиву експериментальних даних може виявитися помилковим, бо абсолютно точного виводу на підставі лише часткової інформації чекати, звичайно, не варто. Проте вірогідність цієї помилки не повинна перевершувати вибраної величини α . Зазвичай беруть це значення рівним 0.05 (тобто 5%) або 0.10, іноді беруть і 0.01.

Далі розглядаємо наступну величину:

$$U_{\text{экс}} = r * \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (7)$$

Можна довести, що при досить великих значеннях n ця випадкова величина має розподіл, мало залежний від початкового часового ряду. Більше того, цей розподіл близький до одного із стандартних розподілів, використовуваних в математичній статистиці, - до розподілу Стюдента (з числом ступенів свободи $k=N-2$, де N - число експериментальних даних). Для розподілу Стюдента є детальні таблиці, в яких для заданого рівня вірогідності α і числа ступенів свободи k вказується критичне значення $U_{\text{кр}}$. Точніше, за умови $r=0$ має місце рівність:

$$P[|U| \geq U_{\text{кр}}] = \alpha. \quad (8)$$

Будь-яка сучасна статистична програма для комп'ютера дає можливість вичислити $U_{\text{кр}}$ для довільного заданого рівня вірогідності. Із зростанням величини α значення $U_{\text{кр}}$ теж ростуть.

Припускаємо, що число N досить велике. Тоді випадкова величина $U_{\text{экс}}$ розподілена приблизно згідно із законом Стюдента. Якщо $r=0$, то з великою (тобто близькою до 1) вірогідністю, рівною $1-\alpha$, значення $U_{\text{экс}}$ повинне по модулю не перевершувати $U_{\text{кр}}$. А ось виходити за межі відрізка $[-U_{\text{кр}}, U_{\text{кр}}]$ величина $U_{\text{экс}}$ може тільки з вірогідністю α . Тому якщо $|U_{\text{экс}}| \geq U_{\text{кр}}$, то роблять ув'язнення про те що гіпотеза $r=0$ експериментальними даними не підтверджується і тому тренд є вираженим. Помилка такого ув'язнення не перевершує заданого рівня α . Якщо ж $|U_{\text{экс}}| \leq U_{\text{кр}}$, то говорять, що на заданому рівні вірогідності α відкинути гіпотезу $r=0$ немає підстав. В цьому випадку ми не маємо підстав говорити про виражений тренд, а тим більше використовувати зростання або убуття цього тренду при прогнозуванні динаміки часового ряду на майбутнє.

У нашому випадку тренд не є вираженим. Окрім лінійного тренду, доводиться розглядати і тренди складнішої структури. При цьому заздалегідь вказати функцію, за допомогою якої можна описати цей тренд, зазвичай не представляється можливим. Тому часто на практиці просто перебирають декілька простих функціональних залежностей (з параметрами) і для кожної з них оцінюють, наскільки успішно функцією того або іншого виду можна описати тенденцію даного часового ряду. За наявності комп'ютера ці обчислення не займають багато

часу, а іноді можуть проводитися навіть в автоматичному режимі, що виділяє серед декількох заданих видів трендів оптимальний. Проте далеко не завжди серед розглянутих функцій є та, яка досить ефективно описує тенденцію розвитку заданого тимчасового ряду. У цьому випадок доводиться йти іншими шляхами. Зокрема, часто в такій ситуації виробляють різні перетворення членів часового ряду (логарифмування диференціювання - утворення різниць сусідніх членів ряду, інтеграція - підсумовування послідовних членів ряду та ін.) для того, щоб спробувати отримати часовий ряд з ясно вираженим лінійним трендом. Якщо це вдається зробити, то до отриманого ряду застосовують ті методи, які були описані вище, а потім зворотним перетворенням повертаються до початкового ряду. Треба ще раз підкреслити, що вид тренду не визначається однозначно самим рядом і є деяким умовним об'єктом що притягається для повнішого розуміння особливостей даного процесу. За основу розрахунків прийнято добові вибірки наступних параметрів роботи СДВЗ у сталому режимі експлуатації, а саме:

Exhaustgas cyl.1-6 – температура випускних газів 1-6 циліндрів;

Underpiston T cyl.1-6 – температура під поршневих просторів 1-6 циліндрів;

HT sw T cyl.1-6 – температура гарячого контуру охолоджуючої рідини 1-6 циліндрів;

Pistoncool. Oil. T cyl.1-6 – температура охолоджуючого мастила поршнів 1-6 циліндрів;

M/E RPM – об/хв. двигуна;

LT press – тиск холодного контуру охолоджуючої рідини;

SW press – тиск забортної води у магістралі;

Fuelindex – відсотковий індекс подачі палива до ГД;

BR PitchPos – відсоткова позиція повороту лопатей гребного гвинта;

A.C.t – температура повітря наддуву;

A.C. P – тиск повітря наддуву;

T/Crpm – об/хв. повітряної турбіни;

HTP – тиск охолоджуючої води гарячого контуру;

F.R. P – тиск палива у паливній магістралі двигуна;

S.O.R. P – тиск мастила у магістралі двигуна;

HFO t – температура палива у магістралі двигуна;

F.R. Ps1 – тиск палива на початку паливної магістралі;

F.R. Ps2 – тиск палива у кінці паливної магістралі;

HT t – температура охолоджуючої води гарячого контуру.

Дані параметри були зібрані на протязі 24 годин сталого режиму роботи ДВЗ (морський перехід) з інтервалом у 9 хвилин. Після згаданих розрахунків були отримані результативні показники що до впливу вище вказаних параметрів одне на одного, а також на ефективність роботи головного двигуна, а саме на витрати палива та корисну потужність на виході системи (обороті та обертаючий момент двигуна).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції параметрів суднового ДВЗ.

	A.C.t	A.C. P	T/Crpm	HTP	F.R. P	S.O.R. P	HFOt	F.R. Ps1	F.R. Ps2	HTt
A.C.t	1	0,55	0,48	0,45	0,43	0,47	-0,1	0,67	0,57	0,03
A.C. P	0,55	1	0,96	0,44	0,92	0,95	-0,39	0,61	0,56	0,23
T/C rpm	0,48	0,96	1	0,41	0,96	0,98	-0,40	0,56	0,52	0,26
HT P	0,45	0,44	0,41	1	0,37	0,39	0,21	0,56	0,55	0,1
F.R. P	0,12	0,78	0,96	0,37	1	0,96	-0,39	0,5	0,42	0,3
S.O.R. P	0,47	0,95	0,98	0,39	0,96	1	-0,41	0,53	0,47	0,28
HFO t	-0,1	-0,39	-0,4	0,21	-0,39	-0,41	1	-0,09	-0,11	-0,11
F.R. Ps1	0,67	0,61	0,56	0,56	0,5	0,53	-0,09	1	0,93	-0,06
F.R. Ps2	0,57	0,56	0,52	0,55	0,42	0,47	-0,11	0,93	1	-0,1
HT t	0,03	0,23	0,26	0,1	0,3	0,28	-0,11	-0,06	-0,1	1

Висновки

Як можна побачити з табл. 1, основними параметрами, що впливають на ефективність роботи головного суднового ДВЗ є: тиск охолоджуючої рідини у охолоджувачі повітря наддуву, тиск у початку паливної магістралі та у її кінці, а також обороти турбонагнітача повітря наддуву. Дані параметри регулюються незалежними від системи дистанційного автоматичного управління головним двигуном (СДАУ ГД) другорядними підсистемами, що робить їх роботу не згаданою з поточними показниками роботи головного СДВЗ. Така система однозначно не дозволяє здійснювати оцінку роботи САУ ГД; Вирішенням проблеми є створення або удосконалення існуючої комплексної інформаційно – управляючої системи (ІУС) керування СДВЗ з випередженням, яка включатиме в себе модулі керування системою подачі палива та регулювання температури і тиску у охолоджувачі повітря наддуву СДВЗ.

Список літератури

1. Неменко А.В. Прогнозирование параметров рабочего процесса судового двигателя внутреннего сгорания по его индикаторной диаграмме / А.В. Неменко, М.М. Никитин // Вестник СевГУ. – Вып. 75: Механика, энергетика, экология. – Севастополь: СевНТУ, 2006. – С.53–63.
2. Варбанец Р.А. Параметрическая диагностика дизелей SBV6M540 и PEGASO 9156/ Р.А. Варбанец // Авиационно – космическая техника и технология, 2006, №8 (34). С. 144-148.
3. Опря А.Т. 0–62 Статистика (модульный вариант з програмною формою контролю знань) / А.Т. Опря. – К.: Центр учбової літератури 2012. – 448с.
4. Телемтаев М.М. Информационные системы / М.М. Телемтаев // МСТ; Москва; 2010. – 60с.
5. http://o.b5z.net/i/u/10025382/i/kongsberg/k-chief_500_amcs.pdf.

Надійшла до редколегії 25.06.2015

Рецензент: д-р техн.наук, проф. Г.В. Рудакова, Херсонський національний технічний інститут, Херсон.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.Л. Симаненков, С.О. Рожков

Рассматривается проблема повышения эффективности работы судового двигателя внутреннего сгорания (СДВС) за счет внедрения в его систему автоматического управления (САУ) подсистем управления основными характеристическими параметрами СДВС. За основу исследования взят СДВС типа Wärtsilä - Sulzer 6 RT-flex 50b. Снятие параметров выполнялось с помощью системы контроля и мониторинга основных параметров работы СДВС типа KONGSBERG ACC20. Методом исследования выбран статистический анализ практически полученных данных, с использованием математического ожидания, дисперсии и коэффициента корреляции величины рабочего параметра в установившемся режиме работы объекта исследования (режиме морского перехода). В ходе исследования было установлено группу параметров, которые оказывают наибольшее влияние на эффективность работы СДВС. А также предложены методы решения проблемы, за счет комплексного подхода к автоматизации САУ СДВС и его подсистем.

Ключевые слова: СДВС, параметры работы СДВС, корреляционный анализ, математическая статистика.

SHIP'S INTERNAL COMBUSTION ENGINE'S MAIN PARAMETERS ANALYSIS

A.L. Simanenkova, S.O. Rogkov

The problem, of improving the efficiency of marine internal combustion engine (ICE) through the introduction in its automatic control system (ACS) ICEs main characteristic parameters managing subsystems, is observed. As the basis of research the Wärtsilä - Sulzer 6 RT-flex 50b ICE is taken. Mentioned parameters were executed with help of the ICE basic parameters control and monitoring system KONGSBERG ACC20. As the method of research, a statistical analysis of the data virtually, using a mathematical expectation, variance and correlation coefficient value of the operating parameter in the steady state operation of object (marine transfer mode), were chosen. The research found a group of parameters that have the greatest impact on the efficiency of the ICEs work. And also provides methods for solving problem through an integrated approach to ICE automation system and its subsystems.

Keywords: ICEs, the parameters of the ICEs, correlation analysis, mathematical statistics.

УДК 502/504(15)

В.Ф. Фролов

ВОО «Аэрокосмическое общество Украины», Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ОБЛОМКОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

В статье предложен метод определения массы обломков космического мусора. Метод учитывает геометрические размеры, площадь поперечного сечения различных обломков, а также плотность материала из которого состоит конкретный обломок космического мусора.

Ключевые слова: космический мусор, поперечное сечение, радиолокационное сечение, плотность, масса.

Введение

Проблема наличия на многих орбитах остатков и частей разрушившихся космических аппаратов, закончивших свой жизненный цикл, а также частей ракет-носителей, топливных баков, элементов и узлов крепёжных систем, сброшенных в космическое пространство или образовавшихся после взрыва (случайного или преднамеренного) – одним словом космического мусора, как никогда актуальна в наше время. Существующие наземные системы слежения: радиолокационные и оптико-электронные, а также бортовые, расположенные на борту космических аппаратов, позволяют определять геометрические размеры, скорости, орбиты, радиолокационные сечения. Однако определение массы, как основной меры определяющей кинетическую энергию и силу разрушающей способности частицы космического мусора, ещё далеко от совершенства [1].

Целью работы является определение массы обломков космического мусора, учитывающего геометрические размеры и плотность обломка.

Основная часть

Так как кинетическая энергия частицы космического мусора является функцией её массы и скорости, то фактически масса становится достаточной мерой разрушающей способности любого объекта, обращающегося по орбите известной высоты. Однако определение массы обращающихся по орбите частиц малых размеров ещё не совсем изучено [1, 2]. Известны методы определения массы обломков по их физическим (геометрическим) размерам, но они могут быть использованы лишь для статистических оценок массы, особенно для частиц малых размеров [3, 4]. При этом, проблематичным является процесс определения радиолокационного сечения обломка и его состав. Известно, что на орбитах вокруг Земли реально функционирует около 1000 космических аппаратов. Большинство из них действует

в низкоорбитальной области и на геостационарной орбите (47% на низких орбитах и 42% на геостационарной орбите, а остальные 11% - на средних, высокоэллиптических и сверхвысоких). Однако по мере их «старения» и аварийных ситуаций: отказов аккумуляторных батарей, солнечных батарей, самопроизвольных и преднамеренных взрывов (для военных спутников) – они превращаются в космический мусор.

Распределение космических аппаратов по орбитам следующее [2]:

$H = 200 - 400$ км – пилотируемые МКС;

$H = 800 - 1000$ км – автоматические космические аппараты;

$H = 1900 - 20500$ км – орбиты навигационных систем GPS, ГЛОНАСС, GALILEO Sat (EKA);

$H = 35,785$ км – спутники связи, ретрансляторы, метеоспутники.

В каталогах NASA, в настоящее время, каталогизировано около 20 тысяч объектов космического мусора размером более 10 см. Каталог постоянно пополняется и совершенствуется и ежемесячно (по подписке) становится доступным для заинтересованных лиц.

Частицы мусора вращаются с огромными скоростями вокруг Земли (12 – 20 км/сек) и соударяясь ежегодно увеличивают свою плотность на 4% [2]. Это приводит к тому, что образующие «рои» представляют реальную угрозу безопасности космических полётов. Ведь кусочек алюминия диаметром 1 см в настоящее время невозможно обнаружить на низкой околоземной орбите, а он в то же время обладает такой же кинетической энергией, как типичная ручная граната [1]. Что уже говорить об обломках в виде ступеней ракет-носителей, топливных баков, крепёжных соединений, выброшенных в космическое пространство при расстыковки, утерянных инструментах (при выходе в открытый космос), а также самопроизвольно отсоединившихся элементов конструкции МКС. В общей сложности их масса

достигла величины 5000 тонн, а количество (включая и мелкие до 1 мм) – превышает триллион [1].

Ежегодный прирост космического мусора можно определить по формуле:

$$N = N_0 \exp(-bt) + (q/b) \cdot [1 - \exp(-bt)], \quad (1)$$

где q – скорость образования мусора; b – коэффициент пропорциональности; $(-bN)$ – скорость гибели (оседания в плотных слоях); N_0 – начальное количество мусора.

Высотное распределение каталогозированных обломков согласно каталога NORAD (NASA) представлено на рис. 1.

Зная теперь, каким образом определяется размер обломков космического мусора (с помощью радиолокационных, оптико-электронных и бортовых систем), и имея представление о присущих этому процессу ограничениях, перейдем к вопросу о расчете массы частиц мусора.

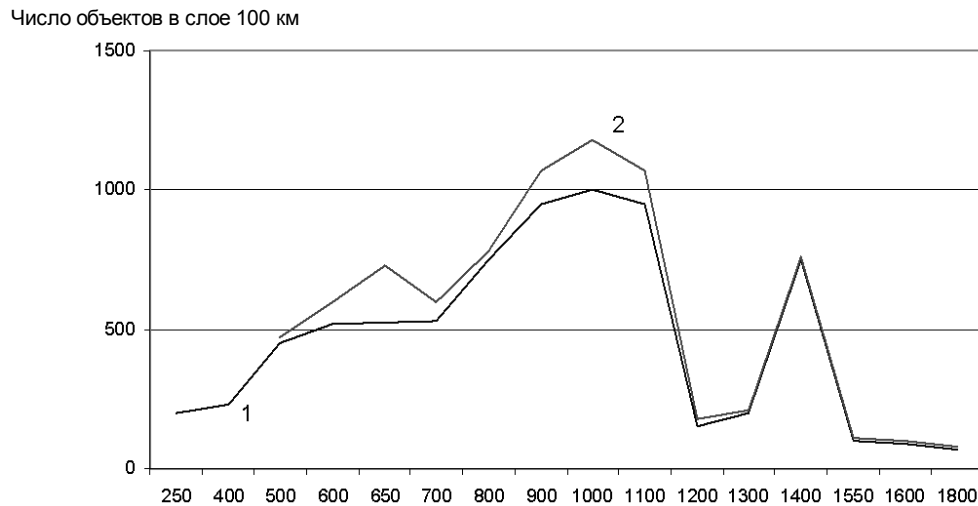


Рис. 1. Высотное распределение каталогозированных обломков: кривая 1 – данные каталога, кривая 2 – математическое моделирование высотного распределения

В настоящее время для перехода от размера частицы к его массе наиболее широко используется метод, предложенный в работе [3]:

$$M = 62 \cdot 10^3 (A_c)^{1,13}, \quad (2)$$

где M – масса частицы (г); A_c – площадь поперечного сечения частицы (M^2).

В этом соотношении множитель $62 \cdot 10^3$ соответствует плотности частицы, а 1,13 является геометрическим коэффициентом, который представляет со-

бой некоторое значение между соответствующими коэффициентами для полого (1,0) и сплошного цилиндров (1,5). Соотношение между размером и массой обломков было получено эмпирическим путем на основе обработки данных о находящихся на орбите полезных нагрузках, пустых корпусов ракет, осколков мусора. Эмпирическое соотношение между массой осколков и их радиолокационным сечением представлено на рис. 2.

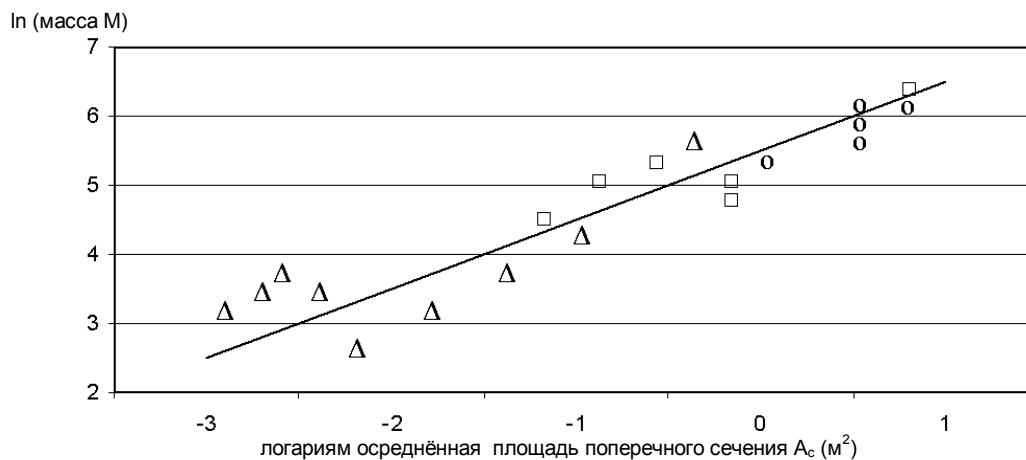


Рис. 2. Эмпирическое соотношение между массой осколков и их радиолокационным сечением

Для более точного определения массы частицы космического мусора (кроме радиолокационного

сечения) необходимо учесть форму и плотность частицы (которая определяется компонентом конструк-

ции космического аппарата). Так как основным компонентом конструкции спутников является алюминий, соответственно и плотность этого металла 2700 кг/м^3 будет являться величиной, необходимой для расчета массы частицы. Форму же частицы, в основном, принято считать сферической и коэффициент лобового сопротивления (являющийся сложной функцией взаимодействия материала частицы с атмосферой или космической средой) в статической атмосфере составляет 2,2, а с учетом средней скорости вращения атмосферы принимается равной 2,0.

Располагая величиной баллистического коэффициента [1], вычисленной с помощью программы расчета долгосрочных изменений параметров орбиты, можно найти массу обломка после оценки его плотности.

Функция плотности, которая использовалась при определении массы находящихся на орбите осколков, представлена на рис. 3. Для определения точности значения массы, с помощью предлагаемой методики, необходимо провести анализ конкретного случая фрагментации разрушившегося спутника (после взрыва или столкновения).

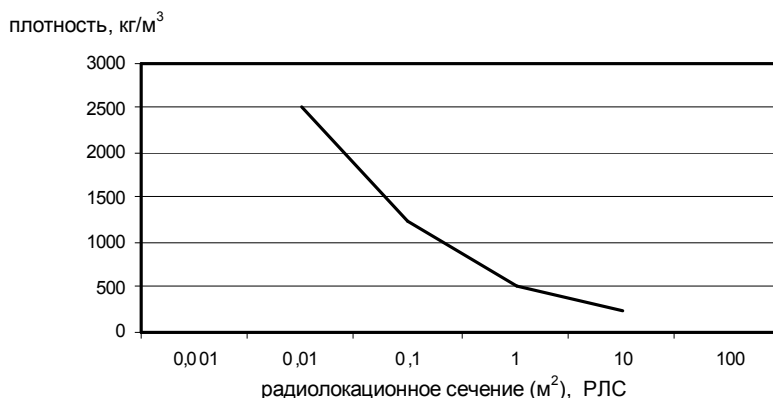


Рис. 3. Определение массы находящихся на орбите осколков

Фрагменты (осколки), занесенные в каталог, должны будут отслеживаться с помощью наземных систем обнаружения, определяя их РЛС.

Используя функцию плотности (рис. 3) и баллистический коэффициент, вычисленный с помощью прогнозирующего устройства, получим массу находящихся на конкретной орбите осколков.

Выводы

В связи с тем, что степень повреждения и требования к защите космических аппаратов, находящихся на низких околоземных орбитах, в сильной степени зависят от массы сталкивающихся с ними осколками космического мусора, важное значение приобретает предсказание массы обнаруживаемых частиц на основе использования баллистического коэффициента и функции плотности осколков.

Список литературы

1. Фролов В.Ф. Екологічна безпека біосфери Землі і Космосу. Монографія / В.Ф.Фролов. – К.: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2015. – 220 с.
2. Техногенное засорение околоземного космического пространства. Отраслевое пособие / А.П. Алпатов, В.П. Басс, С.А. Баулин, В.И. Бразинский, В.П. Гусынин и др. – Днепропетровск: Пороги, 2012. – 378 с.
3. Kessler D.J. Collision Frequency of Artificial Satellites: Creation of a Debris Belt // Progress in Astronautics and Aeronautics. – Vol. 71, edited by H.B.Garrett and C.P.Pike. – AIAA, New York, 1983. – P. 707 – 736.
4. Кесслер Д.Дж. Прогноз засорения космического пространства / Д.Дж. Кесслер // Аэрокосмическая техника. – 1989. – №1. – С. 145 – 147.

Надійшла до редколегії 4.06.2015

Рецензент: д-р техн.наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія, Київ.

ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ УЛАМКІВ КОСМІЧНОГО СМІТТЯ

В.Ф. Фролов

У статті запропоновано метод визначення маси уламків космічного сміття. Метод враховує геометричні розміри, площу поперечного перерізу різних уламків, а також щільність матеріалу, з якого цей конкретний уламок утворився.

Ключові слова: космічне сміття, поперечний переріз, радіолокаційний переріз, щільність, маса.

DETERMINING THE MASS OF SPACE DEBRIS FRAGMENTS

V.F. Frolov

The article proposes a method for determining the mass of space debris fragments. The method takes into account the geometrical dimensions, cross-sectional area of different debris fragments and the density of the material of which the specific piece of debris consists.

Keywords: space debris, cross-section, radar cross-section, density, mass.

EFFICIENCY TEST FOR GRADIENT OPERATOR AND LAPLACIAN OPERATOR IN KALMAN FILTER'S TV TRACKING VIA CHI-SQUARE TEST

The spread of electronics to variety of applications created a growing need in systems that track moving objects detected by real time TV imaging. Many applications of such systems exist, for example, computer vision, biomedical imaging, and gunfire control systems. The objective of TV tracking is to determine the position in the image plane of an independent moving object (the target) detected by a TV camera and in to "track" that object throughout its motion. Results over of comparative tests of different methods of edges determination are brought between characters on a television image. Tests showed that the Laplacian operator is more effective, than gradient operator at the use of him in the Kalman filter.

Keywords: gradient operator, Laplacian operator, Kalman filter

Introduction

The general layout of a real time TV tracking system may have the form shown in Fig. 1. The platform signals, represented by the azimuth and elevation angles of the camera position with respect to a certain reference, are the alignment errors due to the difference between the line of sight (LOS) and the camera optical axis.

These signals are fed into the stepper motor of the platform to guide the camera in the direction of the moving target until the optical axis coincides with the LOS such that the target remains centered in the (FOV). Finally, the TV monitor is used for supervision enabling an operator to establish a visual contact of the tracking process.

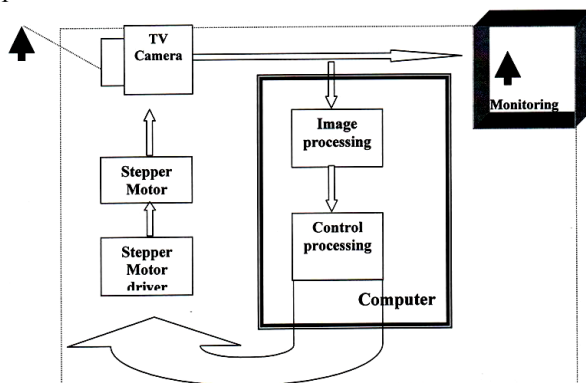


Fig. 1. The general layout of a real time TV tracking system

TV tracking systems are considered useful in short-range applications because of the ability to visualize the target [1]. Their high resolution capability and However, atmospheric conditions and complicated background environments affect their performance, where it becomes difficult to identify targets under such circumstances. Most of the techniques are based on pattern recognition,

which uses statistical and structural methods. Such an approach is based on the hypothesis that features of objects from different classes lie in easily separable regions of the multidimensional feature space, while features from the same class cluster together [2]. Passive nature make more effective in situation where transmitted signals are subjected to noise jamming and other counter-measure techniques, as opposed to other systems.

Image Segmentation

To describe target motion in a time-varying sequence of images, a complicated image is converted into a simpler form by a process known segmentation. This is the process that subdivides an image into its constituent parts or objects [3].

Edge Detection

An edge is the boundary between two regions with relatively distinct gray-level properties. In the following discussion, the assumption is that the regions in question are sufficiently homogeneous so that the transition between two regions can be determined on the basis gray-level discontinuities alone. When this assumption is not valid, basically the idea underlying most edge-detection techniques is the computation of a local derivative operator. Fig.2 Illustrates this concept.

Fig. 2-a shows an image of a light stripe on a dark background, the gray-level derivatives of the profile. Note from the profile that an edge (Transition from dark to light) is modeled as a smooth, rather than as an abrupt change of gray-level. This model reflects the fact that edges in digital images are generally slightly blurred as a result of sampling. Fig. 2-a shows that the first derivative (1) of the gray level profile is positive at the leading edge of a transition, negative at the trailing edge, and, as expected, zeros in areas of constant gray level.

$$G = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\nabla f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}. \quad (2)$$

The second derivative (2) is positive for that part of the transition associated with the dark side of the edge, negative for that part of the transition associated with the light side of the edge, and zero in areas of constant gray-level. Hence the magnitude of the first derivative can be used to detect the presence of an edge in an image, and the sign of the second derivative can be used to determine whether an edge pixel lies on the dark or light side of an edge. Note that the second derivative has a zero crossing at the mid-point of a transition a gray-level. Zero crossings provide as a powerful approach for locating edges in an image. Although the discussion so far has been limited to a 1-D horizontal profile, a similar argument applies to an edge of any orientation in an image.

We simply define a profile perpendicular to the edge direction at any desired point and interpret the results as in the preceding discussion. The first derivative at any point in an image is obtained by using the magnitude of the Gradient at that point. The second derivative is similarly obtained by using the Laplacian.

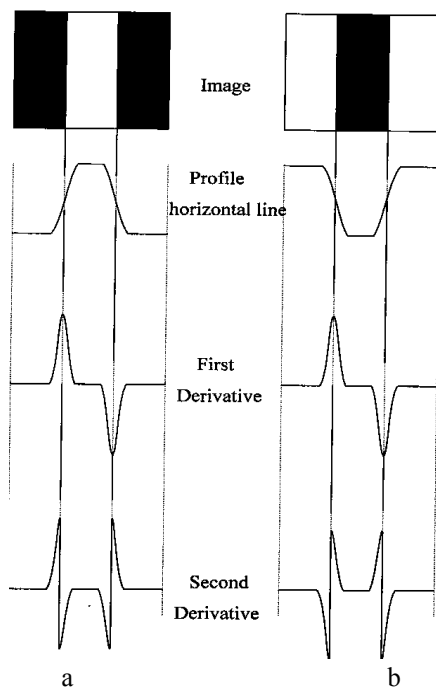


Fig. 2. Local derivative operator

Gradient operator

The gradient of an image $f(x,y)$ at location (x,y) is the vector. It is well known from vector analysis that the gradient vector points in the direction of maximum rate of change of f at (x,y) . In edge detection an important quantity is the magnitude of this vector, generally referred to simply as the gradient and denoted of equation (3).

$$\nabla f = \text{mag}(G) = \left| G_x^2 + G_y^2 \right|^{1/2}, \quad (3)$$

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|, \quad (4)$$

$$a(x,y) = \tan^{-1}(G_x/G_y), \quad (5)$$

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3), \quad (6)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7). \quad (7)$$

This quantity equals the maximum rate of increase of $f(x,y)$ per unit distance in the direction of G . Common practice is to approximate the gradient with absolute value, equation (4), which is much simpler to implement, particularly with dedicated hardware. The direction of the gradient vector also is an important quantity.

Let $a(x,y)$ represents the direction angle of the vector at (x,y) . Then from vector analysis, Where the angle is measured with respect to the x axis. From equations (4) and (5) show that computation of the gradient of an image is based on obtaining the partial derivatives $\partial f / \partial x$ and $\partial f / \partial y$ at every pixel location. Derivatives may be implemented in digital form in several ways. However, the Sobel [3] operators have the advantage of providing both a differencing and a smoothing effect.

Because derivatives enhance noise, the smoothing effect is a particularly attractive feature of the Sobel operators derivatives based on the Sobel operator masks. Where, as before, z 's are the gray levels of the pixels overlapped by the mask at any location in an image. Computation of the gradient at the location of the center of the masks then utilizes Fig. 3, giving one value of the gradient.

z_1	z_2	z_3	-1	-2	-1	-1	0	1
z_4	z_5	z_6	0	0	0	-2	0	2
z_7	z_8	z_9	1	2	1	-1	0	1

Fig. 3. The Sobel operator masks

To get the next value, the masks are moved to the next pixel location and the procedure is repeated. Thus, after procedure has been completed for all possible locations, the result is a gradient image of the same size as the original image. As usual, mask operations on the border of an image are implemented by using the appropriate partial neighborhoods.

Laplacian operator

The Laplacian of a 2-D function $f(x,y)$ is a second order derivative defined as in the case of the gradient, equation (2), may be implemented in digital form in various ways.

$$\nabla^2 f = 4z_5 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8). \quad (8)$$

For 3x3 region, the form most frequently uncounted in practice The basic requirement in defining the digital Laplacian is that the coefficient associated with the center pixel be positive and the coefficients associated with

the outer pixels be negative. Because the Laplacian is a derivative, the sum of the coefficients has to be zero. Hence the response is zero whenever the point in question and its neighbors have the same value. Although, as indicated earlier, the Laplacian responds to transition in intensity, it is seldom used in practice for edge detection for several reasons. As a second-order derivative, the Laplacian typically is an unacceptably sensitive to noise. Moreover, the Laplacian produces double edges and is unable to detect edge direction. For these reasons, the Laplacian usually plays the secondary role of the detector for establishing whether a pixel is on the dark or light side of an edge [3]. A more general use of the Laplacian is in finding the location of edges using its zero-crossings properly (see Fig.4). This concept is based on convolving an image with the Laplacian of a 2-D Gaussian function of the form equation

$$h(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right),$$

where σ^2 is the standard deviation [4]. Let $r^2 = x^2 + y^2$. Then from equation (10) the Laplacian is Fig. 5-a shows as a cross section of this circularly symmetric function. (Note the smoothness of the function). This shape is the model upon which equation (10) and the mask in Fig. 4 is based.

$$\nabla h = \left(\frac{r^2 - \sigma^2}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right). \quad (10)$$

When viewed in 3-D perspective with the vertical axis corresponding to intensity, equation (10) has a classical form. It can have shape. The average value of the Laplacian operator is zero. The same is true of the Laplacian image obtained by convolving this operator with a given image [3].

Tracking results testing

Results of the tracking stage are stored in profiles, to test them in this section the Chi-Square test is used to examine these output results, to get the error in this output apply the equation (11)

$$E_i = (o_i - e_i)^2 / e_i, \quad (11)$$

where E_i is an error, o_i is an actual x_c , and e_i is an estimated x_c for i^{th} scene.

Testing the edge detection results

It first starts with an output of Kalman filter's tracking, which used Gradient operator centroid, to get the error in this output apply the equation (11). The Chi-Square value with ($y = 30$) degree of freedom and confidence interval ($\alpha = 0.05$), is ($X^2 = 13.2500$) and the tabulated value of the Chi-Square is ($\chi^2 = 43.773$), while $X^2 < \chi^2$ that means an estimated value is accepted.

Secondly the output of Kalman filter's tracking, which is used Laplacian operator's centroid and to get the error in this output apply equation (11). The Chi-Square value with ($y = 30$) degree of freedom and confidence interval ($\alpha = 0.05$), is ($X^2 = 11.9528$) and the tabulated value of the Chi-Square is ($\chi^2 = 43.773$), while $X^2 < \chi^2$ that means an estimated value is accepted.

Conclusion

The results of two operators showed that X^2 for an operator Laplacian less than X^2 for the operator of Gradient, which avaricious operator Laplacian, more effective for the Kalman filter.

The list of references

1. Robert A. Singer, Member, IEEE TRANSACTION ON AROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEM, Vol. AES-6, NO. 4, JULY 1970.
2. Bhanu, B. /Automatic Target Recognition : state of the art survey , "IEEE Trans. On Aerospace and Electronic system, Vol.22, 4, pp.364-380, July 1986.
3. Rafael C. Gonzalez "Digital Image Processing", Addison Wesley Publishing Company, second edition 1992.
4. Marr. D. and Hildreth. E. [1980]. Theory of edge Detection/Tree. R.SOC. Lond., vol. B207.pp 187-217.

Надійшла до редколегії 25.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Рудницький, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕСТУ ДЛЯ ОПЕРАТОРА ГРАДІЄНТА І ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА В ТЕЛЕВІЗІЙНОМУ ВІДСТЕЖЕННІ ФІЛЬТРА КАЛМАНА ЧЕРЕЗ ТЕСТУВАННЯ КСИ-КВАДРАТ

Аль-Джанаби Акіл Бахп Тархан, Л.А. Шувалова

Метою ТВ трекінгу є визначення положення в площині зображення незалежного рухомого об'єкта (цілі) при виявленні сліду, отриманого від об'єкта на протязі його руху. Наведені результати порівняльних випробувань різних методів визначення контурів об'єктів від фону зображення на екрані телевізора. Випробування показали, що оператор Лапласа є більш ефективним, ніж градієнтний оператор, коли він використовується у фільтр Калмана.

Ключові слова: оператор градієнта, оператор Лапласа, фільтр Кальмана.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕСТА ДЛЯ ОПЕРАТОРА ГРАДИЕНТА И ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА В ТЕЛЕВИЗИОННОМ ОТСЛЕЖИВАНИИ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ЧЕРЕЗ ТЕСТИРОВАНИЕ КСИ-КВАДРАТ

Аль-Джанаби Акил Бахп Тархан, Л.А. Шувалова

Целью ТВ трекинга является определения положения в плоскости изображения независимого движущегося объекта (мишени) при обнаружении следа, полученного от объекта на протяжении его движения. Приведены результаты сравнительных испытаний различных методов определения контуров объектов из фона на телевизионном изображении. Испытания показали, что оператор Лапласа более эффективен, чем оператор градиента при использовании его в фильтре Кальмана.

Ключевые слова: оператор градиента, оператор Лапласа, фильтр Кальмана.

УДК 004.65

О.В. Барабаш, В.С. Зоценко

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЗВ'ЯЗНОСТІ СТРУКТУР ПЕРВИННИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

В даній роботі досліджено технологічні вимоги до телекомунікаційних мереж. Проаналізовано ступені зв'язності основних структур телекомунікаційних мереж. На основі отриманих результатів, зроблено висновок про шляхи покращення зв'язності даних структур та як підвищення коефіцієнту зв'язності задаваної структури впливає на вартість синтезу телекомунікаційної мережі.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, живучість, граф, топологія, зв'язність.

Вступ

Телекомунікаційна мережа являє собою сукупність технічних засобів, що забезпечують передачу і розподіл потоків інформації при взаємодії віддалених об'єктів. У якості віддалених об'єктів локальні та територіальні мережі. Телекомунікаційні мережі прийнято оцінювати низкою показників, що відбивають у цілому можливість і ефективність транспортування інформації в них.

Можливість передавання інформації в телекомунікаційній мережі пов'язана зі ступенем її працездатності у часі, тобто виконання заданих функцій у встановленому обсязі на потрібному рівні якості протягом певного періоду експлуатації мережі чи в довільний момент часу.

Постановка завдання в загальному вигляді. На сьогодні питання надійності мережі є досить актуальним, оскільки працездатна мережа – одна із головних запорок успішного бізнесу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттям живучості.

Живучість мережі зв'язку характеризує її спроможність зберігати повну або часткову працездатність за дії причин, що перебувають за межами мережі й призводять до руйнувань або значних пошкоджень певної частини її елементів (пунктів та ліній зв'язку). Показниками живучості можуть виступати: ймовірність того, що поміж будь-якою парою (заданою парою) пунктів мережі можна передати обмежений обсяг інформації після впливу уражаючих чинників; мінімальна кількість пунктів, ліній (або тих та інших) мережі, вихід із ладу яких призводить до незв'язної мережі щодо довільної пари пунктів; середнє число пунктів, що залишаються зв'язними при одночасному uszkodженні декількох ліній зв'язку [1 – 4]. В статті запропоновано розглянути основні вимоги до телекомунікаційних мереж, а також основні види структур мереж.

Аналіз основних публікацій. Проблеми надійності мереж досліджувались у роботах багатьох

авторів, основними з яких є роботи Б.П. Філіна, В.А. Гадасіна, І.А. Ушакова, А.М. Половка, І.О. Рябініна, О.В. Семашка та інших вчених [1 – 4]. Також основні принципи побудови надійних мереж були розглянуті в роботах О.В. Барабаша, О.А. Машкова, Кравченка Ю.В. та інших [5 – 9]. Кожен із авторів має свою методику обчислення надійності мереж, яка має як свої переваги так і недоліки, тому існує необхідність в її постійному удосконаленні.

Метою даної статті є аналіз зв'язності основних структур телекомунікаційних мереж (ТКМ), а також шляхи підвищення зв'язності.

Основна частина

Основними технологічними вимогами до мереж є:

1) висока продуктивність (пропускна здатність) ТКМ;

2) семантична і часова прозорість ТКМ, тобто система має бути інваріантною до структури трафіка існуючих мережних технологій і забезпечувати в заданих межах значення ймовірно-часових показників якості його обслуговування;

3) «широкосмуговість», під якою розуміється можливість гнучкої і динамічної зміни швидкості передачі інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача;

4) ефективність використання мережних ресурсів (канальні, фізичні ресурси і ресурси мережного обладнання);

5) надійність ТКМ як на експлуатаційному рівні (відмовостійкість), так і на рівні доставки пакетів (імовірність доставки);

6) масштабованість, тобто здатність ТКМ нарощувати кількість вузлів і протяжність зв'язків в дуже широких межах із збереженням продуктивності мережі в заданих межах, що досягається сегментацією ТКМ і використанням ієрархічних структур.

На рівні найзагальнішого уявлення телекомунікаційна мережа складається з сукупності пунктів і з'єднуючих їх ліній. Взаємне розташування пунктів

та ліній характеризує зв'язність мережі і здатність до забезпечення доставки інформації в різні пункти.

Поняття зв'язності графів відіграють фундаментальну роль при аналізі та синтезі структур мереж зв'язку. Особливі значення характеристики зв'язності мають при дослідженні живучості та структурної надійності мереж зв'язку [6-9].

Структура первинної мережі природним чином може бути задана графом $G=(N, R)$, де N – множина вершин, а R – множина гілок. Кожному мережевому вузлу первинної мережі буде відповідати вершина графа G , а кожній сполучній лінії – гілка графа G . Характеристики елементів первинної мережі в цьому випадку відповідають параметрам відповідних вершин і гілок графа G .

Структура, що відбиває взаємозв'язок пунктів (конфігурацію ліній), називається топологією [5].

Розрізняють топологію фізичну й логічну. Фізична топологія показує розміщення мережних пунктів і конфігурацію кабельної системи. Логічна топологія дає уявлення про шляхи, якими передаються потоки інформації поміж пунктами.

Граф є топологічною моделлю структури інформаційної мережі. Вибір топології мережі є щонайпершою задачею, розв'язуваною при її побудові, і визначається такими вимогами, як *економічність* та *надійність зв'язку*.

Задача вибору топології мережі розв'язується порівняно нескладно, якщо є відомий набір стандартних топологій, з яких вона може бути складена.

Розглянемо низку базових топологій та їхні особливості.

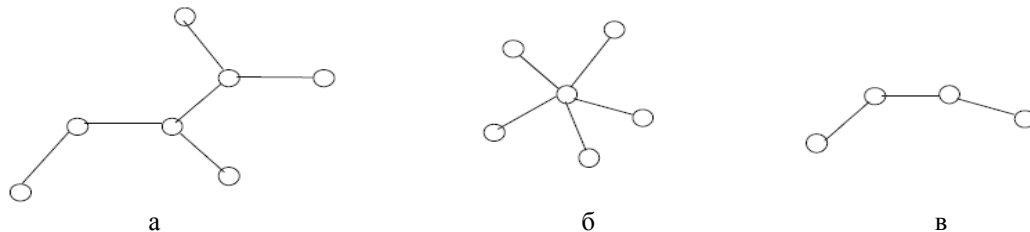


Рис. 1. Деревоподібна топологія: а – дерево, б – зірка, в – ланцюг

Топологія «кільце» (рис. 2) характеризує мережу, в якій до кожного пункту приєднано дві, й лише дві лінії. Кільцева топологія широко використовується в локальних мережах, в сегментах міжвузлових з'єднань територійних мереж, а також у мережах абонентського доступу, що зорганізовані на базі оптичного кабелю.

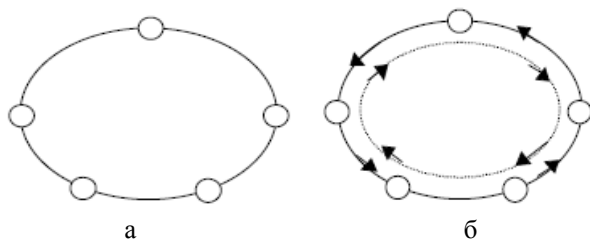


Рис. 2. Приклади опології «кільце»

Топологія «точка – точка» є найбільш простим прикладом базової топології і являє собою сегмент мережі, що зв'язує фізично і логічно два пункти. Надійність зв'язку в такому сегменті може бути підвищена за рахунок введення резервного зв'язку, який забезпечує стовідсоткове резервування, назване захистом типу 1+1. При виході з ладу основного зв'язку мережа автоматично переводиться на резервну. Незважаючи на всю простоту, саме ця базова топологія найбільш широко використовується при передаванні великих потоків інформації високошвидкісними магістральними каналами, наприклад, трансокеанськими підводними кабелями, обслуговуючими цифровий телефонний трафік. Вона ж використовується як складова частина радіально-кільцевої топології (як радіуси). Топологія «точка – точка» з резервуванням типу 1+1 може розглядатися як вироджений варіант топології «кільце».

Особливістю сегмента мережі, що має **деревоподібну топологію** (рис. 1) будь-якого із зазначених варіантів, є те, що зв'язність n пунктів на рівні фізичній топології тут досягається числом ребер $R = (n - 1)$ що забезпечує високу економічність такої мережі на логічному рівні. Кількість зв'язуючих шляхів передавання інформації поміж кожною парою пунктів в такому сегменті завжди дорівнює $h=1$. З погляду надійності це досить низький показник. Підвищення надійності в таких мережах досягається введенням резервних зв'язків (наприклад, захисту типу 1+1). Деревоподібна топологія знаходить застосування в локальних мережах, мережах абонентського доступу.

Кількість ребер графа, що відбиває фізичну топологію, дорівнює числу вершин: $R = n$ і характеризує порівняно невисокі витрати на мережу.

На логічному рівні поміж кожною парою пунктів може бути зорганізовано $h = 2$ незалежних зв'язуючих шляхів (прямий та альтернативний), що забезпечує підвищення надійності зв'язку в такому сегменті, особливо при використанні резервування типу 1+1, так званого подвійного кільця. (рис. 2, б).

Подвійне кільце утворюється фізичними з'єднаннями поміж парами пунктів, при яких інформаційний потік прямує в двох протилежних напрямках (східному й західному), причому один напрямок використовується як основний, другий – як резервний.

Повнозв'язна топологія забезпечує фізичне і логічне з'єднання пунктів за принципом «кожний із кожним». Граф, що включає n вершин, містить $R = n \cdot (n - 1) / 2$ ребер, що визначає високу вартість мережі. Кількість незалежних зв'язуючих шляхів між кожною парою пунктів у такому сегменті мережі дорівнює $h = (n - 1)$. Повнозв'язна топологія на логічному рівні має максимальну надійність зв'язку завдяки можливості організації великої кількості обхідних шляхів. Така топологія є характерна для територійних мереж при формуванні сегментів базових і опорних (магістральних) мереж. Максимальна надійність зв'язку в сегменті досягається при використанні на обхідних напрямках альтернативних середовищ передавання сигналів (наприклад, волоконно-оптичний кабель і радіорелейна лінія).

Комірчаста топологія (рис. 3). Кожний пункт сегмента має безпосередній зв'язок з невеликою кількістю пунктів, найближчих за відстанню. При великій кількості вершин число ребер $R \approx g \cdot n / 2$, де g – число ребер, інцидентних кожній вершині. Комірчасті сегменти мають високу надійність зв'язку при меншому числі ребер порівняно з повнозв'язним сегментом.

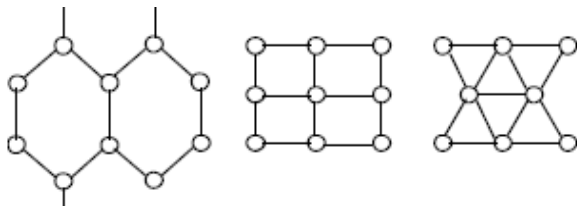


Рис. 3. Комірчаста топологія

Використання повнозв'язної та комірчастої топологій доцільне лише в сегментах з високою концентрацією трафіка, оскільки їхня реалізація пов'язана зі значними витратами.

Висновок

На основі викладеного матеріалу можна побачити, що кожна структура має як свої переваги так і

недоліки. Під час проектування телекомунікаційних мереж часто потрібно знаходити компромісне оптимальне рішення, яке б дало змогу отримати якомога надійну мережу (із найбільшим коефіцієнтом зв'язності) за мінімальну вартість.

Список літератури

1. Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. / Б.П. Филин // – М.: Радио и связь, 1988. – 204 с.
2. Гадасин В.А. Надежность сложных информационно-управляющих систем. / В.А. Гадасин, И.А. Ушаков // – М.: 1975. – 191 с.
3. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко // – М.: Наука, 1964. – 446 с.
4. Рябинин И.А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И.А. Рябинин // – М.: Радио и связь, 1981. – 264 с.
5. Нікітюк Л.А. Архітектура інформаційних мереж / Л.А. Нікітюк // – Одеса: УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000. – 60 с.
6. Барабаш О.В. Оценка показателя функциональной устойчивости псевдoreгулярных структур распределенных информационных систем / О.В. Барабаш, А.А. Бельская // Проблемы транспорта: збірник наукових праць. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 8. – С 245 – 250.
7. Барабаш О.В. Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем / О.В. Барабаш, О.А. Машков // Моделювання та інформаційні технології: збірник праць. – К.: ІПМЕ НАН України, 2003. – Вип.25. – С. 29 – 35.
8. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш // – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
9. Кравченко Ю.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / Ю.В. Кравченко, О.В. Барабаш // Збірник наукових праць. – К.: НАОУ, 2002. – Бюл.№40. – С. 225 – 229.
10. Емеличев В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкетич // – М.: Наука, 1990. – 384 с.

Надійшла до редколегії 1.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Кравченко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СВЯЗНОСТИ СТРУКТУР ПЕРВИЧНОЙ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

О.В. Барабаш, В.С. Зоценко

В данной работе исследованы технологические требования к телекоммуникационным сетям. Проанализированы степени связности основных структур телекоммуникационных сетей. На основе полученных результатов сделан вывод о путях улучшения связности данных структур и как повышение коэффициента связности заданной структуры влияет на стоимость синтеза телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, живучесть, граф, топология, связность.

REQUIREMENTS ANALYSIS OF CONNECTIVITY STRUCTURES PRIMARY TELECOMMUNICATION NETWORK

O.V. Barabash, V.S. Zotsenko

In this paper researched the technological requirements for telecommunications networks. We analyzed the level of connectedness of the basic structures of telecommunication networks. Based on the results concluded on ways to improve the connectivity of these structures and how to increase the connectivity factor of a given structure affects the cost of the synthesis of the telecommunications network.

Keywords: telecommunication network, vitality, graph, topology, connectivity.

УДК 621.39

В.В. Баранник¹, С.С. Шульгин²¹Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков²Национальная академия обороны Украины, Киев

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ БАЗИС ЭФФЕКТИВНОГО СИНТАКСИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СЛОТОВ Р-КАДРОВ В ГРАДИЕНТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛОКАЛЬНО-СТРУКТУРНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Проводится обоснование необходимости обеспечения безопасности видеоинформационных ресурсов в системе объективного контроля и управления стратегически значимыми объектами. Показывается возможность повысить доступность и целостность видеоинформации путем эффективного кодирования последовательности кадров для видеопотока. Указывается, что для построения эффективного синтаксического представления требуется использовать подход, который базируется на устранении межкадровой избыточности с учетом форм представления информации на внутрикадровом уровне. Излагаются основные этапы построения концептуального базиса эффективного синтаксического представления слотов Р-кадров в градиентном пространстве локально-структурных ограничений, учитывающего: выявление структурно-локальных закономерностей по результату анализа всех элементов ДОС; ограниченные значения динамических диапазонов элементов ДОС в соответствии с закономерностями двухкомпонентного градиентного пространства; необходимость восстановления информативных элементов ДОС без потери целостности.

Ключевые слова: динамический видеоинформационный ресурс, локально-структурные закономерности, дифференциально-описанная спектрограмма, градиентное пространство.

Введение

В текущих условиях эффективное функционирование стратегически значимых отраслей и ключевых объектов профильных министерств на территории Украины во многом определяется решением вопросов, связанных с обеспечением их безопасности. Учитывая современные кризисные факторы, немаловажная роль в реализации таких требований возлагается на организацию систем управления и объективного контроля [1; 2]. Ключевой составляющей таких систем является видеоинформационное взаимодействие. Соответственно видеоинформационный ресурс набирает статуса государственного информационного ресурса с обеспечением требований по его безопасности [1; 3].

Анализ функционирования систем видеообъективного контроля и управления выявил наличие уязвимостей и угроз для потери таких категорий информационной безопасности как доступности и целостности [3]. Это становится особенно критичным в случае необходимости реализации видеоинформационного взаимодействия или организации сбора видеоинформации с дистанционных сенсоров; действиями злоумышленников; антропогенными факторами. В значительной степени такая ситуация вызвана формированием высоких интенсивностей битовых потоков.

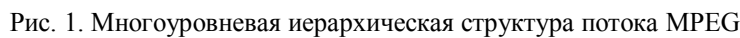
Использование технологий обработки видеопотока обеспечивает уменьшение его битовой интенсивности. Здесь используются такие технологии как MPEG с интеграцией технологий эффективного синтаксического представления видеопотоков [4; 5]. В тоже время

для существующих технологий обработки характерны недостатки. Снижение интенсивности битового потока достигается ценой увеличения задержек на время обработки и потери целостности информации. Значит тематика исследований, касающаяся повышения безопасности динамических видеоинформационных ресурсов на основе использования эффективного кодирования видеопотока является актуальной.

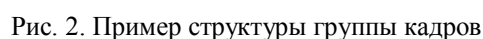
В работах [6] предлагается для эффективного синтаксического представления использовать подход, который базируется на устраняющих межкадровую избыточность. Для MPEG-технологий обработка потока кадров проводится по группам с использованием процесса формирования Р-кадров, т.е. образования слотов Р-кадров. Для построения систем эффективного кодирования требуется сформировать соответствующую базовую концепцию. В рамках направлений изложенных в статье [6] требуется создать концептуальный базис эффективного синтаксического представления слотов Р-кадров в градиентном пространстве локально-структурных ограничений, что и составляет **цель исследований статьи.**

Оценка базовой концепции селективной организации структуры MPEG-потока

Многоуровневая иерархическая структура базового MPEG потока представлена на рис. 1. Это обеспечивает эффективную обработку ошибок, возникающих при передаче пакетов по сети, и организовывать доступ и необходимых кадров на произвольной позиции в потоке. Каждый уровень имеет свой уни-



Это обусловлено тем, что внутри группы кадров, состоящей обычно из 8 или 12 кадров, каждый В кадр восстанавливается по окружающим его Р кадрам (в начале и конце группы – по I и Р). В свою очередь каждый кадр типа Р -по предыдущему Р (или I) кадру. Кадры типа I могут быть восстановлены независимо от других, они являются опорными для всех Р и В кадров группы.



Задача кодера - подавати інформацію таким образом, чтобы это условие всегда выполнялось. Поэтому показанная на рис. 2 последовательность из восьми кадров

I1; B2; B3; P4; B5; B6; B7; P8

должна поступить на вход декодера в следующем порядке:

I1; P4; B2; B3; P8; B5; B6; B7.

Для восстановления исходного порядка следования видеокадров декодер должен перегруппировать их в пределах группы, используя соответствующие дополнительные сигналы - временные метки. На рис. 3 показана переиндексация для группы из 12 кадров.

Стандарт MPEG допускает практически любые группировки видеокадров. В частности, допускается группа из одного кадра - типа I. Хотя сжатие данных при этом незначительно, однако такой поток видеоданных легко монтировать. Требуется также заметить, что в пределах кадров типа P и B отдельные макроблоки могут иметь другой тип, в частности - тип I. Размер группы может меняться "на ходу". В частности, полезно начинать новую группу в момент смены сюжета и в других случаях, где компенсация движения оказывается неэффективной. Здесь действуют сложные ограничения. Например, если первым идет полукадр B или P, то и следующий за ним второй полукадр должен быть того же типа. Если же первый полукадр относится к типу I, то второй полукадр может быть типа I или B, но не P.

Третий уровень потока видеоданных - это слой отдельных кадров (Picture layer) того или иного типа. Четвертый уровень - секционный (Slice layer). Секция (обычно ее ширина равна ширине кадра) состоит из определенного количества макроблоков размером 16 x 16 пикселей. Пятый уровень потока данных - уровень макроблоков. В кадре типа I макроблоки должны быть закодированы как внутренние, т.е. без ссылок на предыдущие или последующие. Макроблоки в кадре типа P могут быть как внутренними I блоками, так и использовать данные предыдущих кадров. На уровне формирования макроблоков учитывается распределение цветовых составляющих Cb и Cr. Стандартом MPEG предусмотрено три базовых формата цветности, а именно:

1) формат 4:4:4 - матрицы Cb, Cr и Y одинаковы по вертикали и по горизонтали. Этот формат практически почти никогда не применяется;

2) формат 4:2:2 - горизонтальные размеры матриц Cb и Cr вдвое меньше размера матрицы Y, а вертикальные размеры одинаковы. Это так называемый "профессиональный" формат, применяемый при производстве программ;

3) формат 4:2:0 - как горизонтальные, так и вертикальные размеры матриц Cb и Cr вдвое меньше размера матрицы Y. Этот формат наиболее часто применяется для вещания ТВ программ. В сравнении с форматом 4:2:2 обеспечивается дополнительное снижение объема передаваемых данных приблизительно на 25 %.

Необходимо отметить, что обозначение "4:2:0" применительно к данному контексту указывает также на взаимное расположение отсчетов Y и Cb, Cr. В данном случае отсчеты цветности не только прорежены по вертикали, но и смещены вниз на половину шага отсчетов яркости. Эта мера призвана облегчить вертикальную постфильтрацию в декодере при восстановлении полной вертикальной частоты отсчетов цветности. Однако, достигается это ценой существенного усложнения предфильтра и кодера в целом.

Выбор формата цветности влияет на структуру макроблока. Четыре блока яркости объединяются с фиксированным количеством пространственно соответствующих блоков цветности, образуя макроблок. Значит, общее количество блоков в макроблоке зависит от выбранного формата цветности. Порядок обработки и передачи блоков внутри макроблока также зависит от формата цветности, т.е.:

- 4:2:0 - макроблок состоит из шести блоков. Содержит четыре блока яркости и два блока цветности (Cb и Cr) в следующем порядке: Y1, Y2, Y3, Y4, Cb1, Cr1.

- 4:2:2 - макроблок состоит из восьми блоков. Содержит четыре блока яркости и четыре блока цветности (по два блока Cb и Cr) в следующем порядке: Y1, Y2, Y3, Y4, Cb1, Cr1, Cb2, Cr2.

- 4:4:4 - макроблок состоит из двенадцати блоков. Содержит четыре блока яркости и восемь блоков цветности (по четыре блока Cb и Cr) в следующем

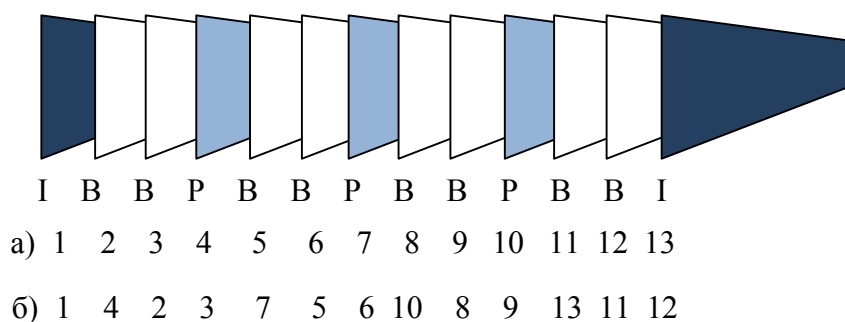


Рис. 3. Порядок обработки кадров в группе кадров: а - порядок передачи и демонстрации кадров, б - порядок декодирования кадров

порядке: Y1, Y2, Y3, Y4, Cb1, Cr1, Cb2, Cr2, Cb3, Cr3, Cb4, Cr4.

Формат битового потока MPEG-файла состоит из одной или нескольких видеопоследовательностей. В заголовке видеопоследовательности основными параметрами являются следующие: старт-код, обозначающий начало видеопоследовательности; видео-параметры (ширина, высота, скорость кадров); параметры потока (битовая скорость, размер буфера, флаг стандартизированных параметров, наличие которого означает, что при кодировании применялись стандартные параметры и видео можно декодировать на большинстве декодеров); два типа таблиц квантования для кадров с внутрикадровым кодированием (I кадры) и для кадров с межкадровым кодированием (P и B кадры). Заголовок группового кадра содержит следующие поля. Временной код – это битовое поле с временным кодом (часы, минуты, секунды, номер кадра). Заголовок макроблока включает поля, содержащие инкремент (количество пропускаемых макроблоков), тип, показывающий, используются ли векторы движения и какого типа, масштаб квантования, задающий матрицу квантования в данном макроблоке, и массив кодированных блоков (МКБ), являющийся битовой картой, показывающей, какой блок закодирован, а какой пропущен. На основе изложенного материала можно заключить следующее:

1) битовая структура MPEG потока формируется на шести уровнях, начиная с уровня отдельных блоков и заканчивая уровнем видеопоследовательности. Каждый уровень структурно включает в себя служебный заголовок и информационную часть;

2) содержание MPEG потока определяется следующими параметрами:

- количество кадров в группе (8 или 12);
- максимальное количество кадров типа B, расположенных между предсказанными кадрами типа P;
- формат цветности, определяющий количество цветовых составляющих в макроблоке и соответственно количество содержащихся в нем блоков;
- параметры вектора движения;
- шаг квантования общий и шаги квантования для каждого макроблока;
- тип сканирования трансформанты;
- тип обработки макроблока;

3) для интеграции биадического представления межкадровых апертур необходимо оценить структурные изменения в сжатом видеопотоке на нижнем уровне его формирования.

Формирование концептуального базиса эффективного синтаксического представления слотов P-кадров в градиентном пространстве локально-структурных ограничений

Основной структурной единицей (структурным базисом) для разработанного подхода обработки

последовательности кадров в потоке является дифференциально-описанная спектрограмма (ДОС) $E^{(k,\ell)}$. В случае привязки ДОС к слоту формируется следующая запись $E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}$ - $(k;\ell)$ -я дифференциально-описанная спектрограмма для $(\chi;\gamma)$ -го слота последовательности ДОТ кадров. Поскольку слот $E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)}$ трактуется как двумерный пакет дифференциально-описанных спектрограмм $E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}$, то его можно представить следующей записью:

$$E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)} = \{E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}\}_{\substack{k=\overline{1,w} \\ \ell=\overline{1,w}}}$$

$$\text{или} \quad E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)} = \bigcup_{k=1}^w \bigcup_{\ell=1}^w E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}. \quad (1)$$

С другой стороны по определению слот $E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)}$ представляет собой сквозную квадратную трубу, вырезанная вдоль последовательности ДОТ кадров на позиции $(\chi;\gamma)$. В связи с чем, последовательность E_{T-1} дифференциально-представленных трансформированных кадров $E(\tau)$, $\tau = \overline{2,T}$, образуется совокупностью слотов, а именно:

$$E_{T-1} = \{E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)}\}_{\substack{\chi=\overline{1,w_{\text{стр}}} \\ \gamma=\overline{1,w_{\text{стб}}}}}$$

$$\text{или} \quad E_{T-1} = \bigcup_{\chi=1}^{w_{\text{стр}}} \bigcup_{\gamma=1}^{w_{\text{стб}}} E(T-1)_{\chi,\gamma}^{(2)}.$$

Тогда с учетом соотношения (1) последовательность E_{T-1} можно выразить через ДОС, что задается следующим образом:

$$E_{T-1} = \{ \{E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}\}_{\substack{k=\overline{1,w} \\ \ell=\overline{1,w}}} \}_{\substack{\chi=\overline{1,w_{\text{стр}}} \\ \gamma=\overline{1,w_{\text{стб}}}}}$$

$$\text{или} \quad E_{T-1} = \bigcup_{\chi=1}^{w_{\text{стр}}} \bigcup_{\gamma=1}^{w_{\text{стб}}} \bigcup_{k=1}^w \bigcup_{\ell=1}^w E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}.$$

Соответственно группа Y_T трансформированных кадров $Y(\tau)$, $Y_T = \{Y(\tau)\}$, $\tau = \overline{1,T}$ формируется как

$$Y_T \rightarrow \{Y(1); E_{T-1}\} = \{Y(1); \{ \{E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}\}_{\substack{k=\overline{1,w} \\ \ell=\overline{1,w}}} \}_{\substack{\chi=\overline{1,w_{\text{стр}}} \\ \gamma=\overline{1,w_{\text{стб}}}}}\}$$

или

$$Y_T = Y(1) \cup E_{T-1} = Y(1) \cup \bigcup_{\chi=1}^{w_{\text{стр}}} \bigcup_{\gamma=1}^{w_{\text{стб}}} \bigcup_{k=1}^w \bigcup_{\ell=1}^w E(\chi;\gamma)^{(k,\ell)}.$$

Здесь $Y(1)$ - базовый трансформированный кадр.

Откуда последовательность исходных кадров в группе X_T в структурном описании выражается через ДОС на основе такого выражения:

$$X_T = \{Y_T; Z_T\} = \{Y(1); E_{T-1}; Z_T\} =$$

$$= \{Y(1); \{E(\chi; \gamma)^{(k, \ell)}\}_{\substack{k=1, w \\ \ell=1, w}}^{\substack{\chi=1, w_{\text{стр}} \\ \gamma=1, w_{\text{стр}}}}\}; Z_T\},$$

где Z_T - последовательность кадров-знаков, несущих информацию о знаках компонент трансформированных кадров.

Полученное выражение можно также представить следующей записью:

$$X_T = Y(1) \cup Z_T \cup E_{T-1} = \\ = Y(1) \cup Z_T \cup \bigcup_{\chi=1}^{w_{\text{стр}}} \bigcup_{\gamma=1}^{w_{\text{стр}}} \bigcup_{k=1}^w \bigcup_{\ell=1}^w E(\chi; \gamma)^{(k, \ell)}.$$

В свою очередь каждая ДОС $E(\chi; \gamma)^{(k, \ell)}$ представляется в виде совокупности информативной $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ и интерполированной $E(\chi; \gamma)_{\text{int}}^{(k, \ell)}$ частей,

$$E(\chi; \gamma)^{(k, \ell)} = E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k, \ell)} \cup E(\chi; \gamma)_{\text{int}}^{(k, \ell)}.$$

При этом базисом для эффективного синтаксического описания информативной ДОС является двухкомпонентное градиентное ограничение, а именно $\{\bar{d}_e^{(k, \ell)}; g(\max)^{(k, \ell)}\}$.

Здесь для информативных элементов $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ ДОС в градиентном пространстве локально-структурных закономерностей будут выполняться ограничения, заданные системой соотношений:

$$\begin{cases} e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)} - g(\max)^{(k, \ell)} \leq e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}; \\ e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)} + g(\max)^{(k, \ell)} \geq e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}; \end{cases} \quad \tau = \overline{1, n_{\text{inf}}}.$$

Величина обобщенного градиентного ограничения $g(\max)^{(k, \ell)}$ вычисляется для каждой информативной дифференциально-описанной спектрограммы по формуле

$$g(\max)^{(k, \ell)} = \max_{1 \leq \tau \leq n_{\text{inf}}} \{|e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)} - e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}|\}, \quad (2)$$

где $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$, $e(\tau+1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ - информативные элементы $(k; \ell)$ -й интерполированной ДОС соответственно расположенных в ней на τ -й и $(\tau+1)$ -й позициях.

С учетом чего, для первого информативного элемента ДОС динамический диапазон $\bar{d}(1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ будет равен общему динамическому диапазону $\bar{d}_e^{(k, \ell)}$ последовательности $E_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$. Величина $\bar{d}(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ динамического диапазона остальных элементов информативной дифференциально-описанной спектрограммы, $\tau = \overline{2, n_{\text{inf}}}$, будет равна $\bar{d}(1)_{\text{inf}}^{(k, \ell)} = \bar{d}_e^{(k, \ell)} = |e_{\min}^{(k, \ell)} - e_{\max}^{(k, \ell)}| + 1$. Откуда, на максимальные абсолютные значения (спецификации) элементов $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ последовательности $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ в градиентном пространстве $G^{(k, \ell)}$ на-

ложены ограничения, записываемые следующей системой неравенств:

$$|e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}| = \begin{cases} \bar{d}_e^{(k, \ell)}, & \rightarrow \tau=1; \\ 2g(\max)^{(k, \ell)} + 1, & \rightarrow 2 \leq \tau \leq n_{\text{inf}}. \end{cases} \quad (3)$$

Поэтому для повышения безопасности динамических ВИР необходимо синтезировать функционал $F(E^{(k, \ell)})_{\text{агр}}$, задающий эффективное синтаксическое представление информативной ДОС $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ как базовой структурной единицы слотов Р-кадров в градиентном пространстве локально-структурных закономерностей. При этом необходимо учитывать следующие особенности:

1) выявление структурно-локальных закономерностей проводится по результату анализа всех элементов ДОС, что задано выражением (2);

2) ограниченные значения динамических диапазонов элементов ДОС в соответствии с закономерностями описанными системой неравенств (3);

3) длина n_{inf} информативной дифференциально-описанной спектрограммы устанавливается заранее до начала процесса обработки;

4) необходимость восстановления элементов ДОС в условиях обеспечения требуемого уровня целостности динамических ВИР. №

5) количество $Q(n_{\text{inf}}; g(\max)^{(k, \ell)})_e$ комбинаций для информативной ДОС в условиях, когда ее элементы удовлетворяют системе закономерностей (3), в двухкомпонентном градиентном базисе $\{\bar{d}_e^{(k, \ell)}; g(\max)^{(k, \ell)}\}$, определяется по формуле:

$$Q(n_{\text{inf}}; g(\max)^{(k, \ell)})_e = \bar{d}_e^{(k, \ell)} \cdot (2g(\max)^{(k, \ell)} + 1)^{n_{\text{inf}} - 1}. \quad (4)$$

Это позволяет рассматривать информативную ДОС $E(\chi; \gamma)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ как позиционное число с весовыми коэффициентами, вычисляемыми с использованием соотношения (4);

6) значения элементов $e(\tau)_{\text{inf}}^{(k, \ell)}$ информативной ДОС принимают как положительные, так и отрицательные значения

Исходя из этого для формирования эффективного синтаксического представления без формирования дополнительной (избыточной) служебной информации о знаках элементов ДОС **предлагается** провести их нормировку в область положительных значений. Такой процесс в дальнейшем будем называть градиентной нормализацией.

По изложенному материалу можно заключить, что сформулированы требования, которые необходимо заложить в процесс синтеза эффективного синтаксического описания информативной ДОС как базовой структурной единицы слотов Р-кадров, для повышения безопасности ДВИР.

Выводы

1. Разработан концептуальный базис эффективного синтаксического представления слотов р-кадров в градиентном пространстве локально-структурных ограничений, учитывающий:

- выявление структурно-локальных закономерностей по результату анализа всех элементов ДООС;

- ограниченные значения динамических диапазонов элементов ДООС в соответствии с закономерностями двухкомпонентного градиентного пространства;

- то, что длина информативной дифференциально-описанной спектрограммы устанавливается заранее до начала процесса обработки;

- необходимость восстановления информативных элементов ДООС без потери целостности;

- рассмотрение информативной ДООС как позиционного числа с весовыми коэффициентами, вычисляемыми с использованием ограничений градиентного пространства;

- исключение дополнительной (избыточной) служебной информации о знаках элементов ДООС путем процесса градиентной нормализации.

2. Данный подход создает возможности для устранения таких видов избыточности:

1) сокращении количества избыточности без потери целостности информации на основе выявления локально-структурных межтрансформантных закономерностей и исключение количества избыточных служебных данных в процессе эффективного кодирования ДООС и формирования кодограмм двоичного описания их кодовых значений;

2) снижения зависимости повышения уровня доступности ДОВИР от количества устраняемой межтрансформантной психовизуальной избыточности в процессе интерполирования ДООС;

3) компенсация уровня коррекции в процессе реконструкции интерполируемых элементов за счет выявления локально-структурных ограничений и декодирования информативных элементов ДООС без потери целостности.

Список литературы

1. Комарова Л.О. Методи управління інформаційно-комунікаційними кластерами в кризових ситуаціях: монографія [Текст] / Л.О.Комарова // К.: ДУТ, 2014. – 395 с.
2. Автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов / Под ред. В.Н. Солошенко. – М.: ГОУ, 2008.
3. Баранник В.В. Метод повышения информационной безопасности в системах видеомониторинга кризисных ситуаций / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, О.С. Кулица // Монография. – Черкассы, 2015. – 143 с.
4. , Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолін, А. Ратушняк, М.Смирнов, В. Юкин. – М.: Диалог-Мифи, 2003. – 381 с.
5. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков - Х.: ХУПС, 2010. – 212 с.
6. Баранник В.В. Модель оценки информативности слота Р-кадров на основе выявления структурно-градиентных межтрансформантных ограничений / В.В. Баранник, С.С. Шульгин // АСУ и приборы автоматики. - №172. - 2016. - С. 12 -21.

Надійшла до редколегії 5.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Безрук, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ БАЗИС ЕФЕКТИВНОГО СИНТАКСИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ СЛОТІВ Р-КАДРІВ У ГРАДІЄНТНОМУ ПРОСТОРІ ЛОКАЛЬНО-СТРУКТУРНИХ ОБМЕЖЕНЬ

В.В. Бараннік, С.С. Шульгін

Проводиться обґрунтування необхідності забезпечення безпеки відеоінформаційних ресурсів в системі об'єктивного контролю і управління стратегічно значущими об'єктами. Показується можливість підвищити доступність і цілісність відеоінформації шляхом ефективного кодування послідовності кадрів для відеопотоку. Вказується, що для побудови ефективного синтаксичного представлення потрібно використовувати підхід, який базується на усуненні міжкадрової надмірності з урахуванням форм представлення інформації на внутрікадровому рівні. Викладаються основні етапи побудови концептуального базису ефективного синтаксичного представлення слотів Р-кадрів в градієнтному просторі локально-структурних обмежень, що враховує: виявлення структурно-локальних закономірностей по результату аналізу всіх елементів ДООС; обмежені значення динамічних діапазонів елементів ДООС відповідно закономірностям двокомпонентного градієнтного простору; необхідність відновлення інформативних елементів ДООС без втрати цілісності.

Ключові слова: динамічний відеоінформаційний ресурс, локально-структурні закономірності, диференційно-описана спектрограма, градієнтний простір.

CONCEPTUAL BASIS OF EFFECTIVE SYNTACTIC REPRESENTATION OF P-FRAME SLOTS IN GRADIENT SPACE OF LOCAL AND STRUCTURAL RESTRICTIONS

V. V. Barannik, S. S. Shulgin

Justification of need of safety of video information resources for system of objective control and management of strategically significant objects is carried out. It is specified that for creation of effective syntactic representation it is required to use approach which is based on elimination of interpersonnel redundancy taking into account data representation forms at the intra personnel level. The main stages of creation of conceptual basis of the effective syntactic representation of slots of P-frames in gradient space of local and structural restrictions considering are stated: detection of structural and local regularities by result of the analysis of all DDS elements; limited values of dynamic ranges of the DDS elements according to regularities of two-component gradient space; need of restoration of the DDS informative elements without integrity loss.

Keywords: a dynamic video information resource, local and structural regularities, the differential described spectrogram, gradient space.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ І МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЙОМУ СИГНАЛІВ В МЕРЕЖАХ LTE

В статті обґрунтовано актуальність дослідження завадостійкості і методів оптимального прийому сигналів в мережах LTE. Визначено переваги переходу до мереж майбутнього покоління FN (Future Networks). Розглянуто архітектуру мережі LTE та широкосмугові системи зв'язку. Досліджено алгоритми визначення ймовірності помилки при різних методах прийому складених сигналів при флуктуаційних завадах. Наведено графіки ймовірностей помилок при різних методах прийому сигналів.

Ключові слова: мережа LTE, широкосмугова система, складений сигнал, флуктуаційна завада.

Вступ

Постановка задачі. Архітектура мережі LTE розроблена таким чином, щоб забезпечити підтримку пакетного трафіку з так званою "плавною" ("безшовною", seamless) мобільністю, мінімальними затримками доставки пакетів і високими показниками якості обслуговування.

Технологія LTE базується на трьох основних технологіях: мультиплексування за допомогою ортогональних OFDM (Orthogonal Frequency - Division Multiplexing) несучих, що транслюються за допомогою багатопроменевих систем MIMO (MultipleInput Multiple Output) та на еволюційній системній архітектурі мережі SAE (System Architecture Evolution). SAE (System Architecture Evolution) - це мережна архітектура, розроблена з метою безшовної інтеграції мобільної мережі з іншими мережами, що працюють за протоколом IP [6,8].

Фізичний рівень мереж LTE реалізований на базі технології OFDM (мультиплексування з ортогональним частотним рознесенням – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) і технології SC-FDMA (мультиплексування з частотним рознесенням з передачею на одній несучій - Single-Carrier Frequency Division Multiple Access). Основною метою використання технології OFDM є усунення впливу завад, викликаних багатопроменевим поширенням сигналу.

Широкосмугові системи зв'язку використовуються в різних каналах зв'язку. Для кожного з цих каналів зв'язку характерні свої види завад. Тому дослідження питань завадостійкості широкосмугових систем зв'язку при різних методах прийому є надзвичайно актуальним.

Широкосмугові системи дозволяють ефективно боротися з зосередженими завадами і завадами, викликаними багатопроменевим характером поширення сигналу. Проте вплив цих завад усувається не

повністю і вони знижують достовірність передачі інформації. Тому виникають труднощі, з якими стикаються при дослідженні реальної завадостійкості широкосмугових систем зв'язку. Хоча якісно картина представляється зрозумілою, розмаїття завад і специфічність впливу деяких з них на широкосмугові системи зв'язку не дозволяють кількісно врахувати одночасно вплив усіх завад. Цьому заважає ще відсутність достатньо повних відомостей про ряд завад (наприклад, зосереджених), про характеристики замирань, взаємне розташування променів при багатопроменевому поширенні та ін [2].

Основна частина

Розглянемо когерентний прийом в цілому і некогерентний прийом в цілому з когерентним накопиченням та автокореляційні методи прийому складених сигналів [1, 3, 4].

При когерентному прийомі в цілому і некогерентному прийомі з когерентним накопиченням складений сигнал приймається як єдине ціле. Ці методи прийому складених сигналів в цілому відрізняються від відповідних методів поелементного прийому тим, що елементарний сигнал замінюється складеним. Структура і властивості складеного сигналу не впливають на завадостійкість методів прийому при флуктуаційних завадах; вона визначається виключно відношенням енергії сигналу $Q^2 = P_c T$ до спектральної щільності потужності завади, тобто:

$$h^2 = \frac{Q^2}{v_0^2} \quad (1)$$

Енергія складеного сигналу дорівнює:

$$\sum_{k=1}^N Q_k^2 \quad (2)$$

тому

$$h^2 = \frac{\sum_{k=1}^N Q_k^2}{v_0^2} \quad (3)$$

При рівній енергії елементів складеного сигналу маємо:

$$h^2 = \frac{Q^2}{v_0^2} = \frac{NQ_k^2}{v_0^2} = Nh_k^2. \quad (4)$$

Розглянемо вирази для ймовірностей помилки при когерентному і оптимальному некогерентному методах прийому деяких видів складених сигналів у двійкових системах, відповідно перетворивши відомі вирази для поелементного прийому [6,7].

1. Когерентний метод прийому в цілому. Вираз ймовірності помилки для даного випадку

$$\rho_{\text{КМ}} = F(\gamma\sqrt{Nh_k}), \quad (5)$$

де $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy$,

γ – коефіцієнт, що дорівнює $\sqrt{2}$ для систем з протилежними сигналами; 1 – для систем з ортогональними сигналами з активною паузою; $1/\sqrt{2}$ – для систем з пасивною паузою.

Для систем з однократною ФРМ:

$$\rho_{\text{КМ}} = 2F(\sqrt{2}\sqrt{Nh_k}). \quad (6)$$

2. Некогерентний прийом з когерентним накопиченням. При прийомі ортогональних в посиленому сенсі сигналів з активною паузою ймовірність помилки дорівнює

$$\rho_{\text{ОПТ}} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{Nh_k}{2}\right). \quad (7)$$

При прийомі сигналів з однократною ФРМ

$$\rho_{\text{ФРМ}} = \frac{1}{2} \exp(-Nh_k^2). \quad (8)$$

У багатопозиційних системах з числом варіантів сигналу m ймовірності помилки будуть визначатися наступними виразами, для двох видів прийому.

1. Когерентний прийом в цілому при прийомі ортогональних у посиленому сенсі сигналів з активною паузою

$$\rho_{\text{КМ}} = F(\gamma\sqrt{Nh_k}). \quad (9)$$

де $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy$.

При прийомі складених сигналів з багатократною ФРМ

$$\rho_{\text{ФРМ}} \approx 2F\left(\sqrt{2}\sqrt{Nh_k} \sin\left[\frac{\pi}{2^n}\right]\right), \quad (10)$$

де n – кратність системи, $m = 2^n$.

2. Некогерентний прийом з когерентним накопиченням при прийомі ортогональних в посиленому сенсі сигналів з активною паузою:

$$\rho_{\text{ОПТ}} = \sum_{n=1}^{m-1} (-1)^{n+1} C_{m-1}^n \frac{1}{n+1} \exp\left(-\frac{n}{n+1} Nh_k^2\right). \quad (11)$$

де $C_{m-1}^n = \frac{(m-1)!}{n!(m-1-n)!}$.

Тому можемо зробити висновок, що у відповідності з виразами (5) - (11) ймовірність помилки при когерентному та некогерентному з когерентним накопиченням методах прийому при рівній енергії складених сигналів не залежить від бази і смуги частоти сигналу [9, 10].

У випадку автокореляційного методу прийому (оптимального прийому сигналів невідомої форми)

сигналів із частотною модуляцією (ЧМ) є ширококумовий прийом з інтегруванням після детектора. Отриманий вираз для ймовірності помилки при прийманні за цим методом двійкових сигналів ЧМ із більшим рознесенням (сигналів ортогональних у посиленому змісті). Даний вираз доцільний при прийманні сигналів з великою базою і в наших позначеннях має вигляд

$$\rho_{\text{ОПТ}} = F\left(\frac{h}{\sqrt{2}\sqrt{1+\frac{FT}{h^2}}}\right). \quad (12)$$

де F – смуга пропускання фільтра приймача; T – тривалість посилки сигналу.

При прийманні сигналів з однократною ФРМ

$$\rho_{\text{ФРМ}} = F\left(\frac{h}{\sqrt{2}\sqrt{1+\frac{FT}{2h^2}}}\right). \quad (13)$$

Проаналізуємо завадостійкість автокореляційного методу прийому двійкових сигналів з кореляційно-часовою модуляцією. Алгоритм роботи приймача в цьому випадку записується у вигляді

$$\text{sign } l = \text{sign} \int_{[T]}^{T+T} x(t-\tau)x(t)dt. \quad (14)$$

Обчислимо інтеграл у виразі (14). Вважаємо, що був переданий перший варіант сигналу:

$$\begin{cases} x(t) = s(t) + s(t-\tau) + \xi(t) \\ x(t-\tau) = s(t-\tau) + s(t-2\tau) + \xi(t-\tau) \end{cases} \quad (15)$$

При однократній ФРМ у якості варіантів використовуються наступні сигнали:

$$\begin{cases} S_1(t) = \begin{cases} s(t) & 0 \leq t \leq T \\ s(t+T) & T \leq t \leq 2T \end{cases} \\ S_2(t) = \begin{cases} s(t) & 0 \leq t \leq T \\ -s(t+T) & T \leq t \leq 2T \end{cases} \end{cases} \quad (16)$$

де $S(t)$ – сигнал, що повторюється до посилки.

Алгоритм кореляційного прийому сигналів з однократною ФРМ має аналогічний вид, але в цьому випадку час затримки дорівнює тривалості посилки T . Подальший аналіз приймання сигналів із ФРМ аналогічний представленому вище, але в цьому випадку величини $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_6, \theta_7$ дорівнюють нулю (відсутні). Випадкова величина θ_4 має дисперсію:

$$M_2(\theta) = v_c^2 v_0^2 M\left(1 + \frac{v_0^2}{2v_c^2}\right). \quad (17)$$

Ймовірність помилки при прийманні із ФРМ

$$\rho_{\text{ФРМ}} = F\left(\frac{h}{\sqrt{2}\sqrt{1+\frac{FT}{2h^2}}}\right). \quad (18)$$

На рис. 1 наведено криві, що характеризують ймовірність помилок при різних методах прийому складених сигналів у двійкових системах зв'язку.

Як видно з порівняння відповідних виразів і графіків, складені сигнали із ФРМ при всіх методах прийому забезпечують вииграш по енергії у два рази,

порівняно із системами з ортогональними сигналами. Це справедливо як для взаємкореляційних, так для автокореляційних методів прийому.

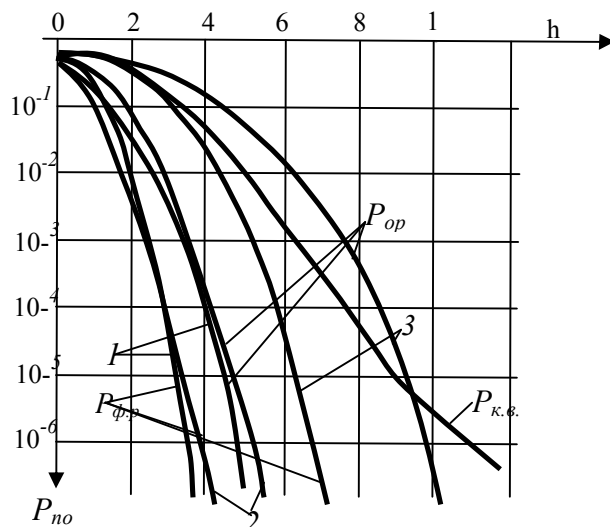


Рис. 1. Імовірності помилок при прийманні двійкових складених сигналів: 1 – когерентний прийом в цілому, 2 – некогерентний прийом з когерентним накопиченням, 3 – некогерентний прийом з некогерентним накопиченням; автокореляційний прийом $N(FT)=100$

Висновки

При дослідженні завадостійкості і методів оптимального прийому сигналів в мережах LTE визначено:

- технологія LTE базується на трьох основних технологіях: OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) MIMO (MultipleInput Multiple Output) мережі SAE (System Architecture Evolution);
- імовірність помилки при когерентному та некогерентному з когерентним накопиченням методах прийому при рівній енергії складених сигналів не залежить від бази і смуги частоти сигналу;

- складені сигнали із ФРМ при всіх методах прийому забезпечують вигравш по енергії у два рази, у порівнянні із системами з ортогональними сигналами.

Список літератури

1. Беркман Л.Н. Методы когерентного приема многопозиционных АФМ сигналов многоканальных модемов /Л.Н. Беркман// Сб. научных трудов (Центр научно-исследовательский институт связи). – 1987. – С. 44-50.
2. Варакин Л.Е. Интеллектуальная сеть: эволюция сетей и услуг связи / Л.Е. Варакин // Электросвязь. – 1992. – № 1. – С. 22-24.
3. Варфоломеева О.Г. Методика розрахунку пропускної спроможності каналів системи управління телекомунікаційними мережами /Варфоломеева О.Г., Мніщенко С.І., Чумак О.І.// Достижения в телекоммуникациях за 10 лет независимости Украины: сборник докладов V Международной научно-практической конференции (Часть 1), 21-22 августа. – Одесса, 2001. – С. 79-80.
4. Витерби Э.Д. Принципы когерентной связи / Э.Д. Витерби. – М.: Сов. радио, 1970. – 392с.
5. Гинзбург В.В. Использование многоканальных модемов для высокоскоростной передачи дискретной информации / В.В. Гинзбург, В.С. Гиришов, Ю.Б. Окунев// Электросвязь. – 1984. – №10. – С.42-47.
6. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения / Л.М. Невдяев. – М.: МЦНТИ, 2000. – 208 с.
7. Окунев Ю.Б. Теория фазоразностной модуляции / Ю.Б.Окунев. – М.: Связь, 1979. – 215с.
8. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / [Поповський В.В., Олійник В.Ф. та ін.]. – Х.: СМІТ, 2006. – 564 с.
9. Стеклов В.К. Оптимізація параметрів багатоканальних модемів / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, О.І. Чумак // Вісник. – 2002. – №2. – С. 124-131.
10. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж /В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман/ – К.: Техніка, 2002. – 792 с.

Надійшла до редколегії 20.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Н. Беркман, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМА СИГНАЛОВ В СЕТЯХ LTE

О.Г. Варфоломеева, О.І. Чумак, Н.М. Довженко, Є.В. Литка

В статье обоснована актуальность исследования помехоустойчивости и методов оптимального приема сигналов в сетях LTE. Определены преимущества перехода к сетям будущего поколения FN (Future Networks). Рассмотрена архитектура сети LTE и широкополосные системы связи. Исследованы алгоритмы определения вероятности ошибки при различных методах приема составных сигналов при флуктуационных помехах. Приведены графики вероятностей ошибок при различных методах приема сигналов.

Ключевые слова: сеть LTE, широкополосная система, составной сигнал, флуктуационная помеха.

RESEARCH OF NOISE IMMUNITY AND METHODS OF OPTIMAL RECEPTION IN LTE NETWORK

O.G. Varfolomeyeva, A.I. Chumak, N.M. Dovzhenko, E.V. Lytka

The article emphasizes that the development of telecommunication networks is impossible without the creation of qualitative information channels with high noise immunity. The analysis of the architecture of telecommunications networks in the transition to the Global information infrastructure has been done. The application of access systems based on LTE has been substantiated. The algorithms of optimal reception of composite signals in broadband communications have been studied, including coherent reception in general and incoherent reception as a whole with coherent accumulation and autocorrelation methods of receiving composite signals. Graphs containing probability of errors with different methods of signal reception are presented.

Keywords: convergent network, multiservice network, IP-technology, telecommunications service, IP-network, OFDM technology, LTE network, coherent reception, incoherent reception, autocorrelation method.

УДК 004.715

Т.П. Довженко

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТИ TCP/IP С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КАРКАСА ERLANG/OTP

Рассмотрен программный каркас (фреймворк) Erlang/OTP и проведено исследование сети TCP/IP с применением данного фреймворка.

Ключевые слова: Erlang/OTP, PI, RED, AQM, TCP/IP-протокол.

Введение

Значительный рост скоростей каналов передачи данных неизбежно приводит к возникновению заторов в телекоммуникационной сети. Пакетная коммутация позволяет повысить эффективность использования каналов, но при этом приводит к снижению надежности доставки. При перегрузке канала с пакетной коммутацией, данные на входе канала не смогут поместиться во входной буфер и будут сброшены. Для обеспечения гарантированной доставки пакетов по каналам без гарантированной доставки были разработаны специальные протоколы, одним из которых является протокол TCP. Традиционные протоколы управления очередями и предотвращения перегрузок не справляются с управлением трафиком со сложной динамикой и нелинейностью изменения нагрузки, что приводит к возникновению перегрузок, уменьшению эффективной скорости передачи данных и ухудшает параметры качества, такие как процент потерянных пакетов, задержки и вариации задержек. В статье проводится исследование сети TCP/IP с применением фреймворка OTP (Open Telecom Platform), написанном на языке Erlang, при использовании системы активного управления очередями AQM (Active Queue Management) таких как: RED (Random Early Detection) и PI-controller (Proportional-Integral controller).

Постановка задачи. Главная цель работы заключается в исследовании работы AQM-системы в условиях изменения нагрузки трафика при использовании OTP-фреймворка.

Обзор системы AQM

Основные задачи алгоритмов управления очередями – минимизация средней длины очереди при одновременном обеспечении высокого коэффициента использования канала, а также справедливое распределение буферного пространства между различными потоками данных [1]. Схемы управления очередями различаются, в основном, критерием, по которому отбрасываются пакеты, и местом в очереди, откуда производится отбрасывание пакетов (начало или конец очереди). Наиболее простым критерием для отбрасывания пакетов является дос-

тижение очередью определенного порога, называемого максимальной длиной очереди.

Система активного управления очередями (AQM), обеспечивает заблаговременное обнаружение перегрузки. Основными целями алгоритмов AQM являются:

- минимизация задержки пакетов путем контроля среднего размера очереди;
- предотвращение эффекта глобальной синхронизации TCP-трафика;
- обеспечение непредвзятого обслуживания трафика, характеризующегося кратковременными всплесками;
- строгое ограничение максимального среднего размера очереди.

Обзор основных AQM алгоритмов был приведен в источнике [2].

Язык программирования Erlang и фреймворк OTP

Erlang – функциональный язык программирования со строгой динамической типизацией, предназначенный для создания распределенных вычислительных систем, разработанный и поддерживаемый компанией Ericsson [3].

Популярность Erlang начала расти в связи с расширением его области применения (телекоммуникационные системы) на высокопараллельные распределенные системы, обслуживающие миллионы пользователей, такие как системы управления содержанием, веб-серверы и распределенные, требующие масштабирования базы данных, кластерные операционные системы (Clustrx), системы управления коммутаторами и другим сетевым оборудованием (программный коммутатор ECSS-10, ПО коммутаторов широкополосных телефонных линий). В Erlang имеется набор инструментов для эффективной организации параллельных вычислений. Отличительной особенностью языка является применение облегченных процессов в соответствии с моделью акторов (математическая модель параллельных вычислений). Такой подход позволяет выполнять одновременно сотни тысяч и даже миллионы таких процессов, каждый из которых может иметь скромные требования по памяти [4].

Процессы могут порождать другие процессы, выполняться одновременно, обмениваться сообщениями, реагировать на завершение друг друга. Процессы изолированы друг от друга и не имеют общего состояния, но между ними можно установить связь и получать сообщения об их состоянии. Для взаимодействия процессов используется асинхронный обмен сообщениями. Каждый процесс имеет свою очередь сообщений, обработка которой использует сопоставление с образцом. Процесс, отправивший сообщение, не получает уведомления о доставке, даже если идентификатор процесса-получателя недействителен или получатель игнорирует сообщение. Таким образом, ответственность за правильно организованное взаимодействие между процессами лежит на разработчике. Процесс можно связать с другим процессом, в результате чего между ними устанавливается двунаправленное соединение. В случае если один из процессов завершается ненормально, всем связанным с ним процессам передается сигнал выхода. Процессы, получившие сигнал, завершаются, распространяя сигнал дальше. Причина завершения передается по цепочке завершающихся процессов. Процесс может осуществить перехват ошибки, если у него установлен флаг перехвата выхода. Такой процесс получает сигналы выхода связанных с ним процессов в виде обычных сообщений с той же структурой. Перехваченный сигнал выхода более не передается связанным с процессом-перехватчиком процессам. Сигнал выхода с причиной – атомом `normal` (нормальное завершение процесса) не вызывает завершения связанного процесса. Если же причина – атом `kill`, процесс завершается безусловно (независимо от флага перехвата выхода), а связанным с ним процессам в качестве причины отправляется атом `killed`, что даёт им возможность среагировать.

В Erlang есть возможность установить и однонаправленное соединение. При завершении наблюдаемого процесса процесс-наблюдатель получает сообщение с указанием причины завершения.

Процесс также может остановить сам себя или другой процесс, вызвав функцию.

Erlang с самого начала проектировался для распределённых вычислений и масштабируемости. Работающий экземпляр среды выполнения Erlang называется узлом. Программы, написанные на Erlang, способны работать на нескольких узлах. Узлами могут быть процессоры, многие ядра одного процессора, и даже целый кластер машин. Узел имеет имя и «знает» о существовании других узлов на данной машине или в сети. Создание и взаимодействие процессов разных узлов не отличается от организации взаимодействия процессов внутри узла. Синтаксис отправки сообщения процессу на своём узле и удалённом один и тот же. Благодаря встроенным в язык возможностям распределённых вычислений объединение в кластер, балансировка нагруз-

ки, добавление узлов и серверов, повышение надёжности вызывают лишь небольшие затраты на дополнительный код [5].

Программы на высокоуровневом языке Erlang могут быть использованы в системах мягкого реального времени (которое иногда переводят как «псевдореальное» или «квазиреальное»). Автоматизированное управление памятью и сборка мусора действуют в рамках одного процесса, что даёт возможность создавать системы с миллисекундным временем отклика (даже несмотря на необходимость сборки мусора), не испытывающие ухудшения пропускной способности при высокой нагрузке. Erlang был целенаправленно разработан для применения в распределённых, отказоустойчивых, параллельных системах реального времени, для реализации которых кроме средств самого языка имеется стандартная библиотека модулей и библиотека шаблонных решений (так называемых поведений) – фреймворк OTP.

OTP является хорошо отлаженным набором полезных поведений (behavior) процессов в рамках модели акторов. В модулях OTP определены общие, стандартизированные шаблоны для конструирования параллельных приложений. Наиболее популярными поведением являются обобщённый сервер (`gen_server`) и наблюдатель (`supervisor`), но имеются и другие: конечный автомат (`gen_fsm`), обработчик событий (`gen_event`). OTP-поведения (рис. 1) делятся на рабочие процессы (`worker processes`), выполняющие собственно обработку запросов, и процессы-наблюдатели или супервайзеры (`supervisors`).

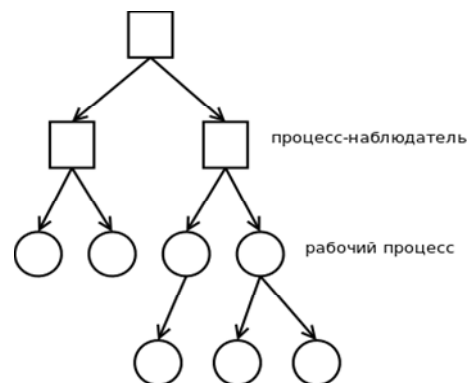


Рис. 1. Дерево процессов OTP-фреймворка

В задачу последних входит слежение за рабочими процессами и другими процессами-наблюдателями. Деревья наблюдателей составляют OTP-приложение (application). OTP-приложение – это компонент, реализующий некоторую функциональность, которая может быть независимо запущена на исполнение и остановлена как целое, а также повторно использована в других системах. Разработчик приложения пишет код модулей функций обратного вызова (callback module), в которых и находится специфичная для данного приложения часть функциональности [6].

Отказоустойчивость приложений, написанных на Erlang, обеспечивается на трех уровнях. Во-первых, процессы изолированы друг от друга. И если в одном из процессов возникает ошибка, то прерывается только его работа. Вся остальная система продолжает работать. Во-вторых, процессы работают под присмотром супервайзеров. Если процесс останавливается, то супервайзер запускает его заново. В случае, когда ошибка повторяется снова и снова, и процесс все время аварийно завершается, перегрузки не помогают, и после нескольких попыток супервайзер завершается сам. В этом случае его перезагружает родительский супервайзер. То есть, перезагрузка происходит на все более высоком уровне, пока проблема не решится, или не завершится корневой супервайзер. Третий уровень защиты – распределенность. Erlang-узлы могут быть объединены в кластер, и это позволяет сохранять работоспособность при падении одного из узлов.

Помимо всего вышеперечисленного Erlang-система позволяет выполнять интеграцию с системами на других языках программирования. Имеются механизмы для сетевого взаимодействия с C, Java, Лисп, Perl, Python, Ruby.

Например, для более эффективного синхронного вызова небольших функций на C можно использовать

так называемые NIF-функции (Natively Implemented Function). Высокоуровневые библиотеки позволяют Erlang-системе представлять C или Java-узлы как обычные Erlang-узлы. Другие языки могут быть более тесно сопряжены со средой выполнения Erlang с помощью драйверов или сетевых сокетов посредством протоколов вроде HTTP, SNMP. Эмпирическое исследование показало, что для изученных телекоммуникационных приложений код на Erlang был на 70-85 % короче, чем на C++, а производительность системы при переписывании кода с C++ на Erlang возросла почти на 100 %. Для одного из использованных в исследовании проектов разница была объяснена написанием дополнительного кода C++ в рамках защитного программирования, управления памятью, а также кода для высокоуровневой коммуникации, то есть возможностями, которые являются частью языка Erlang и библиотек OTP [7].

Решение задачи

В [2] было описано исследование сети проводилось с использованием программного комплекса NS-2[8]. Схема сети (рис. 2) состоит из 4 FTP источников сообщения (S1, S2, S3, S4), которые с помощью маршрутизатора передают информацию на TCP-приемник.

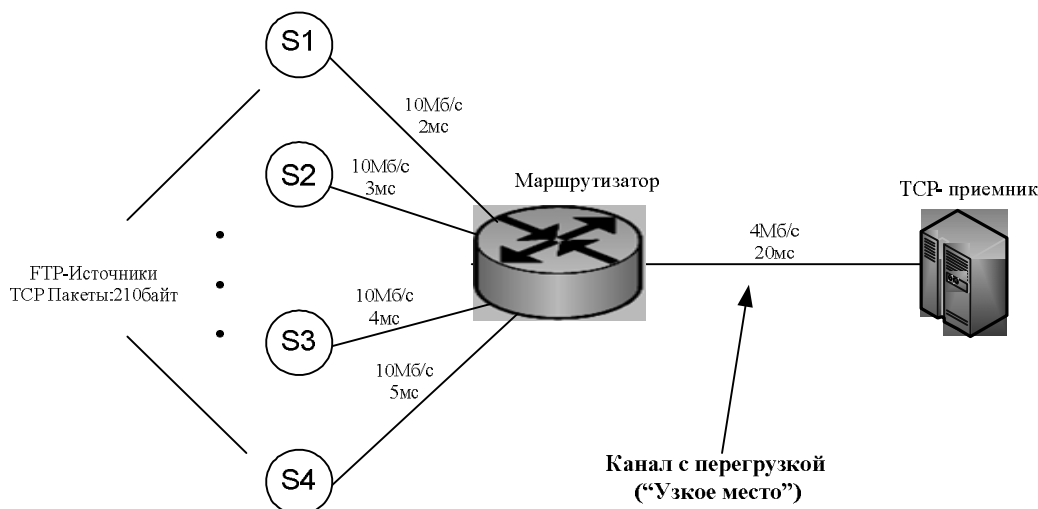


Рис. 2. Схема сети для имитационного моделирования

Скорость канала между источниками сообщения и маршрутизатором составляет 10 Мб/с, задержка для каждого источника разная: S1 = 2 мс, S2 = 3 мс, S3 = 4 мс, S4 = 5 мс; объем каждого пакета – 210 байт. Скорость канала между маршрутизатором и TCP-приемником составляет 4 Мб/с (канал с перегрузкой), а задержка – 20 мс. При исследовании моделируемой сети, нагрузка на маршрутизатор будет постепенно увеличиваться. Первым начнет работу источник S1. Затем, через 4 сек - S2. На 8-й секунде включиться S3, а в момент времени 12 сек - S4. Продолжительность процесса моделирования составляет 25 сек.

После выполнения программы получим графики зависимости длины очереди (пакеты) от времени

работы сети для каждого алгоритма (рис. 3). Теперь построим аналогичную модель сети с помощью OTP-фреймворка. После выполнения программы получим результаты, показанные на рис. 4.

Выводы

Учитывая полученные результаты (рис. 3), можно сделать вывод о том, что PI-алгоритм является более подходящим для использования в сетевых маршрутизаторах, чем RED, потому что обладает высоким значением стабильности длины очереди. При использовании программного каркаса Erlang/OTP уменьшается значение очереди маршрутизатора, а также увеличивается ее стабильность (рис. 4).

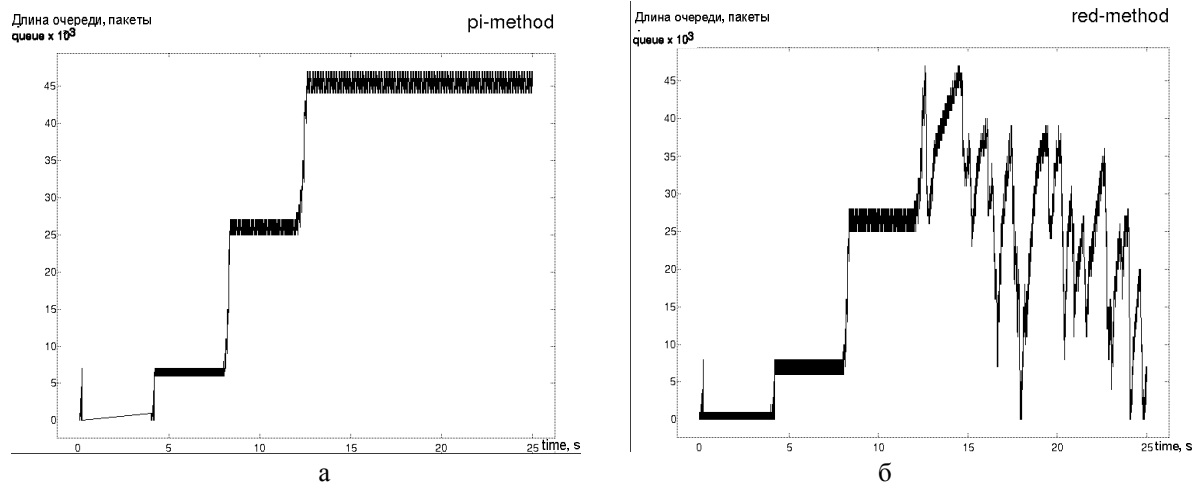


Рис. 3. Длина очереди с использованием: а – PI-алгоритма; б – RED-алгоритма

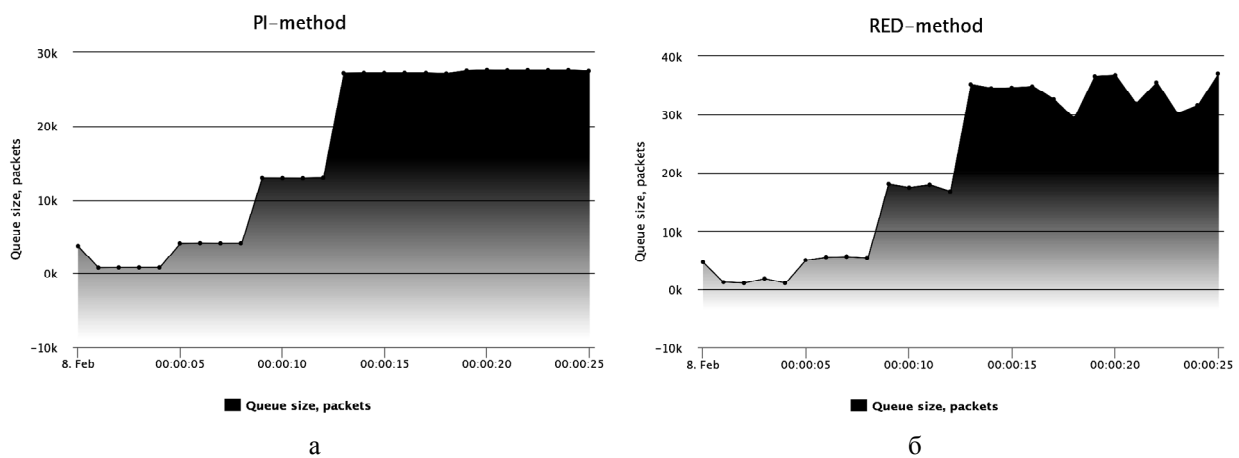


Рис. 4. Длина очереди (а – PI-алгоритм; б – RED-алгоритм) использованием Erlang/OTP-фреймворка

Список литературы

1. Коваленко Т.Н. Модель активного управления очередями в распределенных инфокоммуникационных системах, представленная сетью Петри / Т.Н. Коваленко // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 2(7). – С.58-67.
2. Гостев В.И. Исследование сети TCP/IP с применением основных алгоритмов активного управления очередью / В.И. Гостев, Т.П. Довженко, А.С.Артюшик // Системы управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2014. – Вип. 2 (30). – С. 87-91.
3. Erlang programming language [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.erlang.org/>.
4. Thompson, S.J. Erlang Programming: A Concurrent Approach to Software Development / S.J. Thompson, F. Cesarini. 1st ed. Sebastopol, California: O'Reilly Media, Inc., 2009. – 496 p.

5. Глебов А.Н. Параллельное программирование в функциональном стиле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.softcraft.ru/parallel/ppfs.shtml>.
6. Программирование в Erlang / Чезарини Ф., Томпсон С. – М: ДМК-2012 – 487 с.
7. Nyström, J.H. High-level distribution for the rapid production of robust telecoms software: comparing C++ and ERLANG / J.H. Nyström, P.W. Trinder, D.J. King // Concurrency and Computation: Practice and Experience. – 2008. – Т. 20. – № 8. – P. 941-968.
8. The Network Simulator NS-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

Надійшла до редколегії 27.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.И. Гостев, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖІ TCP/IP З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КАРКАСУ ERLANG/OTP

Т.П. Довженко

У статті розглянуто програмний каркас (фреймворк) Erlang / OTP і проведено дослідження мережі TCP / IP із застосуванням даного фреймворку.

Ключові слова: Erlang/OTP, RED, PI, AQM, алгоритм активного управління чергою, TCP / IP-протокол.

RESEARCH OF TCP / IP NETWORK USING THE ERLANG/OTP FRAMEWORK

T.P. Dovzhenko

In this article considered a software framework (framework) Erlang / OTP and investigated TCP / IP network using the framework.

Keywords: Erlang/OTP, RED, PI, AQM, active queue management algorithm, TCP / IP-protocol.

УДК 004.042 + 519.713.2

В.В. Дорожинский, Г.Н. Жолткевич

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

РЕГУЛЯРНАЯ ОБРАБОТКА СОБЫТИЙ В УПРАВЛЕНИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ

В статье рассматриваются задачи управления трафиком в телекоммуникационных сетях. Существует множество подходов к управлению и оптимизации трафика. В частности, формирование трафика является одним из нескольких методов управления полосой пропускания в телекоммуникационных сетях. В статье показывается, что результаты полученные авторами в предыдущих работах могут широко использоваться при проектировании систем формирования и оптимизации трафика.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, машинное обучение, обработка событий, акцептор, регулярный язык, СЕР-машина.

1 Введение

Интенсивное развитие информационных технологий приводит к широкому распространению телекоммуникационных сетей. Развитие таких сетей обусловлено необходимостью передачи большого объема данных между информационными системами, что в свою очередь приводит к увеличению трафика данных передаваемых по сети. Эффективное управление трафиком является ключевым фактором в обеспечении высокой скорости передачи данных, а также их целостности. Термин формирование трафика (так же известный как формирование пакетов) – это техника управления трафиком в компьютерных сетях, которая заключается в задержке некоторых или всех датаграмм (datagrams) для приведения их в оптимальное состояние удовлетворяющее возможностям передающего канала [9,10]. Формирование трафика используется для оптимизации или гарантирования производительности, улучшения скорости передачи, или увеличения используемой полосы пропускания для некоторых типов пакетов путем задержки отправки пакетов других типов [1].

Часто техника формирования трафика используется вместе с техникой мониторинга трафика (Traffic policing), которая заключается в проверке соответствия передаваемых данных неким условиям (политикам). Данные не соответствующие условиям обычно удаляются или маркируются специальным образом [2]. Существует несколько основных подходов к формированию трафика:

— В общем случае, формирование трафика основывается на анализе приложений, которые его генерируют [4]. В случае формирования трафика генерируемого приложениями, вначале используются инструменты определения типов этих приложений (fingerprinting tools), а затем трафик формируется согласно заданным правилам для определенных типов. В некоторых случаях использование формирования

трафика, генерируемого приложениями, является противоречивым. Например, изменение ширины полосы пропускания для P2P приложений. Многие прикладные протоколы используют шифрование, чтобы обойти процедуру формирования трафика, т.к. в таком случае невозможно определить тип данных.

— Другой тип формирования трафика основывается на анализе маршрута данных. Т.е. проводится анализ передающих каналов для определения оптимальной пропускной способности. Анализ формирования трафика в узле основанного на маршрутизации обычно проводится с использованием информации о загрузке и пропускной способности предыдущего или следующего канала связи, через которые проходит данный трафик [16]. Формирование пакетов обычно применяется в передающих каналах сети для контроля трафика входящего в сеть, но так же может применяться источниками трафика (например, компьютером или сетевой картой [13]) или любым другим элементом сети.

— Другой способ формирования трафика это ограничение приложениями генерируемого ими трафика. Такие приложения генерируют трафик который никогда не превосходит некоторое максимальное значение. Например, медиа приложения, генерирующие аудио и видео трафик, не могут передавать по сети больше данных в единицу времени, чем позволяет скорость их кодирования [8].

Утилиты формирования трафика работают по принципу задержки измеряемого трафика так, чтобы каждый пакет удовлетворял соответствующим ограничениям налагаемым на трафик. Измерение трафика может быть реализовано с помощью, например, алгоритмов текущего ведра [14] или ведра токенов [15]. При использовании данных алгоритмов передача данных может произойти:

— немедленно, если условия на передачу такого трафика выполняются на момент его поступления;

— после некоторой задержки, данные ожидают в очереди согласно заданного расписания отправки;

— никогда, в случае переполнения очереди.

Все реализации утилит формирования трафика имеют ограниченный объем памяти для входящих данных и должны уметь обрабатывать событие переполнения очереди. Простым и стандартным подходом является удаление входящего трафика в момент переполнения очереди (удаляется хвост очереди). Более сложные реализации могут применять специальные алгоритмы удаления избыточного трафика такие как алгоритм произвольного раннего обнаружения (Random Early Discard, RED) [6]. Существует несколько модификаций алгоритма произвольного раннего обнаружения. Каждая модификация имеет свои достоинства и недостатки [3,7,11].

Другим элементарным способом обработки переполнения является пересылка не сформированного трафика для которого не хватило места в очереди. Очевидно, что такой подход приведет к уменьшению скорости передачи приоритетных данных и это может повлиять на качество обслуживания. С другой стороны, такой подход уменьшает количество повторной передачи данных, что способствует уменьшению пиковых нагрузок. Следует отметить также, что результаты исследования, представленные в [12] показывают, что в интернете увеличивается доля P2P трафика.

Таким образом, решение задач анализа и классификации трафика является одним из ключевых условий улучшения скорости передачи данных, что в свою очередь приводит к улучшению качества обслуживания.

2 Базовые понятия и обозначения

Приведем необходимые понятия и обозначения, используемые в статье. Определим алфавит X как множество символов. В данном контексте каждый символ $x \in X$ будем интерпретировать как атомарный пакет данных, передаваемый по сети. Например, такой пакет может представлять собой фрагмент аудио, видео либо любых других данных. Таким образом, можно определить множество X как объединение:

$$X = \bigcup_{i=1}^n \{A^i \cup V^i \cup D^i \cup M^i\},$$

где A^i , V^i – множества типов аудио и видео пакетов, генерируемых i -м пользователем сети; D^i – множество пакетов других данных, например, таких как сообщения электронной почты или веб-контент; M^i – множество служебных сообщений. Такие сообщения могут содержать диагностическую информацию о состоянии узла, либо управляющие команды другим узлам сети.

Замечание 1. Заметим, что количество типов данных может быть выбрано произвольно и зависит от требований к качеству передачи для тех или других данных. Так, например, тип пакетов D^i может в свою очередь быть представлен как объединение множеств пакетов представляющих полезный трафик и нежелательный (спам). В нашем случае в дальнейшем в качестве примера будет рассматриваться некоторая сеть мобильной связи в которой качество передачи видео и аудио данных играет ключевую роль, в то время как скорость передачи других данных может ограничиваться с целью максимального улучшения передачи изображения и звука. Другим критерием качества обслуживания может быть зависимость от типа тарифного плана клиента.

Также заметим, что в данном контексте, пользователем может быть как некоторый узел сети (базовая станция), так и некоторое приложение на мобильном устройстве генерирующее пакеты.

Обозначим как X^+ – множество конечных, непустых последовательностей пакетов. ε – пустая последовательность. Тогда $X^* = X^+ \cup \varepsilon$. Далее, обозначим как X^ω множество бесконечных потоков пакетов данных. Тогда весь трафик можно обозначить как $X^\infty = X^* \cup X^\omega$. Пусть $f: X \xrightarrow{\text{partial}} Y$, обозначает что f является частичным отображением из X в Y . Тогда запись $f(x) \uparrow$ обозначает что отображение $f(x)$ не определено для элемента x из множества X . А запись $f(x) \downarrow$ обозначает что отображение $f(x)$ определено для элемента x из множества X . Следовательно, запись $f(x) \downarrow = y$ обозначает, что $f(x) \downarrow$ и $y = f(x)$ для элемента y из множества Y . Далее, запись $|x|$ обозначает длину конечной последовательности x . А запись $x[0]$ обозначает первый элемент конечной или бесконечной последовательности x . Тогда, запись $x[1:]$ обозначает последовательность, получаемую путем удаления первого элемента последовательности x .

3 Общий вид системы управления трафиком

В данной части приводится общий вид системы анализа, оптимизации и управления трафиком в узле телекоммуникационной сети. В частности, таким узлом сети может быть любой экземпляр виртуальной сетевой функции (VNF). Например, виртуальный сетевой коммутатор.

В общем случае система управления трафиком может состоять из таких компонентов:

1. System Traffic Monitor Plane: отслеживает входящий трафик на предмет важных изменений (событий) в его содержимом, объем и другие возможные аномалии.

2. System Control Plane: компонент принятия решений. Основывается на событиях обнаруженных System Traffic Monitor Plane модулем, устанавливает

методы мониторинга, а так же управления трафиком.

3. System Traffic Management Plane: управляет трафиком согласно правилам определенным в System Control Plane.

Схема взаимодействия компонентов системы представлена на рис. 1.

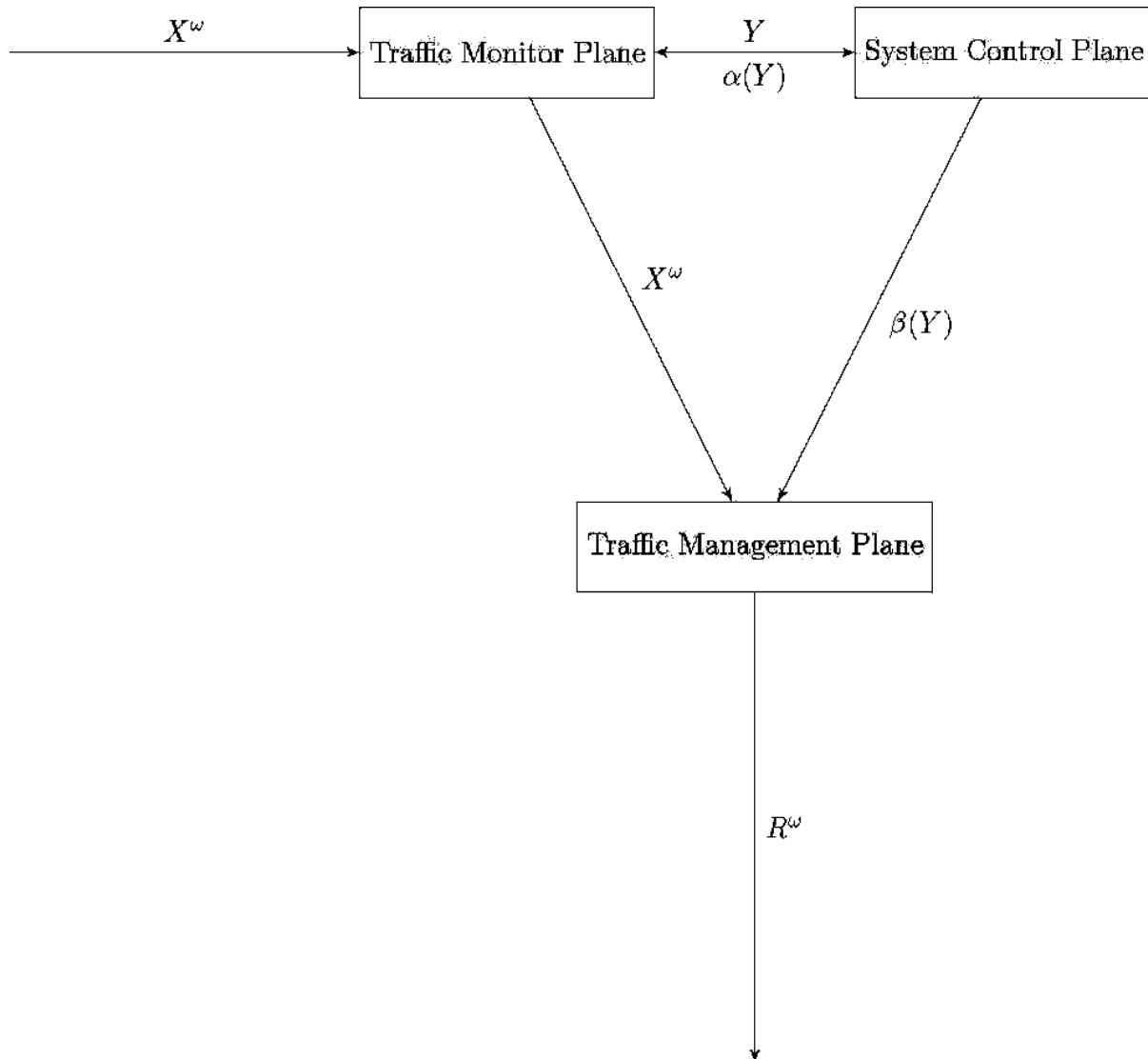


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов системы управления трафиком

На приведенной схеме X^{ω} обозначает входящий в узел сети трафик, тогда как R^{ω} - выходящий соответственно. Вначале входящий трафик X^{ω} анализируется System Traffic Monitor Plane компонентом на предмет возможных событий либо аномалий. Затем System Traffic Monitor Plane модуль перенаправляет данный трафик в System Traffic Management Plane, где с помощью заданных System Control Plane модулем правил он оптимизируется и формируется выходящий трафик R^{ω} . Если компонент System Traffic Monitor Plane обнаруживает некоторое событие или аномалию во входящем трафике

X^{ω} , то сообщение об этом $y \in Y$ отправляется модулю System Control Plane. Далее, System Control Plane модуль обрабатывает возникшее событие и отправляет управляющие сигналы $\alpha(y)$ и $\beta(y)$, $y \in Y$ компонентам System Traffic Monitor Plane и System Traffic Management Plane соответственно. Управление может заключаться в изменении метода мониторинга входящего трафика X^{ω} , либо изменении метода оптимизации и формирования выходящего трафика R^{ω} . Например, может быть запущен механизм масштабирования, увеличивающий объем

доступных виртуальных вычислительных ресурсов, либо активизирующий дополнительные экземпляры виртуальных сетевых функций.

Замечание 2. Отметим, что на физическом уровне входящий трафик X^0 может приходить по нескольким каналам связи. Аналогичное утверждение также верно для выходящего трафика R^0 . Более того, компонент System Traffic Management Plane должен управлять распределением выходящего трафика по доступным выходным каналам.

4 Взаимосвязь системы управления трафиком и регулярной CEP-машины

Заметим, что каждый приходящий по сети пакет данных можно трактовать как атомарное событие. Как правило, каждое атомарное событие такого вида несет в себе слишком мало информации необходимой для анализа состояния всей сети. Следовательно, необходимо рассматривать последовательности атомарных событий на предмет обнаружения аномалий - необходимости обработки сложных событий (Complex Event Processing). Также заметим, что как правило, последовательности пакетов данных можно описывать регулярными языками. Следовательно, можно использовать регулярные CEP-машины, впервые представленные в работе [5], для обнаружения аномалий в последовательностях пакетов данных приходящих по сети. Напомним, что регулярная CEP-машина это:

Определение 1. (Регулярная машина обработки сложных событий). Любая регулярная CEP-машина это пятерка $M = (X, Y, H, h_0, \alpha)$ состоящая из таких компонентов:

- X - конечное множество (алфавит) атомарных событий;
- Y - конечное множество (алфавит) ответов машины соответственно;
- H - конечное множество регулярных обработчиков. Где любой обработчик $h \in H$ такой, что $h : X^+ \xrightarrow{\text{partial}} Y$ называется регулярным, если существуют

- некоторое конечное множество Z с отмеченным элементом $z_0 \in Z$ и

- некоторое отображение $\delta : Z \times X \rightarrow Z \cup Y$

такие, что для любого $u \in X^+$ и $y \in Y$ условие $h(u) \downarrow = y$ выполняется тогда и только тогда, когда существуют $z_1, \dots, z_{|u|-1} \in Z$ такие что:

$$z_{i+1} = \delta(z_i, u[i]) \text{ для } 0 \leq i < |u|-1 \text{ и}$$

$$y = \delta(z_{|u|-1}, u[|u|]).$$

- $h_0 \in H$ - начальный обработчик;

- $\alpha : Y \rightarrow H$ - функция отклика.

Алгоритм 1 описывает поведение любой регулярной CEP-машины. Заметим, что в общем случае, шаг 5 алгоритма может выполняться бесконечно см. работу [17]. Но в случае регулярных CEP-машин алгоритм гарантировано не зависнет на этом шаге.

Алгоритм 1. Operational model of a Regular CEP-machine:

1 def run (M, s):

Require: the studied Regular CEP-machine $M = (X, Y, H, h_0, \alpha)$ and some stream of elementary events $s \in X^0$

Ensure: printing of the corresponding response stream

2 handler, buff = $h_0, []$

3 while True:

4 new_event, s = $s[0], s[1:]$

5 buff.append(new_event)

6 if handler(buff) \uparrow : continue

7 else:

8 response = handler(buff)

9 print(response) # printing of the

current response

10 handler, buff = $\alpha(\text{response}), []$

Пусть задана регулярная CEP-машина определяемая пятеркой $M = (X, Y, H, h_0, \alpha)$. В данном контексте множество X является входным алфавитом пакетов, тогда как множество Y - выходной алфавит событий генерируемых как реакция на обнаруженные события или аномалии во входном трафике. Тогда любой регулярный обработчик (частичное отображение) $h \in H$ такой что $h : X^+ \xrightarrow{\text{partial}} Y$ можно интерпретировать как алгоритм анализа входного трафика предназначенный для обнаружения определенного множества аномалий. А функция отклика $\alpha : Y \rightarrow H$ определяет новый алгоритм анализа входного трафика, который должен использоваться в случае обнаружения той или иной аномалии на предыдущем шаге. Например, при обнаружении во входном трафике множества подозрительных пакетов, которые могут содержать некую вредоносную информацию, может быть активирован алгоритм определения генератора такой информации и его блокирования. Другим примером может являться обнаружение последовательности пакетов содержащих информацию о статусе других узлов сети на основании которой данный узел может определить загруженность всей сети и активировать соответствующий метод формирования пользовательского трафика. Таким образом, можно оптимизировать управление балансом загруженности всей сети в автоматическом режиме.

5 Проектирование компонента анализа входного трафика с использованием машинного обучения

Решение задачи анализа входящего трафика является одним из ключевых пунктов при проектировании системы управления трафиком. Для практического решения данной задачи будем использовать метод машинного обучения регулярной СЕР-машины. Результаты компьютерного эксперимента подтверждают сходимость этого метода машинного обучения. Приведем ниже идею метода.

Задачу обучения регулярной СЕР-машины можно разделить на независимые подзадачи обучения ее обработчиков.

Поскольку каждый регулярный обработчик имеет только один возможный ответ "accepted", ниже будем называть такой обработчик регулярным акцептором.

Тогда задача обучения регулярного акцептора может быть сформулирована следующим образом.

Задача 1. Пусть $E = \{u_1, \dots, u_M\} \subset X^+$ это конечное префиксное множество событий, а $C = \{v_1, \dots, v_N\} \subset X^+$ - конечное множество слов такие, что $E \cap C = \emptyset$.

Тогда будем интерпретировать элементы множества E как примеры, а элементы множества C как контрпримеры;

необходимо найти регулярный акцептор $h: X^+ \xrightarrow{\text{partial}} \{\text{accepted}\}$ такой, что выполняются следующие условия:

1. $h(u_i) \downarrow = \text{accepted}$ для всех $0 \leq i < M$;

2. $h(v_i) \uparrow$ для всех $0 \leq i < N$; и

3. Регулярный акцептор является минимальным. А именно, соответствующее множество Z имеет наименьшее количество элементов среди всех возможных.

Общий вид метода построения акцептора представлен на рис. 2 в виде UML диаграммы активности.

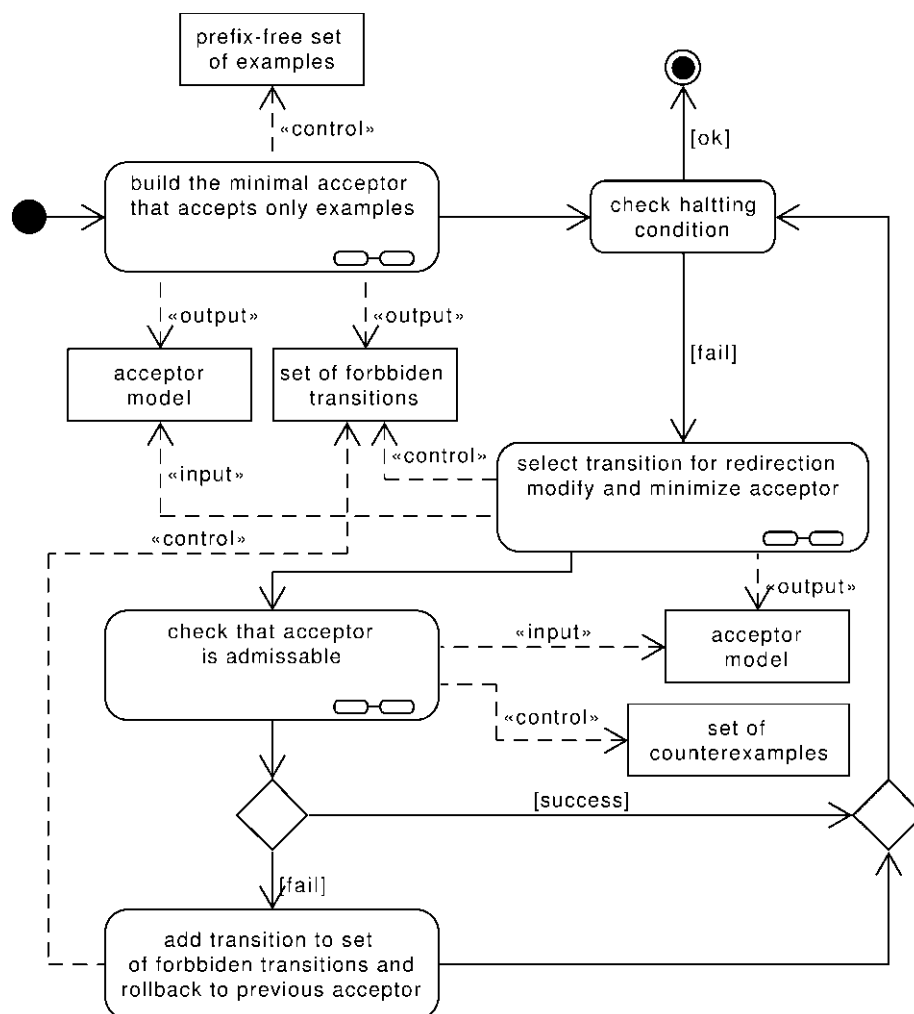


Рис. 2. Общая схема метода обучения регулярного акцептора

Теперь воспользуемся описанным выше методом машинного обучения.

Для этого определим достаточно большое множество примеров событий E - некий набор хорошо известных проблем трафика которые могут привести к сбою или перегрузке сети. А также определим множество контрпримеров C - набор сценариев правильной работы сети

Замечание 3. Множество контрпримеров должно быть максимальным для уменьшения проблемы ложного обнаружения аномалий в трафике.

Для иллюстрации метода приведем пример определения множеств E и C .

Пример 1. Рассмотрим телекоммуникационную сеть состоящую из n узлов (базовых станций), возможно виртуальных.

И пусть множество пакетов характеризуется следующим образом:

$$X = \bigcup_{i=1}^n \{A^i \cup V^i \cup D^i \cup M^i\},$$

где A^i, V^i, D^i множества аудио, видео и других веб-данных сгенерированных базовыми станциями соответственно. Тогда как M^i - множество служебных пакетов, которые могут содержать диагностическую информацию о состоянии станции, уровне загрузки, планируемых действиях (выключение или перезапуск системы, появление в сети нового узла и т.д.).

Тогда начальное множество отслеживаемых событий E в общем случае можно задать следующим образом:

$$E = \left\{ \left(a^* v^* d^* \right)^* m^+ \left(a^* v^* d^* \right)^* \mid \begin{array}{l} \forall a \in A^i, v \in V^i, \\ d \in D^i, m \in M^i \end{array} \right\}.$$

Т.е. системе необходимо отслеживать все слова содержащие в себе служебные пакеты и реагировать на те или иные события. Тогда множество контрпримеров можно задать как:

$$C = \left\{ \left(a^* v^* d^* \right)^* \mid \forall a \in A^i, v \in V^i, d \in D^i \right\},$$

где $i = 1 \dots n$, $*$ - звездочка Клини, $a^+ = a^* \setminus \{\varepsilon\}$, т.е. система не меняет режим работы при прохождении пользовательского трафика.

Другим примером может быть обнаружение ситуации, когда возникает необходимость ограничения трафика генерируемого пользователями, имеющими более низкий приоритет обслуживания. А так же улучшение пропускной способности сети для видео трафика.

Пример 2. Пусть пользователь k имеет более высокий приоритет передачи данных. И так же необходимо обеспечить высокую пропускную способность для видео трафика. Тогда система должна реа-

гировать на ситуации когда входной трафик содержит слишком много пакетов с более низким приоритетом. Следовательно, множество примеров E можно задать следующим образом:

$$E = \left\{ x_i^+ \left(\left(v^k \right)^* \left(a^k \right)^* \left(d^k \right)^* \right)^+ x_j^+ \mid \forall x_i, x_j \in X', \right. \\ \left. v^k \in V^k, a^k \in A^k, d^k \in D^k \right\} \cup \\ \bigcup \left\{ x_i^+ v^+ x_m^+ \mid \forall x_i, x_m \in X'', v \in V \right\},$$

где

$$X' = X \setminus (A^k \cup V^k \cup D^k);$$

$$X'' = X \setminus V.$$

Следовательно, система не должна реагировать на ситуации когда в трафике отсутствуют пакеты узла k . Т.е. узел k не генерирует трафик. Либо в сети преобладает видео трафик или трафик генерируемый узлом k .

Тогда множество контрпримеров C можно определить следующим образом:

$$C =$$

$$= \left\{ x^* \mid \forall x \in X' \right\} \cup \left\{ \left(x^k \right)^* \mid \forall x^k \in X^k \right\} \cup \left\{ v^* \mid \forall v \in V \right\},$$

где $X^k = A^k \cup V^k \cup D^k$.

Заметим, что в случае ложного обнаружения, обнаруженное событие можно добавить во множество контрпримеров C для исключения ситуации обнаружения такого события в будущем.

Выводы

В статье рассмотрены способы использования регулярных СЕР-машин при проектировании систем оптимизации трафика в телекоммуникационных сетях.

Такой подход основывался на строгом математическом анализе задач формирования и оптимизации трафика. Были рассмотрены основные проблемы, возникающие при решении таких задач.

Далее, в статье была представлена общая схема системы формирования и оптимизации трафика. Детально обсуждалась функциональность компонентов такой системы.

Затем обсуждался подход к решению задачи формирования и оптимизации трафика с помощью регулярных СЕР-машин. Было показано, что метод машинного обучения, детально описанный авторами в их предыдущих работах, значительно упрощает процесс анализа возникающих в телекоммуникационных сетях аномалий.

В частности, примеры 1 и 2 приводят способ раннего обнаружения возможности перегрузки сети, что помогает в ее автоматической балансировке и тем самым улучшает производительность, поскольку

ку, значительно уменьшается вероятность потери пакетов и их повторной передачи, что в свою очередь является ключевым фактором при обеспечении качества передачи мультимедиа данных.

Также пример 2 показывает возможность управления отдельными потоками данных имеющих более высокий приоритет.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть полезны при проектировании и разработке систем формирования и оптимизации трафика данных в телекоммуникационных сетях.

Список литературы

1. ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0 Approved Specification 0056.00, Section 5.5, Traffic Shaping. <https://www.broadband-forum.org/ftp/pub/approved-specs/af-tm-0056.000.pdf>.
2. Cisco Tech Notes: Comparing Traffic Policing and Traffic Shaping for Bandwidth Limiting. Document ID: 19645. Cisco Systems. Aug 10, (2005) <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/19645-policevsshape.html>.
3. Clark, D., D., Wroclawski, J.: An Approach to Service Allocation in the Internet. IETF. p. 12. (July 1997) <https://tools.ietf.org/html/draft-clark-diff-svc-alloc-00>.
4. Dischinger, M., Mislove, A., Haeblerlen, A., Gummadi, K.: Detecting bittorrent blocking. IMC '08 Proceedings of the 8th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement ISBN: 978-1-60558-334-1 doi>10.1145/1452520.1452523 ACM New York, NY, USA pp 3-8, (2008).
5. Dorozhinsky, V.: Regular Complex Event Processing Machines. Information processing systems. 8, pp. 82-86 (2015).
6. Floyd, S., Jacobson, V.: "Random Early Detection (RED) gateways for Congestion Avoidance". IEEE/ACM Transactions on Networking. 1 (4): pp 397-413. doi:10.1109/90.251892. (August 1993).
7. Gettys, J.: "RED in a Different Light". jg's Ramblings. (17-12-2010) <https://gettys.wordpress.com/2010/12/17/red-in-a-different-light/>.
8. Helzer, J., Lisong, Xu: Congestion Control for Multimedia Streaming with Self-Limiting Sources. <http://www.ieee-icnp.org/2005/Posters/Helzer.pdf>.
9. IETF RFC 2475 "An Architecture for Differentiated Services" section 2.3.3.3 - Internet standard definition of "Shaper" <https://tools.ietf.org/html/rfc2475#section-2.3.3.3>
10. ITU-T, Traffic control and congestion control in B ISDN, Recommendation I.371, International Telecommunication Union, Annex A, page 87. (2004) <http://www.itu.int/rec/T-REC-I.371-200403-I/en>.
11. Jacobson, V., Nichols, K., Poduri, K.: "RED in a Different Light". (30-09-1999) <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.22.9406>.
12. Leydon, J.: "P2P swamps broadband networks" . http://www.theregister.co.uk/2002/09/12/p2p_swamps_broadband_networks/.
13. Pratt, I., Fraser, K.: a user-accessible gigabit Ethernet interface. IEEE INFOCOM 2001. Arsenic: Computer Laboratory, Cambridge University; Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings Volume 1, pp 67-76 vol.1 (2001)
14. Tanenbaum, A., S.: Computer Networks, Fourth Edition, ISBN 0-13-166836-6, Prentice Hall PTR. (2003)
15. Turner, J.: New directions in communications (or which way to the information age?). Communications Magazine, IEEE 24 (10): 8-15. ISSN 0163-6804. (1986)
16. Ying Zhang, Z. Morley Mao, Ming Zhang Ascertaining the Reality of Network Neutrality Violation in Backbone ISPs HotNets, Association for Computing Machinery, Inc. January 1, (2008) <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/ascertaining-the-reality-of-network-neutrality-violation-in-backbone-isps/>
17. Zholtkevych, G., Novikov, B., Dorozhinsky, V.: Pre-Automata and Complex Event Processing. In: V. Ermolayev et al. (eds.) ICTERI 2014. CCIS, vol. 469, pp. 100116. Springer International Publishing, Switzerland (2014).

Надійшла до редколегії 17.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, Харків.

РЕГУЛЯРНА ОБРОБКА ПОДІЙ В УПРАВЛІННІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Г.М. Жолткевич, В.В. Дорожинський

В статті розглядаються задачі управління трафіком в телекомунікаційних мережах. Існує багато підходів до управління та оптимізації трафіка. Зокрема, формування трафіка є одним із декількох методів управління смугою пропуску у телекомунікаційних мережах. У статті показується, що результати отримані авторами у попередніх працях можуть бути широко використані під час проектування систем формування та оптимізації трафіка.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, машинне навчання, обробка подій, акцептор, регулярна мова, CEP-машина.

REGULAR EVENT PROCESSING IN TELECOMMUNICATION NETWORKS MANAGEMENT

G.N. Zholtkevych, V.V. Dorozhinsky

In the paper the problems of traffic management in telecommunication networks are considered. There are many approaches in the traffic management and optimization. In particular, traffic shaping is one of the methods of the band width management in telecommunication networks. In the paper it is shown that the results obtained by the authors in their previous researches can be widely used in traffic shaping and optimization systems design and development.

Keywords: Telecommunication Network, Machine Learning, Event Processing, Acceptor, Regular Language, CEP-machine.

УДК 621.396

Н.С. Еремина¹, Ю.В. Самсонов², А.М. Сотников³¹ Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков² Национальная академия Национальной гвардии Украины, Харьков³ Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И. Кожедуба, Харьков

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ВИЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В БАЗАХ ДАННЫХ

Предложен подход для представления информации об участках поверхности визирования в широком частотном диапазоне с помощью обобщенного телеграфного процесса. Уникальность структуры изображений поверхности визирования при формировании базы данных при незначительном объеме может быть описана корреляционной функцией с соответствующими параметрами по одной координате.

Ключевые слова: поверхность визирования, модель изображений, базы данных.

Введение

Постановка проблемы и анализ публикаций.

В работах [1 – 3] проведен анализ функционирования систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) интересах получения знаний об объектах, различных участках поверхности или явлениях путем анализа данных, собранных без контакта с изучаемым объектом. Знания о земной поверхности рассматривают как специальным образом обработанные данные ДЗЗ, которые позволяют как прогнозировать поведение исследуемого объекта, так и использовать их в геоинформационных системах, системах пеленгации и управления движением, системах видеонаблюдения и др. Одним из возможных направлений использования данных ДЗЗ является картографирование. При этом формирование базы данных обуславливает как необходимость повышения качества обработки изображений, разработки новых методов и алгоритмов обработки, которые обеспечат адекватные преобразования изображений земной поверхности с точки зрения их дальнейшего использования, так и поиска новых подходов к представлению информации в базах данных. Решение этой задачи позволит минимизировать ошибки в определении характеристик исследуемых объектов на земной поверхности и обеспечит высокий уровень достоверности интерпретаций анализируемых снимков. В тоже время осуществление мультиспектрального зондирования местности приводит к большому объему данных, что существенно усложняет дальнейшую обработку изображений.

Результаты анализа известной литературы [5, 6] показали, что в настоящее время не существует общепринятой модели геофизических полей земли, поэтому задача обоснования и разработки модели представления изображений ПВ остается актуальной и предопределяет необходимость разработки и обоснования новых принципов и соответственно моделей представления изображений.

Целью статьи является разработка обобщенной модели изображений, формируемых мультиспектральными системами ДЗЗ, для представления в базах данных.

Основной материал

Поиск в базе данных предварительно обработанных изображений может осуществляться по различным характеристикам изображения, хранящимся в специальных полях базы данных. Для поиска информации на изображениях целесообразно задавать меру схожести двух изображений, причем эти меры могут включать в себя как цветовые характеристики, так и яркостные, геометрические, структурные и другие признаки выделенных на изображении объектов. С помощью данных признаков можно создавать базы данных о ПВ. База данных должна эффективно представлять информацию для последующих этапов предварительной обработки изображений, а также для организации поиска данных на изображениях. Обработка изображений состоит из следующих этапов: классификация, сегментация и распознавание объектов. Эти этапы представляют взаимосвязанные процедуры, обеспечивающие выполнение единых требований к подготовке разнообразных данных при обработке изображений поверхности визирования (ПВ).

Для представления изображений используются различные подходы. Результаты анализа известных типов представления изображений в разных спектральных диапазонах показывают, что в наибольшей степени процессу съемки изображения адекватно зонное представление [5, 6] (рис. 1).

Зонная структура изображения формируется за счет различий электрофизических свойств материалов и покровов участков поверхности визирования, которые в свою очередь приводят к различиям в отражательных, излучательных и тепловых характеристиках объектов ПВ и в конечном итоге их яркостных характеристиках.

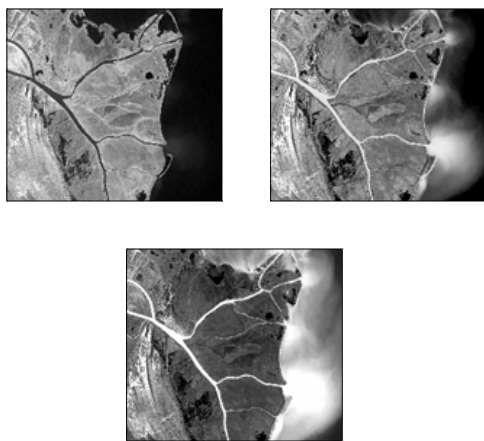


Рис. 1. Совокупность изображений природного ландшафта, полученных тремя каналами в мультиспектральной системе ДЗЗ

Зонная модель описания изображения ПВ адекватно характеризует сцену изображения и может быть описана взаимной корреляционной функцией обобщенного телеграфного процесса и полностью учитывает возможные вариации яркости материалов и покровов, а также возможность изменения зонной структуры ПВ. Согласно [4] изображения ПВ имеют не гауссовский закон распределения и содержат зоны с постоянными во времени электрофизическими характеристиками различных покровов и материалов. Наиболее характерные устойчивые признаки изображения, как правило, являются границами этих неизменных участков ПВ. Поэтому наибольшее количество информации о ПВ в кадре изображения сосредоточено на границах зон [2, 3]. В тоже время исходя из случайного характера наполнения формируемых изображений, подход к их представлению должен быть статистический, а метод анализа – корреляционно-спектральный. Степень сходства изображения с детерминированным эталонным изображением (шаблоном) определяется вычислением взаимной корреляционной функцией (ВКФ) с поиском экстремума этой функции, которая обуславливает степень стохастической связи изображений. Для детерминированных изображений существуют оптимальные меры сходства. В рассматриваемом случае, для шаблона и ансамбля изображений оптимальной меры сходства не существует. Поэтому, учитывая то обстоятельство, что при определенных допущениях системы ДЗЗ можно рассматривать как линейные системы, целесообразно применять линейные меры сходства, ввиду их простоты и оптимальности для гауссового сигнала. Известно, что любая линейная мера сходства может быть выражена через корреляционную функцию. Поэтому, в качестве модели изображения может быть выбрана взаимная корреляционная функция [7]. Так как плотность вероятности изображения неизвестна, то для определения ВКФ изображения представим по-

верхность визирования $S(x, y)$ как совокупность однородных зон и покровов A_i каждый из которых характеризуется своим значением яркости T_{Ri} , которая одинакова в пределах зоны

$$S(x, y) = S_i T_{Ri} \tau_i(x, y), \quad (1)$$

где индикаторная функция $\tau_i(x, y) = 1$, если $x, y \in A_i$, $\tau_i(x, y) = 0$, если $x, y \notin A_i$.

Тогда изображение ПВ в представлении (1) в любом возможном направлении \vec{r} в сечении будет иметь вид, аналогичный обобщенному телеграфному процессу.

Известно [6], что корреляционная функция такого процесса описывается выражением

$$R(r) = \exp(-\alpha|r|), \quad (2)$$

где $\alpha = 1/\tau_k$ – величина обратная интервалу корреляции.

Если допустить, что статистические свойства однородных зон поверхности одинаковы, то их можно считать изотропными.

В этом случае достаточно функцию корреляции (2) определять по одной координате (x или y). Тогда функция корреляции изображения для бесконечно большой выборки будет определяться выражением

$$R(\vec{r}) = \exp(-\alpha|\vec{r}|). \quad (3)$$

Для конечной большой выборки корреляционная функция (3) будет асимптотически приближаться к экспоненте.

Таким образом, обобщенная модель изображения ПВ в широком спектральном диапазоне может быть представлена корреляционной функцией обобщенного телеграфного процесса для любого участка ПВ с соответствующим конкретному району интервалом корреляции.

На рис. 2 представлен пример возможного пересечения трассами τ_i поверхности визирования при условии, что статистические свойства однородных яркостных зон поверхности A_i (T_{Ri}) изотропны во всех направлениях.

Оптические изображения также могут быть описаны обобщенным телеграфным процессом, так как в основу формирования изображения положены результаты аэрофотосъемки, обуславливающие их зонную структуру. Таким образом, обоснован статистический подход к описанию изображений поверхности визирования, позволяющий в основу модели изображения положить обобщенный телеграфный процесс, описывающий ПВ соответствующей корреляционной функцией.

При заполнении сцены изображения, полученной в результате аэрофотосъемки местности, значениями яркости может быть получено изображение со степенью детализации определяемой разрешающей способностью фотоизображения.

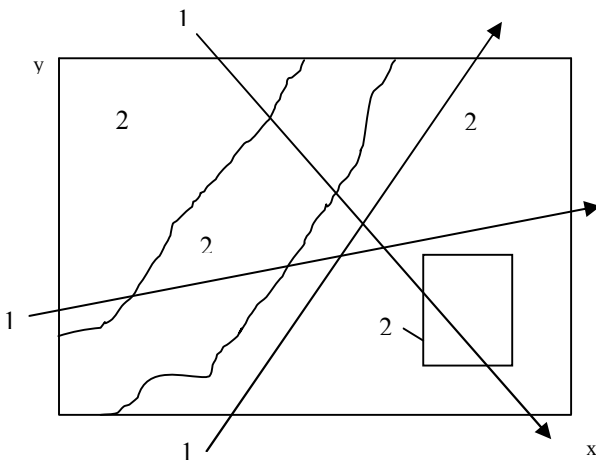


Рис. 2. Представление поверхности визирования в виде совокупности однородных зон:
1 – r_i (направления захода на ПВ);
2 – $A_i(T_{Ri})$ (области однородных радиоярких температур ПВ);
 x, y – размерность изображения ПВ

Очевидно, что в зависимости от сезона (лето, зима, межсезонных переходов весна - лето, осень - зима) результат аэрофотосъемки местности будет разным для районов с регулярным покрытием снежным покровом.

Таким образом, существует однозначно определяемая граница раздела между объектами, а соответственно модель изображения может быть также описана обобщенным телеграфным процессом.

При формировании базы данных участки поверхности визирования на маршруте движения целесообразно выбирать с учетом того, чтобы в пределах кадра изображения находился один или совокупность уникальных по форме и размеру, контрастных к фону объектов.

Выводы

1. При формировании базы данных о ПВ качестве модели изображений целесообразно использовать взаимную корреляционную функцию обобщен-

ного телеграфного процесса, описывающую зонную структуру сцены участка визирования.

2. Зонная структура изображения, определяемая электрофизическими свойствами различных поверхностей и покровов и характерная для мультиспектральной съемки, позволяет при формировании базы данных с использованием в качестве информативного признака взаимной корреляционной функции обобщенного телеграфного процесса существенно уменьшить объем массива данных, характеризующих особенности ПВ.

Список литературы

1. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования [Текст] / У.Г. Рис. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
2. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений [Текст] / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
3. Обиралов А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование [Текст] / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: Колос, 2006. – 334 с.
4. Быков В.Н. Обобщенная модель процесса функционирования матричной радиометрической корреляционно-экстремальной системы навигации миллиметрового диапазона / В.Н. Быков, А.М. Сотников, Я.Н. Кожушко // Системы управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління, 2009. – Вип. 3(11). – С. 13-17.
5. Пасечник Р.Е. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Комментарий законодательства и правоприменительной практики [Текст] / Р.Е. Пасечник, А.Н. Чеботарева, А.А. Абдураимов, П.Ю. Дмитрюк. – М.: Из-во «Вершина», 2006. – 176 с.
6. Маклаков С.В. BPwin и ERwin. CASE – средства разработки информационных систем. [Текст] / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. – 256 с.
7. Левин Б.Р. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике / Б.Р. Левин. – М.: Сов. радио, 1957. – 492 с.

Надійшла до редколегії 1.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.І. Канюк, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ ЗОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ВІЗИРУВАННЯ ДЛЯ ПОДАВАННЯ В БАЗАХ ДАНИХ

Н.С. Єрьоміна, Ю.В. Самсонов, О.М. Сотніков

Запропоновано підхід для представлення інформації про ділянки поверхні візування в широкому частотному діапазоні за допомогою узагальненого телеграфного процесу. Унікальність структури зображень поверхні візування при формуванні бази даних при незначному обсязі може бути описана кореляційною функцією з відповідними параметрами по одній координаті.

Ключові слова: поверхня візування, модель зображень, бази даних.

GENERALIZED MODEL OF OBSERVING SIGHT IMAGES FOR SUBMISSION AS THE DATABASES

N.S. Eremina, Y.V. Samsonov, A.M. Sotnikov

In this article the approach for the data submission on the observing sight in the wide frequency range by means of a generalized telegraph process is described. The uniqueness of the observing sight image structure during the database formation on the basis of small amount of information can be described by the correlation function with the appropriate parameters for a single coordinate.

Keywords: observing sight, image model, database.

УДК 681.5.01

V.V. Zhebka

State University of Telecommunications, Kyiv

TELECOMMUNICATIONS NETWORK OPTIMIZATION TAKING INTO ACCOUNT FACTORS AFFECTING ITS QUALITY INDICATORS

In the article the uncertainties and their impact on the network. Are considered emergencies as one of the factors of uncertainty. An Emergencies division on the effect on the telecommunications network and discussed ways to eliminate and avoid emergencies. Much attention is paid when an emergency does not lead to damage and destruction of the station.

Keywords: uncertainty, emergency, telecommunications network, catastrophe theory.

Introduction

At this stage of society telecommunications industry is a highly developed industries, which is a significant share of gross domestic income in the country. The main objective of the industry is the provision of telecommunications services of good quality. This task area must perform consistently despite any external conditions. That is, even in an emergency situation must act as proper permanent connection, so you can coordinate actions aimed at addressing the emergency. And that such a link existed should develop and optimize the information and communication network management system, which will be timely and adequately respond to external stimuli. The article is to determine the uncertainties affecting the operation of the network and their direct impact on the network and define the role of emergencies as one of the factors of uncertainty.

Main part

Production design optimization problem without random factors not clearly describe the processes occurring in the system.

In general, research and optimization of telecommunications networks makes it necessary to take into account two factors:

1. The presence of several criteria to evaluate the quality of the system;
2. The presence of noise, disturbances and other kinds of uncertainties, which are known only boundary changes.

For example, increasing the speed of information transfer (one criterion) can reduce the delay in the transfer of information (second criterion), but this should minimize the probability of error (the third criterion). At the same time in the operation of the network, the impact of noise on the signal (artificial, natural, white noise) and other disturbances, which are known only boundary changes.

Uncertainty can be caused by too early to unpredictable changes. The reason for their appearance can be errors in meter readings, the delay in the channels of information transmission. Uncertainties may also arise

from exposure to network emergencies. Research of multicriteria tasks in similar circumstances creates new direction - a decision with many criteria and the availability of uncertain factors.

Thus, the uncertainty in the network may be due to the influence of external (eg, weather conditions, emergencies) and internal (eg, displays errors in measuring devices) factors. That is why during the optimization of network management systems need to perform multicriteria optimization network in the presence of uncertain factors. That is, to optimize the management system must determine not only the specific settings that are optimized but also specify the factors that are uncertain in the optimization, but are known boundary changes.

Moreover, with such optimization should be able to:

1. Determine the composition settings that are optimized - vector $x = (x_1, \dots, x_m) \in X$ (X - specified the range of changes); specific value vector $x \in X$ defined as a «strategy of the first player».

2. Set the composition of uncertain factors $y = (y_1, \dots, y_k)$, for which the region is known only changes Y ; value $y \in Y$ defined as «the strategy of the other player».

3. Write down criteria $f_i(x, y), i \in N = \{1, \dots, N\}$, which quantifies the effect achieved with a fixed $x \in X$ and a particular value $y \in Y$; a set of criteria $f(x, y) = (f_1(x, y), \dots, f_n(x, y))$ called a vector function of winning, and specific values $f(x, y)$ - winnings.

Task management optimization is making the best network management solution, that task of the controlling problem boils down to a decision. Under objective decision criteria and in the presence of many uncertain factors will understand the system $\Gamma = (X, Y, \{f_i(x, y)\}_{i \in N})$, where the i -th criterion $f_i(x, y): X \times Y \rightarrow \mathbb{R}^1$, and $X \in \text{comp} \mathbb{R}^m, Y \in \text{comp} \mathbb{R}^k$ - are closed and are restricted set of corresponding Euclidean spaces. Optimization is finding a specific value vector $x \in X$, where possibly achieved lower values of all components of the vector function win

$f(x, y) = (f_1(x, y), \dots, f_n(x, y))$, having in mind the possibility of implementing any value $y \in Y$. In this case it is the minimization function $f_i(x, y), i \in N$.

The presence of uncertain factors y lead to the fact that it is impossible to clearly define decision optimization problem.

This issue can be approached from two perspectives. First, it is useful to consider the decision in terms of the theory of multicriteria task, given the multiplicity criteria. Secondly, it is appropriate to consider in terms of overall game theory, which determines the presence of the second player, that choice $y \in Y$ «prevents maximally» action first player. In this case there is an antagonistic game with vector-function winning.

The second approach examined in detail by scientists such as V.I. Zukowski, M.E. Salukvadze and highlighted them in the book [1].

The process of finding the optimal solution to the problems of designing control systems (as in multi-objective optimization, and taking into account the random factors) practically reduced to quantitative solution of nonlinear optimization.

As was noted earlier, telecommunication networks is an important factor in consideration of the uncertainties that may arise as a result of various factors, including emergencies and may have a different impact on the network, so it is appropriate to review the division and emergencies for their impact on the telecommunications network.

According to the Concept of development of telecommunications in Ukraine, which defines the basic principles and directions of further development of telecommunications networks in conditions of complex and changing environment, structure of management in case of emergency should be particularly flexible and adaptable. However, unlike the functions, tasks and ways of managing telecommunications networks in predictable situations, appropriate institutional mechanisms for the management of emergency situations should be adapted to identify new problems in the network and operational management decisions aimed at overcoming these immediate problems. As part of the management system should be possible to maximum concentration of resources of all telecommunications networks by combining their information, organizational and technical provisions for the speedy elimination of emergency situations.

Since any emergency situation occurs suddenly, suddenly, it poses telecommunications networks system management tasks that do not meet the stationary mode of operation under normal conditions.

As is known, today is an active transition from traditional networks to NGN (Next Generation Network), and in the period from 2015 to 2020 is planned to transition to the FN (Future Networks) [2]. NGN networks have tiered and FN also multidimensional structure. The latter, on the one hand, complicates the management

structure, and on the other – increases the survivability of the network in an emergency.

The control system telecommunications networks should be able to operate in four modes:

1. Daily routine activity (stationary operation);
2. Daily high availability (active preparation and implementation of preventive measures);
3. Emergency Mode (action in an emergency);
4. Pislyanadzvychnyy mode (long-term elimination of consequences of emergency situations).

The control system in stationary (everyday) conditions and in emergencies has different characteristics.

Emergencies can range from emergencies natural disasters to terrorist attacks. So the question is how will this or that emergency situation on the network.

Consider separately all kinds of emergencies is inappropriate - one and the same situation may have a different impact on the network depending on its strength and other factors. More conveniently make a classification depending on the harm caused by an emergency network. Emergencies on the effect on the network have the following classification [3]:

1. Emergencies, in which the station was destroyed.
2. Emergencies, which resulted in some broken links and elements.
3. Emergency situations, in which there have been some uncertainty (noise, disturbance, etc.) with known boundaries change.
4. Emergency situations that do not lead to changes in the system.

Accordingly, in the first case when the station was completely destroyed, the main task is its quick recovery. The period of recovery stations in the network introduced temporary mobile station. In this case, the main task of the control algorithm is immediate sending a message about damage control center on the network. This message must have an advantage over other packets of information that have the highest priority.

In the second case where an emergency has led to the destruction of certain links and elements, the main objective is the rapid installation of damages and their elimination. To control algorithm main objective again is to establish the fact of damage and the immediate dispatch of notice damage to the network. And while there is repair of damaged algorithm blocks the transmission line to the damaged station and sends packets in other ways.

As for the third point, the specified situation can be predicted and avoided at the stage of optimization of management by taking into account uncertain factors. This case was considered in detail above.

If an emergency or any other effect on the network from the outside does not bring significant changes to the system, but only has a slight but permanent effect on the network, then sooner or later the system will take place hopping. That is, the system as a result of continuous accumulation of minor influence will collapse.

The disaster called stepwise changes that occur as a sudden response system in a gradual change in external conditions. Sources catastrophe theory is a theory Whitney features smooth maps and bifurcation theory of dynamical systems Poincare and Andronov. Enough detail researched theory of catastrophes VI Arnold and outlined in his book "Theory of disasters" [4].

In this case - with little permanent impact on network optimization main task management system is to determine the point of catastrophe and its distance.

To determine at what point will a disaster, you need to find features (crease, assembly, «dovetail», «pyramid», «wallet», etc.), and for this you need to analyze a mathematical model of the object.

The mathematical model can have one or more minimum (depending on the control parameters). If you change the control parameters minimum position changes smoothly, the jump does not occur, according catastrophe will be. The disaster would be the case when the local minimum disappear, merging with a local maximum. If the analysis of the objective function found extremes, and set certain features (crease, assembly, «dovetail», «pyramid», «wallet», etc.), it can be argued that such points arise disaster. Thus, examining the objective function, we can determine the point at which there will be a disaster and avoid it. In any system for characteristic features can determine that it contains a catastrophe. These features are called flags disasters. Key features of disaster:

1. Modality - a property of the object system, which is that for some values of control parameters may be multiple equilibria systems (several events).

2. Unattainability - one of the system equilibrium is reached and observed.

3. Catastrophic jumps - abrupt transition of the system from one equilibrium to another.

4. Hysteresis - transition system from one state to another and vice versa at different values of control parameters.

5. The difference - a small shift in the way the parameter space leads to qualitatively different end of the system.

Usually these symptoms occur together. They depend on the physical distance control system variable region of space in which capacity has more than one local minimum. When detected at least one of these signs, you should state that will collapse and control parameters advisable to change so that you can discover the rest of the signs, which must manifest itself under certain conditions. There are other signs of the disaster – the difference linear response, critical slowing (mitigating fashion) and anomalous dispersion. They observed even when the potential has only one local minimum. This can be used for installation as critical values and safe limits of control parameters in many cases where unexpected "catastrophic jumps" can be detrimental to the system.

Conclusion

Uncertainties in telecommunications networks - is one factor that is unchanged. Taking into account the uncertainties miscalculation of possible manifestations and prevention effects are the basis of qualitative functioning telecommunications network. And one of the factors is the emergence of uncertainties emergencies. Division of emergency situations criteria for impact on network allowed to describe actions on liquidation of consequences and predictions for each variant deployment event.

List of literature

1. Жуковский В.И. Многокритериальные задачи управления в условиях неопределённости / В.И. Жуковский, М.Е. Салуквадзе. – Тбилиси: Мецниереба, 1991. – 128 с.
2. Хилленко В.В. Сетевой интеллект и сети нового поколения NGN: тактика и стратегия операторов / В.В. Хилленко, В.Ф. Михайлов // Зв'язок. – 2002. – №2. – С. 6–10.
3. Жебка В.В. Оптимізація інфокомунікаційної мережі в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Жебка // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2013. – № 4 (28). – С. 134–137.
4. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 1990. – 128с.

Надійшла до редколегії 9.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЇЇ ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ

В.В. Жебка

В статті розглянуто невизначеності та їх вплив на мережі. Розглянуто надзвичайні ситуації, як один із факторів невизначеностей. Наведено поділ надзвичайних ситуацій за впливом на мережу телекомунікацій та розглянуті шляхи ліквідації та уникнення наслідків надзвичайних ситуацій. Велику увагу приділено тому випадку, коли надзвичайна ситуація не призводить до пошкодження та руйнації станції.

Ключові слова: невизначеності, надзвичайна ситуація, телекомунікаційна мережа, теорія катастроф.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ЕЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В.В. Жебка

В статье рассмотрены неопределенности и их влияние на сети. Рассмотрены чрезвычайные ситуации, как один из факторов неопределенности. Приведены разделение чрезвычайных ситуаций по влиянию на сеть телекоммуникаций и рассмотрены пути ликвидации и предотвращения последствий чрезвычайных ситуаций. Большое внимание уделено том случае, когда чрезвычайная ситуация не приводит к повреждению и разрушению станции.

Ключевые слова: неопределенности, чрезвычайная ситуация, телекоммуникационная сеть, теория катастроф.

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ СУШКИ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Методами математичного моделювання виконано аналіз режимів сушіння зерна для сушарки шахтного типу. Результати аналізу можна використати для оптимізації та вдосконалення систем управління зерносушарок.

Ключові слова: шахтна зерносушарка, режим сушіння, математична модель.

Вступ

Для аналізу режимів сушіння, їх класифікації, ідентифікації та оптимізації необхідна математична модель. Аналіз відомих моделей, розроблених для сушарок шахтного типу [1 – 4], показав, що вони, як правило, описують один клас режимів і не здатні відтворювати інші (осцилюючі, ізотермічні, диференційовані і т. п.). Майже всі вони використовують лінійні зв'язки між основними змінними процесу, містять величини, малодоступні для вимірювання (парціальний тиск пари в агенті сушіння і зерні, вологовміст сушильного агента). Практика моделювання підтверджує, що лінійна модель має високу

похибку опису, а наявність важко вимірюваних параметрів призводить до проблеми її застосування в задачах автоматизації.

Результати досліджень

Нелінійна математична модель процесу сушіння в щільному рухомому шарі побудована з використанням методів матеріального балансу. У ній вологість і температура зерна є керованими змінними, температура сушильного агента і швидкість переміщення зерна по камері сушіння – керуючими змінними, а початкова вологість і температура зерна – збурюючими факторами. Рівняння динаміки робочого процесу мають вигляд:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} = -k_w \theta((t - \tau), (x - v\tau)) w(t, x); \quad (1)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + v \frac{\partial \theta}{\partial x} - \frac{r}{c} \left(\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \alpha \left[1 - k_\alpha \left(\frac{\partial w}{\partial t} + v \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right] (T_0 - \theta(t, x)); \quad (2)$$

$$w(t, 0) = w(t); \theta(t, 0) = \theta(t); w(0, x) = w(x); \theta(0, x) = \theta(x); \text{ де } W = w - w_{\text{ср}}; \theta = \theta_a - \theta_0; T = \theta_{\text{ср}} - T_0.$$

Середні поточні значення, відповідно, вологості; температури зерна; температури сушильного агента; k_w – коефіцієнт внутрішнього тепловологообміну; k_α – еквівалентний коефіцієнт теплообміну між зерном і агентом сушіння; α – коефіцієнт, що характеризує залежність інтенсивності теплообміну між зерном і агентом у функції від швидкості випаровування вологи; T – час активації вологовиділення; r –

теплота пароутворення; c – теплоємність зерна; v – швидкість переміщення зерна; t, x – координати часу і простору.

Коефіцієнти k_w, k_α, α визначаються експериментально для кожного виду зерна і залежать від типу сушарки.

Перепишемо рівняння (2) підставивши у нього рівняння (1):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + v \frac{\partial \theta}{\partial x} = -k_w \frac{r}{c} \left(\theta((t - \tau), (x - v\tau)) \right) (w(t, x)) + \alpha [1 + k_\alpha (k_w \theta((t - \tau), (x - v\tau)) w(t, x))] (T_0 - \theta(t, x)). \quad (3)$$

При стаціонарному режимі, коли початкові параметри зерна і сушильного агента є постійними, параметри зернового шару змінюються тільки у функції координати простору і в будь-якій точці

камери сушіння вони приймають постійні значення.

Тоді, прирівнявши до нуля їх похідні по часу, перепишемо рівняння (1) та (3) у вигляді:

$$v \frac{\partial w}{\partial x} = -k_w \theta(x - v\tau) w(x) \quad (4)$$

$$v \frac{\partial \theta}{\partial x} = -k_w \frac{r}{c} (\theta(x - v\tau) w(x)) + \alpha [1 + k_\alpha (k_w \theta(x - v\tau) w(x))] (T_0 - \theta(x)). \quad (5)$$

Припустивши, що швидкість зерна постійна, замінимо аргументи змінних рівнянь (4, 5), враховуючи співвідношення $x = v\tau$. Отримаємо систему рівнянь стаціонарного режиму сушки:

$$\frac{\partial w}{\partial \tau} = -k_w \theta(\tau) w(\tau); \quad (6)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{r}{c} \frac{\partial w}{\partial \tau} + \alpha \left[1 - k_\alpha \frac{\partial w}{\partial \tau} \right] (T_0 - \theta(\tau)); \quad (7)$$

Їх можна вважати рівняннями руху елементарного об'єму зернового матеріалу в синхронній системі координат. При цьому елементарний об'єм можна інтерпретувати як деяку усереднену зернину.

При чисельному експерименті з рівняннями (6, 7) частину теплофізичних параметрів і початкові умови можна взяти постійними: $r/c = \text{const}$; $W_0 = \text{const}$; $\theta_0 = \text{const}$; $T_0 = \text{const}$. Тоді основними змінними параметрами будуть модельні коефіцієнти, значення яких визначаються характером і особливостями внутрішнього і зовнішнього тепло- і масообміну між зерновим шаром і агентом сушіння.

При певних співвідношеннях між швидкістю агента сушіння, його температурою і фізичними параметрами зерна в сушарці із щільним рухомим шаром поряд зі звичайними режимами, при яких температура зерна монотонно зростає, відзначаються режими, при яких в області максимальної швидкості випаровування вологи на кривій нагрівання зерна спостерігається "провал". У зв'язку з цим виникає необхідність вивчення можливих режимів сушки і їх теоретичного пояснення. Практичний інтерес представляє оптимізація режимів сушки (за собівартістю, мінімуму витрат енергії, продуктивності і т. п.).

В теорії сушіння висвітлювалася можливість коливального характеру сушки матеріалів в зоні її максимальної швидкості. Це особливо важливо для сушіння зерна при оптимальних, так званих, «ізотермічних» режимах. Механізм цього явища можна пояснити так. При певних умовах теплоти, накопичена в матеріалі, викликає інтенсивне випаровування вологи. Якщо потік теплоти, що надходить від теплоносія, не компенсує дефіцит теплоти, необхідної на випаровування, матеріал охолоджується і швидкість випаровування падає, що веде до повторного нагрівання матеріалу, що сушиться. Якщо умови повторюються, то можливий вихід на наступну ступінь.

Можлива модифікація режимів. Якщо дефіцит теплоти, необхідної на випаровування вологи, компенсується, можлива стабілізація температури зерна, а при її надлишку температура зерна монотонно підвищується.

Режим коливальної сушки виникає при малих значеннях коефіцієнтів k_a та k_w , що характерно для матеріалів з великою власною теплоємністю або для тих випадків, коли матеріал віддає частину теплоти на нагрів інших об'єктів, які не беруть участі у випаровуванні.

Інші режими сушіння можуть бути змодельовані, якщо припустити, що коефіцієнт k_w постійний. Але характерною особливістю рішення в цьому випадку є те, що початкова ділянка кривої нагріву зерна зростає високим темпом, що не відповідає закономірностям, що спостерігаються в сушарках із щільним рухомим шаром.

Висновки

Таким чином, запропонована модель фізично коректно відтворює теоретично можливі режими сушіння, в тому числі: режими з монотонним підвищенням і зниженням температури матеріалу, що сушиться, а також режими з її постійним значенням і періодичними коливаннями в зоні постійної швидкості випаровування вологи.

Модель є достатньо простою. Вона досить точно відтворює режими сушіння та має слабку чутливість до варіації параметрів. Вона може бути застосована для вирішення задач аналізу і синтезу, ідентифікації та оптимізації, пов'язаних з конструкцією і функціонуванням зернових сушарок.

Список літератури

1. Станкевич Г.М. Сушіння зерна: Підручник / Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.І. Атаназевичюс. – К.: Либідь, 1997. – 352 с.
2. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна / Н.И. Малин. – М.: Колос, 2004. – 240 с.
3. Окунь Г.К. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна / Г.К. Окунь, А.Г. Чижиков. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1987 – 52 с.
4. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М.: Колос, 1982. – 239 с.

Надійшла до редколегії 16.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ СУШКИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Р.В. Захарченко

Методами математического моделирования выполнен анализ режимов сушки зерна для сушки шахтного типа. Результаты анализа можно использовать для оптимизации и совершенствования систем управления зерносушилок.

Ключевые слова: шахтная зерносушилка, режим сушки, математическая модель.

ANALYSIS OF DRYING MODES BASED ON MATHEMATICAL MODEL

R. V. Zaharchenko

Analysis of modes of drying grain in the dryer shaft type is conducted of methods of mathematical modeling. The results of the analysis can be used to optimize and improve control systems of grain dryers.

Keywords: the mine grain dryer, drying mode, mathematical model/

УДК 681.513

В.В. Лимаренко

Національний технічний університет "ХПИ", Харків

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНООБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Предложено решение задачи синтеза оптимального технологического процесса изготовления изделий методами механообработки металлов, основанное на операциях резания с использованием методов искусственного интеллекта – генетических алгоритмов, искусственных нейронных сетей и продукционных правил. Для синтеза оптимального технологического процесса разработана специализированная система поддержки принятия решений.

Ключевые слова: синтез оптимального технологического процесса, искусственный интеллект, генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети, продукционные правила, система поддержки принятия решений.

Введение

Постановка проблемы. На современном этапе развития производства значительную роль приобрели вопросы улучшения эффективности технологических процессов (ТП) механообработки металлов без существенной замены существующего станочного парка и инструментов за счет оптимизации структуры ТП и операционных параметров. Данный метод оптимизации ТП является наименее затратным с экономической точки зрения и позволяет получить качественное изделие за наименьшее время [1-3].

Анализ литературы. Сейчас применяется целый ряд программных комплексов, призванных решать данные вопросы: Timeline, ADEM, TechnoLogiCS и т.п. Основными недостатком данных систем является их очень высокая стоимость, сложность для использования конечным пользователем, полное или частичное отсутствие поддержки на территории Украины и длительный срок интеграции. Так же необходимо отметить, что многие программы ограничиваются структурной оптимизацией ТП, не выполняя параметрическую оптимизацию, что приводит к необходимости дополнительных затрат времени и ресурсов на расчет параметров обработки изделий на операциях.

Попытки формализовать, структурировать и описать математически процесс механообработки изделий начали предприниматься в 40-х годах прошлого столетия. Сейчас известно несколько теорий резания. Среди них: теория Г. Эрнста и М. Мерчанта, теория Е. Ли и Б. Шаффера, теория Р. Хилла, Е. Ли и С. Таппера, теория Д. Кристоферсона, В. Палмера и П. Оксли и целого ряда других авторов [1, 4]. Более ранние теории опираются на большое количество экспериментальных данных и допущений, более современные теории пытаются отойти от допущений и экспериментов и уже в большей степени опираются на теоретические изыскания и более точ-

ный математический аппарат. Необходимо отметить, что большинство данных теорий учитывают только случаи применения острого, т.е. не имеющего износа и соответствующих ему дефектов, инструмента [1], что в значительной мере усложняет их применение для решения практической задачи управления процессами механообработки металлов. Теории резания, учитывающие износ инструмента, стали появляться относительно недавно, в 90-х годах прошлого века. Авторами этих теорий стали E. J. A. Armarego, J. Wang и P. Mathew, Wenge Song и др. [5-7]. Данные теории позволяют на основе расчета сил, действующих на инструмент и заготовку, получить более точную математическую модель, описывающую процесс механообработки металлов. Благодаря данным исследованиям стало возможно создание программных продуктов, позволяющих не только синтезировать оптимальную структуру ТП механообработки, но и управлять непосредственно операциями механообработки путем определения оптимальных режимов с учетом реального состояния инструмента в любой момент времени.

Цель статьи – постановка задачи синтеза оптимального технологического процесса механообработки резанием металлов с учетом накопленного износа и обоснование методов решения, основанного на методах искусственного интеллекта – генетических алгоритмах, искусственных нейронных сетях и продукционных правил.

Результаты исследований

Для решения задачи оптимального управления ТП механообработки необходимо решить две подзадачи: синтез оптимальной структуры ТП и расчет оптимальных режимов обработки на операциях. Обе эти задачи являются сложными в связи с наличием большого количества эмпирической информации, сложными взаимосвязями между параметрами процесса и отсутствием математического

аппарата полно и с достаточной точностью описывающего процесс механообработки без использования экспериментальных данных [1-4, 8, 9]. В области мировой теории резания была проведена значительная часть научно-исследовательской работы, которая представлена в виде инженерных справочников, электронных баз данных, методических рекомендаций и специализированных программных продуктов. Однако, даже наиболее широко используемые приложения не имеют полных базовых физических моделей. В большинстве случаев невозможно с достаточной полнотой смоделировать физический аспект процесса резания. Проблема состоит в чрезвычайной сложности процесса резания [1-9]. Процесс резания характеризуется большим количеством параметров и факторов, которые имеют сложную связь и взаимное влияние.

ТП механообработки можно рассматривать, как совокупность отдельных этапов, которые представляют собой различные операции обработки заготовки. Для синтеза оптимального ТП механообработки и последующего эффективного управления им, необходимо получить такие последовательности и режимы операций, при которых оборудование будет использоваться с наибольшей эффективностью, при наименьшем или полном отсутствии простоев и минимальной цене обработки [1 - 4]. При разработке ТП учитывают технические и технологические параметры оборудования и инструмента, стоимость их эксплуатации, затраты на заработную плату при эксплуатации данного оборудования, эффективность его использования для получения конечного продукта с заданными свойствами и характеристиками, методы обработки, ограничения на технологическую возможность переходов между оборудованием и операциями и т.д. [1-6, 8]. Структура ТП механообработки представлена на рис. 1.

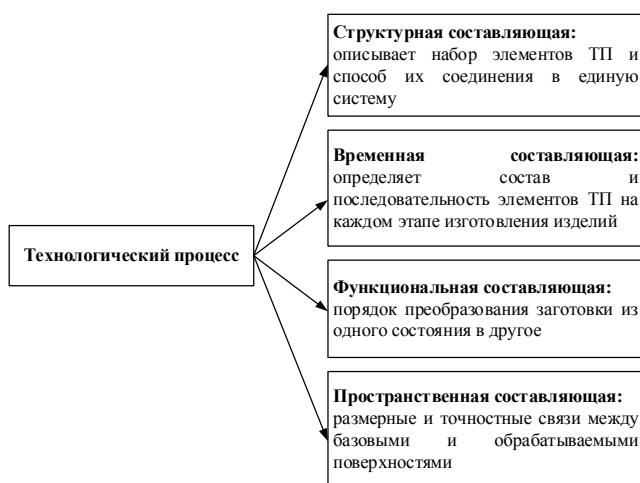


Рис. 1. Структура ТП механообработки

Задачи синтеза ТП решаются в два этапа: первый – синтез структуры ТП; второй – параметриче-

ская оптимизация. Синтез структуры технологического процесса направлен на создание оптимальной последовательности операций технологического процесса, а целью параметрической оптимизации является поиск оптимальных режимов выполнения операции, с учетом всех ограничивающих факторов [2, 3, 5-9]. В процессе синтеза ТП необходимо учитывать, что возможна такая ситуация, когда выбранная, как наилучшая структура ТП не может быть реализована на уровне операций, либо эти операции не будут являться оптимальными. Тогда необходимо вернуться к этапу синтеза структуры и выбрать другую структуру ТП [2, 3].

На текущем этапе развития систем автоматизированного управления и проектирования ТП сложилась ситуация, когда решается только одна из этих задач, либо обе задачи, но в разных системах, т.е. в отрыве одна от другой. Это приводит к тому, что в комплексе полученное решение может быть далеко от оптимального. Такая постановка связана с тем, что большинство проводимых сейчас исследований посвящены оптимизации отдельных элементов ТП, а не системы в целом, и задача одновременного подбора оптимальной структуры ТП и параметров работы отдельных элементов данной структуры является слабо формализованной и обладает высокой многовариантностью решений, как большим количеством вариантов комбинаций элементов, входящих в структуру, так и параметров работы этих элементов. Пренебрежение оптимизацией структуры ТП может привести к значительному ухудшению ТП, его удорожанию и снижению продуктивности производства. В свою очередь пренебрежение параметрической оптимизацией операций может привести к тому, что даже идеальная, на первый взгляд, структура ТП может оказаться не функциональной [2, 3, 5-9].

При оптимизации ТП важным является вопрос выбора критериев оптимизации. В зависимости от выбранного критерия оптимизации может изменяться и сама структура ТП. К наиболее часто применяемым критериям оптимизации ТП относятся экономические критерии и технико-экономические критерии.

В работе целевой функцией оптимизации при синтезе структуры технологического процесса выбрана общая себестоимость всех затрат ТП A_{TP} на выпуск одного изделия

$$A_{TP} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{P_i} A_{ij} \Rightarrow \min ,$$

где A_{ij} – себестоимость операций на j -й стадии обработки i -й поверхности заготовки, I – число поверхностей, которые нужно обработать; P_i – число стадий обработки i -й поверхности, $i = \overline{1...I}$, $j = \overline{1...P_i}$.

Задачи разработки оптимальной структуры ТП решаются с использованием трех основных методов:

метод аналогий, метод анализа и метод синтеза. Недостатками метода аналогий являются: необходимость наличия БЗ и аналогичных технологических процессов; ТП, полученный методом аналогий, может быть не оптимальным в следствие не полной идентичности детали-аналога и новой детали; технологический процесс-аналог может быть оптимизирован с учетом целей оптимизации не актуальных для нового технологического процесса или не учитывать части необходимых целей. Недостатками метода анализа являются: необходимость наличия унифицированного ТП; невозможность получения оптимального технического процесса за счет усреднения унифицированных типовых решений; унифицированные типовые решения могут либо не учитывать, либо не полностью учитывать необходимые цели оптимизации ТП. Этих недостатков лишен метод синтеза. Метод синтеза базируется на последовательном иерархическом синтезе технического процесса, состоящем из синтеза последовательного набора технологических операций и их положения во времени. Для этого деталь делится на элементарные поверхности, определяются промежуточные состояния для их получения и выбираются способы их обработки. При этом учитываются размерные связи элементов детали и выполняется синтез схем базирования и структур операций.

Т.к. задача синтеза оптимальной структуры ТП резания металлов является многокритериальной слабо формализованной задачей для ее решения в данной работе применены методы искусственного интеллекта, а именно методы логического программирования с использованием продукционных правил, при этом решить ее в комплексной постановке на сегодня не представляется возможным [9–10]. Для решения данной задачи будет применен метод декомпозиции, т.е. разделение сложной задачи на составные компоненты и решение ее поэтапно, исходя из решений, полученных на предыдущих этапах. При получении на всех этапах оптимальных решений, не противоречащих друг другу, задачу можно будет считать решен-

ной, а полученное решение оптимальным или предельно близким к таковому.

Структурная схема поэтапной оптимизации ТП изготовления изделий с помощью механообработки металлов состоит из 6 этапов:

- 1 – выбор варианта получения заготовки;
- 2 – выбор необходимых технологических переходов;
- 3 – выбор необходимого оборудования;
- 4 – выбор необходимых инструментов;
- 5 – выбор необходимых приспособлений и методов установки заготовки;
- 6 – выбор смазочно-охлаждающей технологической среды.

Для каждого из этапов будут созданы производственные правила, базирующиеся на существующих знаниях и накопленном практическом опыте. На рис. 2 показана структурная схема разрабатываемой системы поддержки принятия решений (СППР).

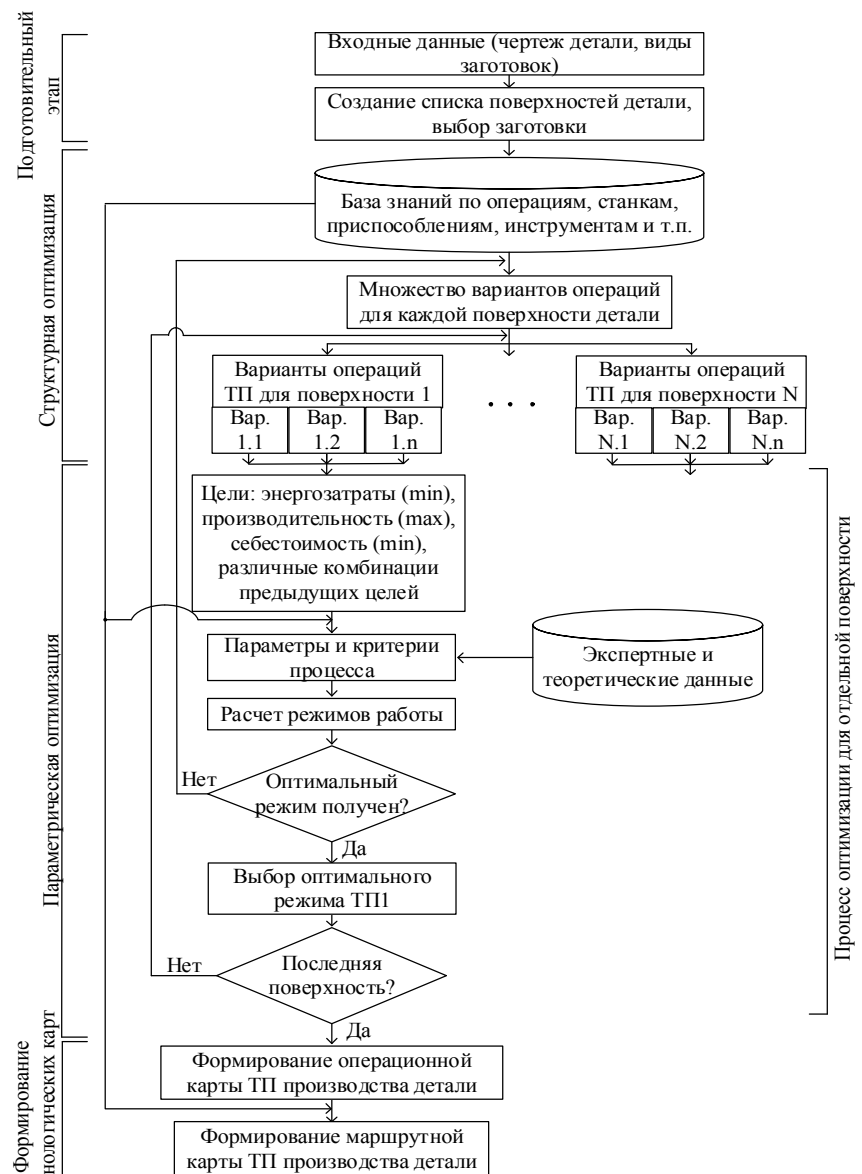


Рис. 2. Структурная схема СППР

Работу системы можно разбить на 4 этапа.

Первый – подготовительный этап. Его задача – выбор заготовки и создание списка поверхностей детали. На основе чертежа детали, создается список поверхностей деталей, их размеры, материалы из которых будет создана деталь (марка стали) и определяется базовая поверхность для начала обработки детали;

Второй – структурная оптимизация. Задача данного этапа – на основе данных, полученных на предыдущем этапе, и данных из базы знаний СППР (см. рис.2) создать множество возможных вариантов операций для обработки каждой поверхности, с целью выбора наиболее оптимального варианта для каждой из них. В дальнейшем из этих вариантов и будет синтезирован общий ТП механообработки. Работа данного блока базируется на использовании возможностей языка Visual Prolog.

Третий – параметрическая оптимизация. Задача данного этапа – определить оптимальные параметры выполнения каждой операции ТП при конкретных технических условиях.

На этом этапе будут использованы в качестве критериев оптимальности четыре цели оптимизации: минимизация себестоимости операции, максимизация качества, минимизация энергозатрат и максимизация производительности и 10 ограничений: по мощности электродвигателя привода главного движения станка; по минимальной и максимальной скорости резания; по минимальной и максимальной подаче; по жесткости режущего инструмента; по жесткости заготовки; по требуемой шероховатости поверхности. Если же оптимальное решение, которое найдено в результате работы этапа, невозможно практически осуществить на имеющемся оборудовании, то СППР вернется к генерации нового множества возможных вариантов ТП.

Особенностью постановки задачи является то, что при решении оптимизационной задачи, на примере токарной обработки, учитывается накапливаемый износ задней поверхности инструмента. Такой подход позволяет создать математическую модель ТП резания, практически не имеющую погрешности вычислений, и максимально приближенную к реальной физической модели процесса резания. Еще одной особенностью является поиск решения, как для каждого критерия оптимальности в отдельности, так и для комбинации всех 4-х критериев, т.е. задача будет решена в многокритериальной постановке. Существующие методы решения многокритериальной оптимизационной задачи (МОЗ) показаны на рис. 3 [2, 3, 10–11].

Традиционными инженерными методами решения МОЗ являются методы, которые строятся на принципах сведения МОЗ к некоторой однокритериальной задаче [2, 3, 10–11]. Для этого применяются различные методы: метод последовательных уступок, метод главного критерия, метод линейной свертки, метод относительного минимакса и т.п. При использовании данных методов идут на определенные уступки и приближения, которые искажа-

ют полученный результат, внося в него определенные ошибки и погрешности [2, 3, 10–11].

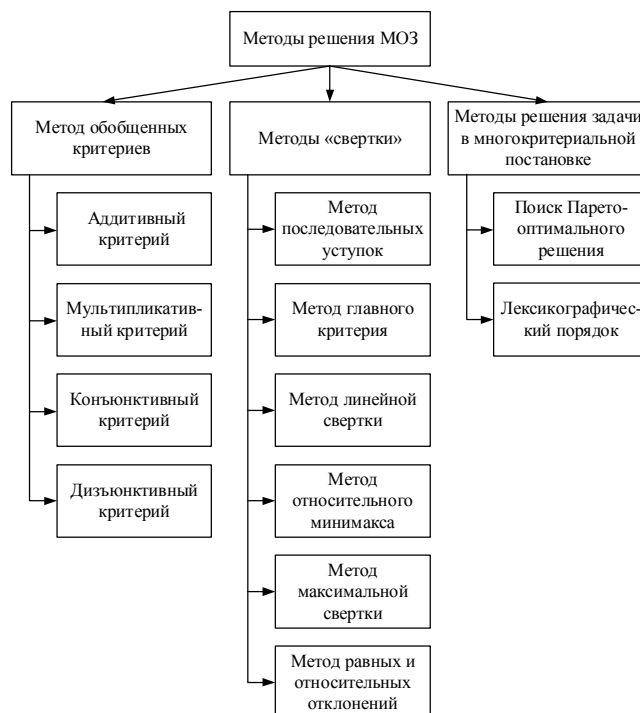


Рис. 3. Существующие методы решения МОЗ

Все методы решения МОЗ, связанные с «сверткой» задачи, т.е. переходом от МОЗ к однокритериальной задаче имеют схожие недостатки – сложность выбора «главного критерия», сложность назначения весовых коэффициентов различных критериев, наличие допущений или уступок, сложность при сравнении критериев, имеющих разные размерности, сужение области поиска, но существуют методы, которые позволяют минимизировать возможные ошибки, характерные для метода свертки МОЗ. Таким методом является метод нахождения лексикографического решения и метод построения Парето-оптимального решения. Недостатком лексикографического метода является то, что он применим только для задач, в которых цели можно расположить иерархически [10–13]. Недостаток метода построения Парето-оптимального решения в большом объеме вычислений, которые необходимо провести, в зависимости полученного результата от полноты использованных в расчетах критериев и параметров, а также в том, что невозможно найти единственное решение МОЗ, можно получить лишь множество эффективных решений. При этом необходимо отметить, что полученные решения будут более точными и полными, чем решения, полученные при использовании других методов [10–13].

При проектировании и оптимизации ТП в качестве элементов искусственного интеллекта используются искусственные нейронные сети (ИНС) и генетические алгоритмы (ГА) [13, 14]. ГА чаще всего используются для комплексного решения МОЗ, тогда как ИНС – для получения искомых параметров, особенно в тех случаях, когда физические законы, опре-

деляющие данные параметры, пока не известны [14]. ИНС обладают способностью реализовать широкий класс функций без априорных допущений о законах их распределения. Повышенный интерес к применению ИНС в подобного рода задачах объясняется простотой и эффективностью, с которой нейронные сети выполняют функциональные преобразования. На основе их обучения может быть обеспечено более точное и оперативное получение искоемых параметров в реальном масштабе времени [14]. ГА, использующие эволюционный подход к решению МОЗ, позволяют избавиться от основных недостатков классических, «сверточных» методов оптимизации. Они подходят для задач с большим количеством, как входных параметров, так и целей оптимизации. ГА позволяют получить множество Парето-оптимальных решений даже в случаях однократного запуска алгоритма, т.е. ГА находят несколько Парето-оптимальных решений параллельно, что положительно отличает их от классических математических методов, в которых для нахождения каждой точки необходимо произвести отдельные вычисления [14]. Использование ГА для решения задач нахождения Парето-оптимального множества более предпочтительно, чем использование классических математических методов.

ГА, в которых непосредственно используют концепцию доминирования по Парето, наиболее подходят для решения задач оптимизации ТП. К ним относятся: VEGA – Vector Evaluated Genetic Algorithm; FFGA – Fonseca and Fleming’s Multiobjective Genetic Algorithm; NPGA – Niche Pareto Genetic Algorithm; SPEA – Strength Pareto Evolutionary Algorithm [15]. В целом же алгоритмы VEGA и FFGA обладают лучшей сходимостью, но не имеют механизмов обеспечения равномерности покрытия множества Парето, а алгоритмы NPGA и SPEA обеспечивают хорошее покрытие, но требуют больших вычислительных затрат. Так же механизм поддержания разнообразия решений, используемый в алгоритмах NPGA и SPEA, приводит к появлению решений, выходящих за пределы области Парето [86–90].

Задача параметрической оптимизации ТП механообработки может быть решена, как в статической постановке, так и в динамической. При статической постановке задачи считается, что все факторы и характеристики, входящие в процесс механообработки, являются постоянными и не изменяются с течением времени. Недостатком данного подхода является то, что с течением времени, вследствие естественного изменения параметров процесса (износ инструмента, и, как следствие, изменение сил, действующих в зоне резания), полученные в ходе оптимизации значения параметров ТП все больше удаляются от оптимальных, т.е. возникает накапливаемая ошибка, размер которой с течением времени все возрастает. Достоинством же данного метода является его простота в сравнении с динамическим методом оптимизации.

Динамический метод оптимизации основан на моделях, которые учитывают изменения параметров процесса с течением времени. Результатом применения данного метода является не одно решение, а множество решений, которые отличаются одно от другого и зависят от изменения параметров с течением времени. Данный метод лишен недостатков статического метода, но он требует больших затрат ресурсов для проведения вычислений.

В работе задача параметрической оптимизации ТП механообработки будет решена в динамической постановке с учетом накапливаемого износа инструмента. Данный подход позволяет получить наиболее точную математическую модель процесса и, как следствие, наиболее точные результаты.

Одной из проблем, возникающих при данной постановке задачи, является то, что не для всех параметров, входящих в математическую модель, известен аналитический вид функций, позволяющий рассчитать параметры с заданной точностью. К таким параметрам относятся: стойкость инструмента, уровень износа по задней поверхности и фактическая шероховатость поверхности. Для нахождения значений данных параметров будет использована обученная на базе ограниченного количества экспериментальных данных нейронная сеть персептрон.

Четвертый – формирование технологических карт. Это завершающий этап работы СППР. Задача данного этапа – формирование маршрутной карты ТП и расчет оптимальных параметров операций ТП для гибкого производственного модуля (ГПМ). Для функционирования системы будет разработана и создана база знаний, которая будет включать в себя данные по станкам, операциям, приспособлениям, инструментам и т.п. данные, необходимые как для проведения расчетов, так и для операций синтеза. Структура базы знаний показана на рис. 4.

Выводы

Для синтеза оптимальной структуры технологического процесса обработки металлов предложена СППР, основанная на методах искусственного интеллекта: генетических алгоритмах, искусственных нейронных сетях и логическом программировании с использованием продукционных правил. С помощью данной системы будет выполняться автоматический синтез оптимальной структуры ТП с учетом выбранных целей оптимизации.

Решение задачи имеет значительную вычислительную сложность, т.к. практически на каждом этапе работы системы необходимо выполнить значительное количество расчетов для поиска как оптимальной структуры, так и оптимальных режимов функционирования выбранной структуры. Разрабатываемая система призвана автоматизировать решение данной задачи, сократив тем самым время, необходимое на синтез оптимального ТП и уменьшив стоимость инженерной разработки ТП.

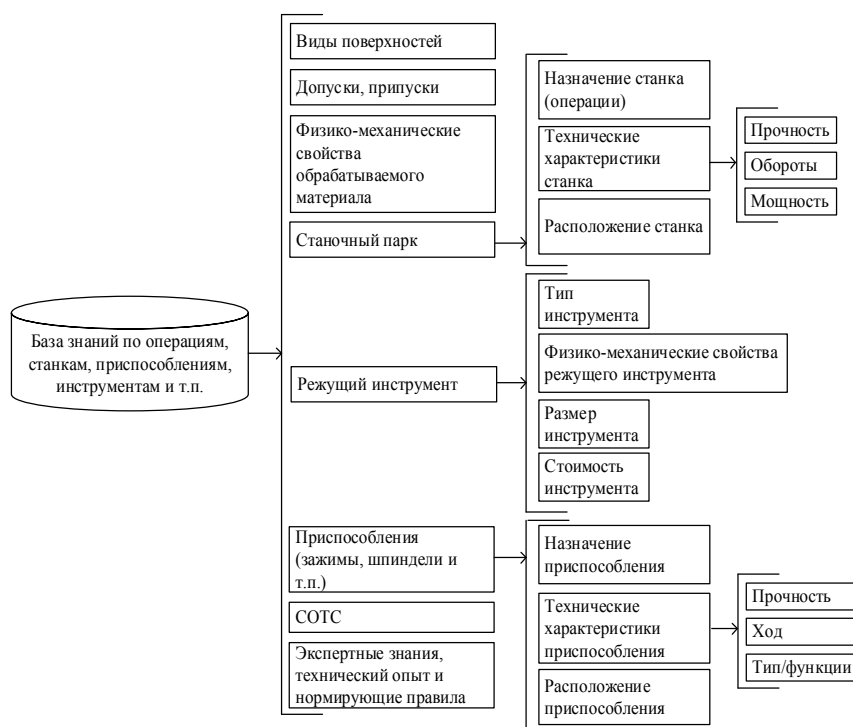


Рис. 4. Структура базы знаний

Список литературы

1. Воронцов А.Л. Теоретические основы обработки металлов в машиностроении / А.Л. Воронцов, А.Ю. Албагачиев, Н.М. Султан-заде; Старый Оскол : ТНТ, 2014. – 552 с.
2. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов / В.К. Старков. – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.
3. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К. : Наукова думка, 1989. – 192 с.
4. Яцерицын П.И. Теория резания / Яцерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. ; Минск : Новое знание, 2006. – 512 с.
5. Wenge Song. Development of predictive force models for classical orthogonal and oblique cutting and turning operations incorporating tool flank wear effects: PhD / Wenge Song. – Queensland University of Technology, 2006. – 208 p.
6. E. J. A. Armarego. Material Removal Processes – An Intermediate Course. / E. J. A. Armarego. – Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, The University of Melbourne, 1994. – 250 p.

7. J. Wang. Development of a general tool model for turning operations based on a variable flow stress theory / J. Wang, P. Mathew // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 1995. – №35. – pp. 71-90.
8. Бозулаев А. В. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Моногр. / Под ред. А.В. Бозулаева. – Запорожье : ОАО Мотор Сич, 2009. – 468 с.
9. Multi-objective optimization of cutting parameters for turning AISI 52100 steel : 7ème Assises MUGV2012, ENISE – CETIM / Serra R., Chibane H. – Saint-Etienne, 2012. – pp. 52-67.
10. Choudhuri K. Multi-objective optimization in turning – using a Genetic Algorithm / Choudhuri K., Pratihari D. K., Pal D. K. // Journal of Institute of Engineers. – 2002. – Vol. 82. – pp. 37-44.
11. Пестрецов С. И. Компьютерное моделирование и оптимизация процессов резания. Учебное пос. / С. И. Пестрецов – Тамбов : изд. ТамбГТУ. – 2009. – 104 с.
12. Теофанов А. Н. О методах многокритериальной оптимизации в связи с их применением к задаче построения гибких автоматических линий / А.Н. Теофанов, И.В. Иевлев // Стружка. – 2006. – № 14. – С. 20–23.
13. Дмитриенко В. Д. Методи та алгоритми прийняття рішень. Навчальний посібник. / В.Д. Дмитриенко, В.О. Кравец, С.Ю. Леонов. – Х. : НТУ "ХПІ", 2008. – 142 с.
14. Моделирование технологических процессов лезвийной обработки методами искусственного интеллекта (монография) / [Хавина И.П., Дмитриенко В.Д., Верезуб Н.В., Хавин В.Л.]. – Х. : НТУ "ХПІ", – 2009. – 224 с.
15. Гуменникова А. В. Адаптивные поисковые алгоритмы для решения сложных задач многокритериальной оптимизации: дис. к.т.н. : 05.13.01 / Гуменникова Александра Викторовна. – Красноярск, 2006. – 140 с.

Надійшла до редколегії 16.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, Харків.

ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНООБРОБКУ МЕТАЛІВ

В.В. Лимаренко

Запропоновано рішення задачі синтезу оптимального технологічного процесу виготовлення виробів методами механічної обробки металів, засноване на операціях різання з використанням методів штучного інтелекту - генетичних алгоритмів, штучних нейронних мереж і продукційних правил. Для синтезу оптимального технологічного процесу розроблена спеціалізована система підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: синтез оптимального технологічного процесу, штучний інтелект, генетичні алгоритми, штучні нейронні мережі, продукційні правила, система підтримки прийняття рішень.

PROBLEMS OPTIMIZATION PROCESS MACHINING OF METALS

V.V. Limarenko

To solve the problem of synthesis of optimal structure of the technological process of processing of metals by cutting the model of decision support system based on artificial intelligence techniques - genetic algorithms, artificial neural networks and production rules.

Keywords: synthesis of the optimal process, artificial intelligence, genetic algorithms, artificial neural networks, production rules, decision-making support system.

УДК 658.23

Д.Э. Лысенко

Одесский национальный политехнический университет, Одесса

ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрена задача разработки методов моделирования планов развития предприятия. Построена формализованная структура и определены параметры показателей реализуемости планов элементов предприятия. Предложена трёхуровневая иерархическая структура показателей реализуемости проекта развития предприятия. Разработано формальное представление предприятия как абстрактной системы.

Ключевые слова: план развития предприятия, абстрактная система.

Введение

Современные предприятия работают в обстановке, когда структура внешней среды и внутренние условия производства характеризуется высоким уровнем динамичности факторов, влияющих на основные экономические и технологические критерии оценки их работы. Для поддержания конкурентоспособности предприятия вынуждены осваивать комплексные планы реализации различных моделей стратегий развития. Это могут быть стратегии увеличения доли предприятия на рынке, изменения номенклатуры товарной продукции, модернизации средств производства и т.д. Реализуемость целей освоения проекта напрямую зависит от возможностей данного предприятия и готовности его к производству инновационной продукции. Необходимо оценить перспективы развития данного производственного предприятия как потенциального исполнителя.

Результаты исследований

Анализ структуры планов инновационного развития предприятия

При оценке реализуемости и принятии проектных решений необходимо учитывать неопределённость, связанную с научно-техническим риском производства наукоемкой продукции. При этом множественность факторов и различная степень их влияния на процесс принятия решений и их последующее сопровождение создают предпосылки для вариации путей достижения проектных целей. В результате возникает необходимость обоснования и выбора «лучших» из некоторого множества альтернативных вариантов проекта. Формирование исходного множества альтернативных вариантов достижения проектных целей и собственно выбор, основанный на мере эффективности последних, можно обеспечить средствами имитационного и аналитического моделирования производственных процессов.

Оценка пригодности и сравнение альтернативных вариантов реализуется при выполнении следующей последовательности действий:

1. Определение проблемы выбора: описание технологических особенностей проекта с точки зрения требований производства, а также данные о наличии производственных ресурсов.

2. Описание инновации, выполняется в два этапа: на первом этапе осуществляется подготовка способов производства и возможных технологических альтернатив; второй этап реализуется, когда закончена разработка всех деталей освоения, оценки производственной мощности и выбору оборудования.

План освоения состоит из таких частей:

- 1) общий план освоения новой продукции;
- 2) план внедрения прогрессивных технологий производства;
- 3) планирование мероприятий по совершенствованию организационной структуры и производства;
- 4) план разработки и переоснащения производства, оснастки и инструмента.

В процессе освоения планов развития предприятия предусматривается программа изменений.

Проблемы в развитии промышленного производства обусловили необходимость в активизации исследований всего спектра теоретико-методологических и методических проблем планирования развития промышленных предприятий. Теория и практика планирования (в том числе реструктуризации, реформирования и др.) обширны, но не соответствуют современным требованиям [1, 2].

Сохраняется несовершенство понятийного аппарата, порождающее множественность категорий и противоречивость понятий, используемых в официальных документах, научной среде («развитие», «реструктуризация», «реформирование», «модернизация») для отражения процессов преобразования.

Следовательно, возникла необходимость в разработке моделей и методов формирования и оценки стратегических решений, направленных на достижение целей освоения производства и обеспечении соответствия потенциала предприятия внешним требованиям [2, 3]. В общем случае при формировании методологии освоения как следует отображать следующие аспекты [4, 5]:

- 1) основания методологии: философия, психология, системный анализ, науковедение;
- 2) характеристики исследуемой деятельности;
- 3) логическая структура деятельности: субъект, объект, предмет, формы, средства, методы, результаты деятельности;
- 4) временная структура деятельности: фазы, стадии, этапы.

Значит, производственно-техническая необходимость разработки методов моделирования планов развития предприятия определяется условиями:

- 1) развитием новых видов продукции и новых технологий;
- 2) диверсифицированностью и ростом масштабов производства;
- 3) увеличением числа факторов и критериев при выборе управляющих решений, что обуславливает разработку соответствующих моделей предметной области и методов принятия решений;
- 4) возрастающей сложностью предприятия как поведенческой системы, что приводит к децентрализации процесса принятия решений;
- 5) объемом, сложностью и ростом номенклатуры производимой продукции, что требует принятия решений более высокой компетенции.

Формализованное описание планов развития на функциональном уровне

Так как основой системного представления объекта исследования является функционально-структурный подход [6, 7], рассмотрим с формальной точки зрения особенности функциональной структуры предприятия и определим соответствующую структуру показателей реализуемости развития ее элементов. При использовании системного подхода качество функционирования системы определяется как эффективность ее целевого применения и характеризуется совокупностью показателей системы. Система может считаться эффективной, если требования обеспечены соответствующими значениями характеристик подсистем. При планировании инновационного развития может возникнуть противоречие между потребностями на создание новой техники и возможностями удовлетворения этих потребностей при существующем научно-техническом уровне предприятия. На функциональном уровне – это противоречия между необходимостью реализовать определенные функции и ограничения возможностей их технического исполнения. Кроме того, существуют внутриуровневые противоречия. Внутриуровневое противоречие – это, например, множественность вариантов технологической реализации элементов новой техники. Отражением такого противоречия является множественность способов реализации функций нижнего уровня, обеспечивающих выполнение функций верхнего уровня.

Для описания функций предприятия – исполнителя планов производства инновационной про-

дукции применим формально-логическое описание в виде кортежа, состоящего из пяти компонент:

$$F = \langle D, P, H_0, H, S, U \rangle, \quad (1)$$

где D – действие (операция); P – объект, на который направлено действие; H_0, H – начальное и конечное состояния объекта; S – способ выполнения действия; U – условия и ограничения, при которых осуществляется действие.

Определим такие операции над функциями:

1. Композиция – правило, позволяющее образовывать функции в виде сочетаний одновременно или последовательно выполняемых действий, например:

$$\begin{aligned} (D_1, \dots, D_n) / P / H / S / U; \\ D / (P_1, \dots, P_m) / H / S / U; \\ (D_1, \dots, D_n) / (P_1, \dots, P_m) / H / S / U. \end{aligned} \quad (2)$$

2. Декомпозиция – правило разъединения функций или их компонент. Например:

$$\begin{aligned} \langle \{D\}, P, H, S, \{U\} \rangle &\rightarrow \langle D_1, P, H, S, (U_1, U_2) \rangle \\ &\rightarrow \langle D_2, P, H, S, (U_1, U_3, U_4) \rangle \end{aligned} \quad (3)$$

3. Усечение – правило, позволяющее исключать функции из стандартной формы, если информация о них следует из наименования объекта, из описания функции более высокого уровня или из описания других компонент. Например:

$$F_1 = \langle \{D\}, \{P\}, H, S, U \rangle, \quad F_2 = \langle D_1, P_2, H, S, U \rangle. \quad (4)$$

Если $D_1 \subset \{D\}$; $P_2 \subset \{P\}$, H, S, U идентичны для обеих функций, то F_2 может быть исключена.

4. Перестановка – правило, позволяющее осуществлять тождественное преобразование функции, когда одна из ее компонент вводится в качестве определителя принадлежности в состав других компонент. Например:

$$F_1 = \langle D, P, H, \{S\}, \{U\} \rangle, \quad F_2 = \langle D, P, H, S_1, \{U\} \rangle. \quad (5)$$

В иерархической функциональной структуре объекта – предприятия вершина F^0 отождествляется с назначением объекта. Вершины первого уровня $F_{11}^1, \dots, F_{k1}^1$ выражают структуру функций одноуровневого взаимодействия составных частей объекта. Вершины второго уровня $F_{11.12}^2, \dots, F_{k1k2}^2$ определяют структуру функций, раскрывающую содержание процесса взаимодействия функциональных составных частей объекта во времени.

Ниже анализируется процедура формирования показателей реализуемости функций. На каждом уровне функциональной структуры формируется набор показателей. Формально-логического описания показателей реализуемости функций основано на представлении их в следующем виде:

$$G_f = \langle F, Q \rangle, \quad (6)$$

где F – функция, Q – модификатор функций, отражающий их способности или свойства, которыми

должна обладать функция для достижения цели, порождающей эту функцию.

Каждая функция может иметь несколько критериев, для выявления которых необходимо выделить ее отдельные компоненты:

$$\{Q\} = (Q_d, Q_p, Q_h, Q_s, Q_u),$$

где Q_d , – критерии оценки выполнения операций, Q_p , – характеристики объекта воздействия, Q_h , – характеристики начального состояния объекта и критерии оценки конечной цели объекта, в том числе к его назначению, Q_s , – требования к способу выполнения операций, Q_u – дополнительные требования и ограничения.

Показатели реализуемости подразделяются на две группы:

- функциональные, которые выступают в форме ограничений,
- критериальные, имеющие целевую направленность и определяющие качество выполнения функции.

Критериальными в данном множестве являются показатели типа Q_h , так как они определяют требования к параметрам цели, и, следовательно, могут служить критерием для оценки качества системы.

Множество параметров оценки реализуемости инновационных проектов анализируются в соответствии с их функциональной структурой (рис. 1).

Верхний уровень

$$G_0 = \langle F_0, \{Q_0\} \rangle \quad (8)$$

определяет общие требования к проекту, такие как объемы работ, стоимость и сроки;

$$\{Q_0\} = (Q_{0p}, Q_{0u}) \quad (9)$$

Первый уровень

$$G_1 = \langle F_1, \{Q_1\} \rangle \quad (10)$$

определяет принципы координации взаимодействующих подсистем. При получении показателей реализуемости учитываются взаимосвязи подсистем и используемые технологические процессы:

$$\{Q_1\} = (Q_{1s}, Q_{1u}) \quad (11)$$

Второй уровень

$$G_2 = \langle F_2, \{Q_2\} \rangle \quad (12)$$

определяет временную структуру операционного взаимодействия подсистем. На этом уровне конкретизируются требования и ограничения к выполняемым функциям, устанавливаются требуемые параметры технологического процесса и оборудования:

$$\{Q_2\} = (Q_{2h}, Q_{2s}), \quad (13)$$

Таким образом, представлена формализованная структура и основные параметры показателей реализуемости развития функциональных элементов предприятия.

Теоретико-множественное представление иерархической структуры предприятия

Для формального представления предприятия применим теоретико-множественное определение абстрактной системы, предложенное в работах Н. Бурбаки [8]. Предприятие можно рассматривать как множество однородных или разнородных элементов $G = \{n_i\}, i = \overline{1, m}$, на которых реализовано множество отношений $R = \{r_j\}, j = \overline{1, k}$. Тогда

$$P = \{G \times R\} \quad (14)$$

определяет структуру абстрактной системы. Каждый конкретный вариант структуры (15) обладает некоторым набором явных или скрытых свойств $Z = \{z_l\}, l = \overline{1, n}$. Таким образом,

$$Z = F(P) = F\{G, R\} \dots \quad (15)$$

С учетом этого, исходная формулировка абстрактной системы предприятия может быть расширена до представления вида

$$Pr = \langle \{G \times R\}, Z \rangle \dots \quad (16)$$

С точки зрения инновационного развития часто реализуется стратегия экономического роста, что соответствует концепции максимизации прибыли предприятия. С формальной точки зрения, это задача безусловной оптимизации. Производство планируемого объема продукции основано на трансформации производственных ресурсов

$$V = F(E) \rightarrow \max, \quad (17)$$

где E – ресурсы, которыми обладает предприятие;

F – функция преобразования ресурсов.

Условия максимизации (18) могут быть достигнуты двумя способами:

– путем выбора из допустимого множества F наиболее эффективного (организационно, технологически и т.д.) способа преобразования ресурсов, т.е. путем интенсификации производства – $F \in F_{\text{доп}}$;

– путем увеличения количества потребляемых ресурсов $E \rightarrow \max$.

Формальное представление предприятия в виде иерархической системы представляется так:

$$S = (\Omega, L), \quad (18)$$

где Ω множество элементов высшего уровня, на данном множестве реализуется некоторое множество бинарных отношений $L \subset \Omega \times \Omega$.

Упорядоченная пара множеств (Ω, L) , где Ω множество элементов предприятия, а L множество отношений, заданных некоторым уровнем иерархии будет называться структурой предприятия.

Предприятие (Ω, L) полностью определяется элементами Ω и отношениями L и может содержать иерархическую форму организации.

В свою очередь сложная система содержит элементы множества Ω

$$\Omega = \{\Omega_1^1, \Omega_2^1, \dots, \Omega_K^1\}. \quad (19)$$

Подмножества $\Omega_1^1, \Omega_2^1, \dots, \Omega_K^1$ множества 1-го уровня системы.

Также помимо бинарных отношений на множестве Ω не исключены и n -арные отношения типа

$$L^n \subset \underbrace{\Omega \times \Omega \times \dots \times \Omega}_n, \text{ где } n = \overline{3, K}. \quad (20)$$

Отношения на множестве Ω называются отношениями 1-го уровня и представляются как:

$$L^1 = \bigcup_{n=2}^K L^{1n}. \quad (21)$$

Моделью 1-го уровня, где $L = L^1$ будет именоваться модель (21), а множества 1-го уровня могут состоять из элементов, которые являются множествами и относятся к множествам 2-го уровня:

$$\Omega_{i_1}^1 = \{\Omega_{i_1 1}^2, \Omega_{i_1 2}^2, \dots, \Omega_{i_1 k_{i_1}}^2\}, \quad i_1 = \overline{1, K}, \quad (22)$$

а бинарные и многоместные отношения имеют вид:

$$L_{i_1 s}^{2n} \subset \underbrace{\Omega_{i_1 s}^2 \times \Omega_{i_1 s}^2 \times \dots \times \Omega_{i_1 s}^2}_n, \quad n = \overline{2, k_s}, S = \overline{1, k_{i_1}}; \quad (23)$$

$$L_{i_1 s}^2 = \bigcup_{n=2}^{k_s} L_{i_1 s}^{2n},$$

Применяются и L_n^2 n -местные отношения между элементами различных множеств 2-го уровня:

$$L_1^2 = \bigcup_{n=2}^m L_n^2, \quad m = k_1 + k_2 + \dots + k_K \quad (24)$$

Процесс иерархической декомпозиции предприятия можно продолжать, расширяя их и детализируя более глубокими конкретными уровнями

Заключение

Работа посвящена разработке методов моделирования планов развития предприятия

С использованием формально-логического и теоретико-множественного моделирования представлена формализованная структура и основные параметры показателей реализуемости развития функциональных элементов предприятия. При этом учитывается многоуровневая структура декомпозиции функций предприятия. Предложена трёхуровневая иерархическая структура показателей реализуемости проекта. Разработано формальное представление предприятия как абстрактной системы. Результаты работы могут быть использованы при разработке математического обеспечения информационных систем управления развитием предприятия.

Список литературы

1. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Под ред. Т.Г. Морозовой, А.В. Пиккулькина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 279 с.
2. Сухарев О. Методология стратегического планирования: общие вопросы / О. Сухарев // Инвестиции в России. – 2007. – № 3. – С. 17 – 25.
3. Фомина А.В. Теоретические модели и основы долгосрочного макроэкономического прогнозирования / А.В. Фомина, О.М. Юнь, Ю.В. Яковец. – М.: Международный фонд Н.Д. Кондратьева, 2005. – 193 с.
4. Бородин А. Этапы формирования стратегического потенциала предприятия / А. Бородин // Проблемы теории и практики управления. – 2003. – № 6. – С. 95-97.
5. Меркулова Ю.В. Ситуационно-стратегическое планирование в экономике. Т. 2. / Ю.В. Меркулова. – М.: Экономика, 2013. – 411 с.
6. Шарипов Т.Ф. Оптимизация организационной структуры в условиях модернизации планирования деятельности предприятия на современном этапе / Т.Ф. Шарипов // Вестник ОГУ 2010, №13 (119). – С. 92 – 100.
7. Карпинская А.В. Поэтапно-структурированный подход к диагностированию и реструктуризации предприятия / А.В. Карпинская // Економічні інновації, – 2011. – Вип. 42. – С. 76 – 83.
8. Бурбаки Н. Начала математики. Основные структуры анализа. Теория множеств / Н. Бурбаки. – М.: Мир 1965. – 456 с.

Надійшла до редколегії 23.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Є. Федорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

ФОРМАЛЬНЕ ПОДАННЯ ПЛАНІВ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Д.Е. Лисенко

У статті розглянута задача розробки методів моделювання планів розвитку підприємства. Побудована формалізована структура та основні параметри показників реалізованості планів розвитку функціональних елементів підприємства. Запропонована трирівнева ієрархічна структура показників реалізованості проекту розвитку підприємства. Розроблено формальне подання підприємства як абстрактної системи.

Ключові слова: план розвитку підприємства, абстрактна система.

A FORMAL PRESENTATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES DEVELOPMENT PLANS

D.E. Lysenko

The article is dedicated to the task of developing methods for the simulation of the development plans of the company. Built a formalized structure and main parameters of the indicators of the feasibility study for the development of the functional elements of the enterprise. The proposed three-level hierarchical structure of indicators feasibility of the project development of the company. Developed a formal representation of the enterprise as an abstract system.

Keywords: enterprise development plan, an abstract system.

УДК 629.52.7

О.А. Машков¹, Р.Р. Мусін², Г.Г. Пилипович³¹ Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ² Гідрометеорологічна служба Збройних Сил ГУОЗ Збройних Сил України, Київ³ Національний авіаційний університет, Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЧЕРГОВОГО МЕТЕОРОЛОГА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ СИНОПТИКА

Проведено аналіз досвіду метеорологічного забезпечення польотів авіації; запропоновано інструмент опрацювання прогностичних даних та розробки рекомендацій для чергового метеоролога щодо метеорологічного забезпечення польотів авіації Збройних Сил України

Ключові слова: прогноз погоди, прогностичні карти, прогностичні центри, аерологічна діаграма, супутниковий знімок, вертикальний градієнт температури, метеорологічна інформація.

Вступ

Оптимізація роботи чергового метеоролога повинна передбачати низку певних заходів із мінімізації людського фактора в ланцюзі “спостереження – обробка – прогнозування – передача – доведення до споживача фактичної та прогностичної метеорологічної інформації”. Наказом Державної гідрометеорологічної служби від 28.10.2010 р. № 60 затверджено “Вимоги до підготовки авіаційного метеорологічного персоналу”, що були розроблені з метою встановлення основних принципів освіти, підготовки і кваліфікації авіаційного метеорологічного персоналу в Україні. Згідно з цим документом робота в технічних напрямках діяльності, пов’язаних із приладами, спостереженнями й вимірами, обробкою, аналізом і передачею даних, все більше стає автоматизованою, а метеорологи повинні бути знайомі з основними методами спостережень і приладами, використовувати комп’ютерні пристрої, програми обробки і розповсюдження даних. В перелік загальних та спеціальних навиків аналізу та прогнозу погоди, якими повинні володіти метеорологи, входить така навичка: знати й уміти застосовувати технології використання різних виробничих автоматизованих систем, комплексів, автоматизованих робочих місць (далі – АРМ), технологій обробки, відображення та розповсюдження даних.

З урахуванням сучасних вимог до знань та компетентності метеоролога, що обслуговує польоти авіації, використання спеціалізованого програмного забезпечення вже не може обмежуватися виключно завантаженням, відображенням та попередньою обробкою фактичної метеорологічної інформації. Швидко зростають обсяги доступних прогностичних даних [9], що визначає нові завдання для чергового метеоролога та водночас спрямовує розробників спеціалізованого програмного забезпечення в бік подальшого вдосконалення алгоритмів опрацювання прогностичних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [2, 3]. У числі вітчизняних вчених визнаним фахівцем із питань оптимізації метеорологічного забезпечення польотів є Солонін С.В., який доклав багато зусиль у цій царині. Прикладом успішної розробки програмного забезпечення для метеоролога можна вважати Digital Atmosphere, що використовується у ВПС та ВМС США, а також у багатьох цивільних організаціях США та Європи. В Україні над цими завданнями успішно працює Михайловський В.В., який впровадив у сучасну оперативну практику унікальну вітчизняну розробку – АРМ синоптика [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В оперативній практиці метеорологічних підрозділів Збройних Сил України використовуються розрахункові методи прогнозу небезпечних явищ погоди, які дозволяють метеорологу на основі доступних фактичних (прогностичних) метеоданих визначити на найближчі декілька годин (добу) ті чи інші метеовеличини, явища погоди.

У діючій нормативно-технічній документації з використання прогностичних даних графічний формат вже не має колишнього пріоритетного значення. Це пояснюється тим, що одна карта, як правило, може містити обмежену інформацію (для одного строку, для одного рівня або прошарку атмосфери, обмежену кількість метеорологічних величин для обмеженої території земної кулі). Внаслідок цього графічний формат перестав бути універсальним, а сфера його застосування постійно звужується. Відбулася певна трансформація функцій великих прогностичних центрів та оперативних прогностичних організацій: метеоролог більше не отримує великої кількості “готових” прогностичних карт, натомість йому надсилають “напівфабрикат” (прогностичні дані), а карту він повинен створювати на свій розсуд за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. В якості такого “напівфабрикату” найчастіше виступають прогностичні дані GRIB [4].

GRIB (General Regularly-distributed Information in Binary form) – це математичний формат стиснутих даних, що використовується в метеорології для зберігання прогностичних даних про погоду. GRIB є бінарним кодом, тобто чисельні дані кодуються як послідовність бітів – двійкових чисел (нулів та одиниць), які в свою чергу об'єднані в октети (1 октет = 8 бітів). Дані в форматі GRIB неможливо переглянути за допомогою звичайного текстового редактора, вони призначені виключно для автоматичної обробки та візуалізації з використанням спеціалізованого програмного забезпечення [4]. Незважаючи на це, представлення даних за допомогою серії бітів не залежить від конкретного машинного представлення. Отже, характеристики комп'ютера не впливають на вміст самих даних GRIB та на результати їх декодування.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є визначення інструментів опрацювання прогностичних даних та розробка рекомендацій для чергового метеоролога щодо застосування цих даних для метеорологічного забезпечення польотів авіації Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу

В якості спеціалізованого програмного забезпечення для опрацювання прогностичних даних GRIB й їх використання для подальшого аналізу класичними синоптичними методами доцільно використовувати АРМ синоптика [1] (від вітчизняного розробника), котре у відповідності до потреб і нових завдань у майбутньому може бути модифіковане, що в свою чергу зменшує залежність України від імпорту в галузі інформаційних технологій (ІТ).

АРМ синоптика дозволяє обробляти прогностичні дані GRIB від різних чисельних моделей. До переліку доступних даних входять прогнози від моделей UM та NAVGEM. Вказані чисельні моделі є одними з найбільш відомих, їх часто застосовують в оперативній практиці. Нижче наведено скорочений опис цих моделей.

UM (Unified Model) – це глобальна модель, що створена та використовується в Метеорологічному бюро Сполученого Королівства (Ексетер) [10]. Вона розробляє прогноз на 144 години (6 діб). Горизонтальна роздільність моделі складає 25 км, а вертикальна – 70 рівнів (верхня межа дорівнює приблизно 80 км). Для обчислень модель використовує методи кінцевих різниць. Вертикальною координатою є висота. В якості вихідних даних для чисельного прогнозування погоди використовуються дані метеозондів, метеосупутників, наземних метеостанцій, морських буїв, радарів, вітрових профілемірів, комерційних літаків, а також результати моделювання від попередніх прогонів моделі.

В АРМ синоптика прогностичні дані від моделі UM згадуються як “Прогнози по GRIB Брекнелл”.

NAVGEM (Navy Global Environmental Model) – це глобальна модель з чисельної метеорології та океанографії, що створена та використовується в Центрі Військово-морського флоту (Монтерей, Каліфорнія, США). Модель NAVGEM, якою було замінено попередню модель NOGAPS, запроваджено у лютому 2013 р. Вона розробляє прогноз на 180 годин із 3-годинними інтервалами. Горизонтальна роздільність моделі складає 37 км, а вертикальна – 50 рівнів. Під час обчислень модель використовує спектральні методи для горизонтального виміру та методи кінцевих різниць для вертикального виміру. Вертикальною координатою є гібридна координата (в тропосфері використовується сигма-координата, а вище, де вплив рельєфу незначний, координата тиску). Засвоєння вихідних даних здійснюється шляхом чотиривимірного варіаційного аналізу. В АРМ синоптика посилення на прогностичні дані моделі NAVGEM мають вигляд “Прогнози по GRIB NOAA (США)”. Короткострокове прогнозування хмарності та видимості потребує точної оцінки адвективних і трансформаційних змін метеовеличин. Отримання таких оцінок за допомогою синоптичного методу відбувається поетапно і супроводжується побудовою зворотних траєкторій. Недоліком такого методу є не дуже висока якість результатів та порівняно великі витрати часу на обчислення. Наявність прогностичних даних із великою часовою дискретністю у поєднанні з можливістю швидкої візуалізації спрощує задачу.

Для складання авіаційного прогнозу погоди для аеродрому потрібно здійснити збір та систематизацію метеорологічної інформації для основних ізобаричних поверхонь (925, 850, 700, 500 гПа) на прогностичні строки, наприклад 6, 12, 18, 24, 36, 48 годин, починаючи від 00 UTC поточної доби. Прогностичні дані GRIB відносяться до вузлів регулярної сітки, тому необхідно виконувати інтерполяцію значень метеовеличин із найближчих вузлів до пункту аеродрому, використовуючи значення та нанесені ізолінії. Отримані прогностичні значення метеовеличин оформлені у вигляді табл. 1. Опрацьовуються наступні метеовеличини: T – температура, f – відносна вологість, H – геопотенціальна висота, D – дефіцит точки роси, T_d – температура точки роси, $(\Delta T)_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} - T_{00}$ – прогностична зміна температури, $(\Delta T_d)_{\text{пр}} = (T_d)_{\text{пр}} - (T_d)_{00}$ – прогностична зміна температури точки роси (індекс «00» мають значення за строк 00 UTC, індекс “пр” відноситься до значень за будь-який інший строк). Значення T_d можна визначити за психрометричними таблицями (за значеннями T і f). За зразком таблиці заповнюються бланкові форми для основних ізобаричних поверхонь: 925, 850, 700, 500 гПа. За отриманими даними формулюється точний висновок про характер змін метеовеличин над аеродромом у найближчі 2 доби.

Таблиця 1

Прогностичні значення метеовеличин для аеродрому Бориспіль (станом на 15.00 7.11.2013)

Метеовеличина	Прогностичні значення метеовеличин для визначених строків (в годинах UTC)						
	00	06	12	18	24	36	48
Ізобарична поверхня 850 гПа							
T, °C	5,4	5,2	5,1	4,8	4,9	5,2	5,0
f, %	100	99	96	92	88	94	95
H, дам	154	156	156	157	157	158	158
T _d , °C	5,4	5,1	4,8	4,3	4,0	4,8	4,8
D = T – T _d , °C	0	0,1	0,3	0,5	0,9	0,4	0,2
(ΔT) _{пр} = T _{пр} – T ₀₀ , °C	0,1	0,4	0,6	0,8	1,2	0,9	0,6
(ΔT _d) _{пр} = (T _d) _{пр} – (T _d) ₀₀ , °C	0,2	0,2	0,4	0,6	0,5	0,4	0,2

АРМ синоптика також надає можливість побудувати прогностичну аерологічну діаграму (далі – АД) для аеродрому (або метеорологічної станції). Для цього використовуються дані моделі NAVGEM у поєднанні з прогностичними приземними даними регіональної моделі УкрГМЦ. Прогнозування верхньої межі хмарності викликає певні труднощі навіть у досвідченого метеоролога. Ефективним засобом вирішення цієї задачі може бути використання оцифрованих інфрачервоних супутникових знімків хмарності у поєднанні із прогностичними даними.

Алгоритм визначення верхньої межі хмарності складається з двох етапів.

На першому етапі використовується знімок хмарності, на якому нанесена температура верхньої межі хмар. За допомогою цього зображення визначається величина температури у потрібному пункті або діапазон змін температури над певним районом.

На другому етапі потрібно встановити, як змінюється температура з висотою, тобто отримати вертикальний профіль температури. Використання фактичних даних, наприклад даних радіозондування, дозволяє знайти точку перетину ізотерми (для отриманого значення температури на верхній межі хмарності) із кривою стратифікації. Висота цієї точки є висотою верхньої межі хмар. При відсутності фактичних даних, використовуються прогностичні аерологічні діаграми, які необхідно будувати для потрібного району та для того ж строку (або найближчого), за який аналізується супутниковий знімок.

Висновки

На підставі проведеної роботи можна зробити такі висновки.

1. Виконано порівняльний аналіз доступних прогностичних даних від двох постачальників.

2. Проведено заходи з випробування функціональних можливостей існуючого програмного забезпечення, що використовується для потреб метеорологічного забезпечення авіації.

3. Визначено алгоритм дій чергового метеоролога для побудови прогностичних карт баричної топографії, розрахунку часових змін метеовеличин, побудови прогностичних аерологічних діаграм та визначення верхньої межі хмарності.

Список літератури

1. Автоматизированная система обработки оперативной гидрометеорологической информации (ГИС ГИДРОМЕТ). АРМ синоптика. Инструкция по эксплуатации. – К.: ГНПП «Спецавтоматика», 1999. – 25 с.
2. Digital Atmosphere. Meteorological Analysis Software. User Manual. – Edition 001. May 27, 2007. – Texas, Garland: Weather Graphics Technologies, 2007. – 165 p.
3. Staniforth A., Wood N. Aspects of the dynamical core of a nonhydrostatic, deep-atmosphere, unified weather and climate-prediction model // J. Comput. Phys. – 2008. – Vol. 227. – P. 34.45–34.64.

Надійшла до редколегії 22.06.2015

Рецензент: канд. геогр. наук В.М. Шпиг, Український гідрометеорологічний інститут, Київ.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДЕЖУРНЫЙ МЕТЕОРОЛОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАБОЧИМИ СИНОПТИКИ

О.А. Машков, Р.Р. Мусин, Г.Г. Пилипович

Проведен анализ опыта метеорологического обеспечения полетов авиации; предложен инструмент обработки прогностических данных и разработки рекомендаций для очередного метеоролога по метеорологическому обеспечению полетов авиации Вооруженных Сил Украины

Ключевые слова: прогноз погоды, прогностические карты, прогностические центры, аэрологическая диаграмма, спутниковый снимок, вертикальный градиент температуры, метеорологическая информация.

OPTIMIZATION OF WORK STAND-BASED METEOROLOGY FORECASTERS WORKERS

O.A. Mashkov, R.R. Musin, H.H. Pilipovic

The analysis of the experience of meteorological service for aviation; proposed prognostic data processing tools and guidance for the next Meteorology Meteorological Operational Ukrainian Armed Forces Aviation

Keywords: weather forecast, prognostic maps, forecasting centers, upper-air chart, satellite image, vertical temperature gradient, meteorological information.

УДК 004.056.5:32.019.51

Є.В. Мелешко, Л.В. Константинова, О.С. Улічев

Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНФОРМАЦІЇ ТА МЕТОДІВ ЇЇ ПОШИРЕННЯ З ТОЧКИ ЗОРУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

В роботі проведено дослідження властивостей інформації, її передавачів та одержувачів з точки зору інформаційної безпеки у соціальних мережах. Здійснено огляд видів інформаційних та інформаційно-психологічних впливів та методів оцінки достовірності інформації. Виділено ролі користувачів соціальних мереж з погляду поширення та сприйняття ними вірусної інформації.

Ключові слова: інформаційна безпека, властивості інформації, пропаганда, достовірність, інформаційні впливи, інформаційно-психологічні впливи, інформаційні віруси, аналіз соціальних мереж.

Вступ

На сьогоднішній день можна спостерігати стрімкий рух світу до створення цифрового суспільства. В період з 2000 по 2015 рік щільність користувачів Інтернету збільшилася майже в сім разів – з 6,5% до 43% світового населення [1]. Доступ до широкого використання нових інформаційних технологій посилює можливості впливу на людей за допомогою свідомої зміни суспільства. Для окремих особистостей може становити небезпеку діяльність у мережі різних об'єднань людей (політичних партій, громадських рухів, націоналістичних організацій, фінансово-економічних структур, лобістських і мафіозних, екстремістських груп і т.д.), коли для досягнення цілей застосовуються засоби впливу, які змінюють свідомість і поведінку людей, причому таким способом, що завдається шкода їх же інтересам.

Інформатизація суспільства – повсюдне впровадження комплексу заходів спрямованих на забезпечення повного і своєчасного використання достовірної інформації [2].

Інформація – це сукупність відомостей, що циркулюють в природі, суспільстві, а також створених людиною системах [2]. Інформацію можна збирати, зберігати, передавати, обробляти та застосовувати.

Інформація різниться за змістом і видом людської діяльності, де вона застосовується. Кожен вид інформації має свої особливі технології обробки, змістовну цінність, форми представлення, вимоги точності і оперативності відображення явищ і процесів. Однак для будь-якого виду інформації можна вказати три об'єкти взаємодії: джерело інформації, приймач (споживач) інформації і об'єкт, який дана інформація відображає.

Кіберпростір, особливо в умовах інформаційних війн, це та частина інформаційного середовища суспільства, яка не завжди правдиво відображає навколишній світ, в ній в химерних різноманітних поєднаннях переплітаються адекватна і ілюзорна су-

б'єктивні реальності. Взаємодіючи і проникаючи одна в одну, змінюючись і розвиваючись за власними законами, вони створюють численні пастки і оману для користувачів.

Щоб залишатись повноцінною і вільною особистістю, а не маніпульованою маріонеткою необхідно досліджувати загрози й виклики сучасного інформаційного простору, постійно аналізувати інформацію, що надходить з мережі і вміти відрізнити достовірну інформацію від іншої.

Метою даної статті є дослідження властивостей інформації, її передавачів та одержувачів, а також методів її поширення з точки зору інформаційної безпеки у соціальних мережах.

1. Властивості інформації з точки зору інформаційної безпеки в соціальних мережах

Для правильного прийняття рішень використувана інформація повинна достовірно відображати реальність, точно відповідати цілям користувача і комплексно враховувати зовнішні умови.

Наведемо деякі основні властивості, що характеризують якість інформації [3, 4]:

– *Об'єктивність* – характеризує незалежність інформації від сторонньої думки або свідомості, а також від методів отримання. Більш об'єктивна та інформація, в яку методи отримання і обробки вносять менший елемент суб'єктивності.

– *Достовірність* – властивість інформації бути правильно переданою та сприйнятою, не містити прихованих помилок. Об'єктивна інформація завжди достовірна, але достовірна інформація може бути як об'єктивною, так і суб'єктивною. Тобто, інформація достовірна, якщо вона вірно передає досвід певного суб'єкта. Достовірна інформація стає об'єктивною, якщо вона перевірена і відповідає дійсності.

– *Повнота* – властивість інформації вичерпно характеризувати об'єкт, який вона відображає. Інформацію можна вважати повною, коли вона міс-

тять мінімальний, але достатній для прийняття правильного рішення набір показників. Як неповна, так і надлишкова інформація знижує ефективність прийнятих на підставі неї рішень.

– *Актуальність* – ступінь відповідності інформації поточному моменту часу.

– *Релевантність* – здатність інформації відповідати потребам споживача.

– *Доступність* – міра можливості отримати ту чи іншу інформацію.

– *Адекватність* – рівень відповідності інформації відображаємому нею об'єкту, процесу, явищу тощо.

– *Емоційність* – властивість інформації викликати різні емоції у людей. Цю властивість інформації використовують виробники Медіа-інформації. Чим сильніше викликані інформацією емоції, тим більше ймовірність, що на неї звернуть увагу і запам'ятають.

– *Комплексність* – наявність інформації різного роду від різних джерел про певний об'єкт чи явище.

– *Захищеність* – властивість інформації, що характеризує неможливість по відношенню до неї несанкціонованого доступу, використання чи зміни.

– *Корисність (Цінність)* – цінність інформації залежить від мети її одержувача і оцінюється за тими задачами, які можна вирішити за допомогою неї. Цінність інформації можна визначити по принесеному цією інформацією скороченню витрат ресурсів (матеріальних, часових). Чим більше інформація веде до досягнення мети, тим більше вона корисна, тим більше вона цінна. Тобто, по відношенню до досягнення певної мети різна інформація може мати різну цінність, в залежності від того, наскільки володіння нею наближає до досягнення поставленої мети.

Перелік загроз інформаційній безпеці у соціальних мережах при низькій якості інформації наведено у табл. 1. У разі недостовірної, неповної, суперечливої, неактуальної інформації здійснювати прийняття правильних рішень по ній важко. У цьому випадку виконуються роботи по збільшенню достовірності, повноти і цінності інформації і спроби прийняття рішень в умовах невизначеності (табл. 2).

Таблиця 1

Загрози інформаційній безпеці у соціальних мережах при низькій якості інформації

Властивість інформації	Інформаційні загрози, що виникають при низькій якості інформації
Об'єктивність	Поширення суб'єктивної інформації з метою маніпулювання суспільною думкою
Достовірність	Поширення недостовірної інформації з метою маніпулювання суспільною думкою
Повнота	Поширення неповної інформації з метою маніпулювання суспільною думкою
Актуальність	Поширення застарілої інформації для відвернення уваги від актуальної інформації
Релевантність	Відсутність потрібної інформації, блокування поширення потрібної інформації
Доступність	Блокування доступу до потрібної для прийняття рішень інформації
Адекватність	Поширення інформації, що не в достатній мірі відповідає дійсності з метою маніпулювання суспільною думкою
Емоційність	Переконування у певній необ'єктивній, недостовірній інформації через маніпулювання емоціями з метою маніпулювання суспільною думкою
Комплексність	Поширення неперевіреної інформації, яка надходить з одного джерела
Захищеність	Викрадення та/або поширення конфіденційної чи секретної інформації, підміна у зламаному акаунті достовірної інформації на недостовірну
Корисність	Перенасичення певного сегменту мережі непотрібною інформацією для відвернення уваги від потрібної та корисної

Таблиця 2

Причини недостовірності інформації та способи її відновлення

Причини недостовірності інформації	Способи відновлення достовірності інформації
Навмисне спотворення (поширення дезінформації)	Розкриття дезінформації
Ненавмисне спотворення (суб'єктивний погляд джерела інформації)	Зіставлення даних з різних джерел
Технічні помилки (дії перешкод в каналі зв'язку, ненадійні способи фіксації інформації)	Повторне отримання інформації більш надійними каналами

Для оцінки достовірності інформації варто проводити перевірку компетентності та репутації її джерела.

Як джерела інформації можуть виступати:

– фізичні особи, в силу свого положення і пов-

новажень володіють відомостями, якими цікавляться засоби масової інформації;

– реальне середовище (природне, урбаністичне і предметно-речове середовище, в якому живе людина);

- віртуальне інформаційне середовище;
- документи;
- друковані видання, що мають вихідні дані (книга, енциклопедія, підручник, статті в друкованому журналі і т.д.);

- сайти в мережі Інтернет (Інтернет-ЗМІ, Інтернет-портал, Інтернет-сторінка і т.д.).

Джерела інформації можуть бути достовірні і недостовірні, компетентні і некомпетентні.

Підтвердження достовірності інформації [5]:

1. *Наявність посилань на джерела інформації.* Найкращим є наявність посилань на авторитетні джерела інформації. Це можуть бути агентства зі збору статистичних даних, науково-дослідні інститути, інші офіційні джерела. Посилання не завжди обов'язкові – у тому випадку, якщо автор інформації сам являється фахівцем в тій області, в якій пише.

2. *Компетентність автора інформації.* Дуже важливим є питання про компетентність автора інформації. Варто з'ясувати його статус, посаду, ознайомитися з іншими роботами, матеріалами, коментарями, відгуками.

3. *Рейтинг ресурсу, на якому розміщена інформація.* Важливо наскільки розглядаємий ресурс популярний серед користувачів, чи користується авторитетом, які відгуки існують про даний ресурс в мережі.

4. *Наявність реєстрації ЗМІ.* Якщо у ресурсу є свідоцтво про реєстрацію ЗМІ, він несе юридичну відповідальність за будь-яку опубліковану інформацію. Тому таким сайтам можна довіряти більше, в зв'язку з тим, що вони намагаються уникати неперевірених даних.

У загальному випадку достовірність інформації ґрунтується на фактах, досягається зазначенням часу звершення подій, відомості про які передаються; зіставленням даних, отриманих з різних джерел; своєчасним розкриттям дезінформації; вилученням спотвореної інформації та ін.

2. Способи інформаційно-психологічного впливу на соціальні структури

Донесення потрібної інформації до об'єкту впливу може відбуватися за допомогою **соціально-інформаційних вірусів** – мемів. Мемом може стати будь-яка інформація: ідея, образ, символ. Передаватися у соціальних мережах мем може у вигляді тексту, зображення, відео тощо.

Інформація стає вірусною та починає розповсюджуватися без особливих зусиль з боку суб'єкта впливу, якщо виконуються наступні принципи [6]:

- *Дана інформація є соціальною валютою* (розповсюдження певного мему дозволяє агенту соціальної мережі показати себе в очах інших експертом, цікавим співрозмовником, VIP-персоною тощо).

- *Дана інформація містить тригери* – стимули, що викликають асоціації, спонукають замислитися про мем при згадках про схожі популярні речі.

- *Дана інформація викликає емоції* (благочиння, натхнення, втіху, гнів, занепокоєння). В [7] автор виділяє набір емоцій, які використовуються при поширенні пропаганди: страх, гнів, радість, – при маніпулюванні ними поширювана інформація перестає сприйматися критично.

- *Дана інформація має соціальний доказ* – об'єкт впливу повинен бути переконаний, що певну думку розділяє багато людей з його оточення.

- *Дана інформація має практичну цінність* для оточуючих об'єкта впливу.

- *Дана інформація міститься в цікавій історії*, переповідання якої поживляє спілкування.

Меми в соціальних мережах можуть поширювати з різними цілями: маркетинговими, політехнологічними, соціальними, розважальними тощо.

З політехнологічними цілями в соціальних мережах завдяки мемам можуть поширювати пропаганду.

Пропаганда – планомірне використання будь-яких форм суспільних або масових комунікацій для того, щоб здійснювати вплив на розум та почуття певної групи населення з чітко визначеною суспільною, економічною, воєнною або політичною метою [8]. В [8] наводяться наступні типи пропаганди:

1. *За часом дії:*

- Стратегічна пропаганда – призначена для досягнення мети через декілька тижнів, місяців або років.

- Тактична пропаганда – здійснюється для підтримки поточних дій.

2. *За спрямованістю на захист або придушення ідей:*

- Оборонна пропаганда – призначена для підтримки соціальної, або якої-небудь іншої акції суспільства.

- Наступальна пропаганда – призначена для припинення тої чи іншої соціальної дії, яка здається пропагандисту шкідливою, і сприяння тій дії, яка здається йому бажаною за допомогою революційних, дипломатичних або військових засобів.

3. *За цілями:*

- Конверсійна пропаганда – спрямована на те, щоб примусити людей змінити свої ціннісні орієнтації, своє емоційне та практичне відношення до одної групи людей та почати підтримувати іншу.

- Розділяюча пропаганда – призначена для того, щоб внести розкол в групу, що підтримує ворога і, порушивши єдність її рядів, послабити цього ворога.

- Консолідуюча пропаганда – спрямована на мирне населення захоплених територій. Її мета – примусити населення підкорятися розпорядженням

командування окупантів і політиці, яку вони проводять.

Контрпропаганда – це пропаганда у відповідь на пропаганду; ставить за мету розвінчування (дискредитацію) деяких конкретних переконань (ідей, вірувань, поглядів тощо), які нав'язує ворожа пропаганда.

4. За джерелами:

– Біла пропаганда – надходить з відкритого джерела, наприклад, уряду чи його представників.

– Сіра пропаганда – поширюється без вказання джерела.

– Чорна пропаганда – надходить з хибного джерела.

5. За наслідками:

– Конструктивна пропаганда – сприяє соціальній гармонії, згоді, вихованні людей у відповідності із загальноприйнятими цінностями. Позитивна пропаганда виконує виховну та інформаційну функції в суспільстві. Вона здійснюється в інтересах тих, кому адресована, а не обмеженого кола зацікавлених осіб.

– Деструктивна пропаганда – сприяє розпалюванню соціальної ворожнечі, ескалації соціальних конфліктів, загостренню протиріч у суспільстві, пробудженню низинних інстинктів у людей і т.п. Це дозволяє роз'єднати людей, зробити їх слухняними волі пропагандиста. Її основна функція – створення ілюзорної, паралельної реальності з викривленою системою цінностей, переконань, поглядів. Деструктивна пропаганда активно користується низькою критичністю і сугестивністю мас з метою маніпулювання цими масами в інтересах вузької групи осіб.

Цілі аналізу пропаганди: озброїти громадян проти впливу деструктивної пропаганди; вивчити правила ефективної риторики (переконування); розвинути методи успішного вживання конструктивної пропаганди.

Інститутом аналізу пропаганди, що існував з 1937 по 1942 рік у США, було виокремлено сім основних типових прийомів пропаганди [3, 9]:

1. *"Наклеювання ярликів"*, name calling. Використовується для демонізації та дискредитації особистості чи предмета за допомогою дзвінких епітетів: "ворог народу", "іноземний агент" тощо.

2. *"Блискучі узагальнення"*, glittering generalities. Універсальна формула приєднання до вищих цінностей: Бог, Батьківщина, народ. За значенням близьке до «наклеювання ярликів». Використовуються емоційно позитивно забарвлені метафори ("virtue words") – "права", "воля", "честь", "права людини".

3. *"Перенос"*, transfer. Пропагандист переносить на об'єкт, за який він пропагує, риси та якості того об'єкта, який користується в даній аудиторії повагою, авторитетом. Наприклад, "Нас підтримує церква", використовуються символи, прапори, хрести,

ікони, портрети відомих людей на задньому фоні на час проведення масових акцій тощо.

4. *"Приєднання до більшості"*, the band wagon. Прийом, який експлуатує обумовлене міркуваннями персональної безпеки бажання людини приєднатися до "гурту переможців" (натовпу тощо). Логіка тут така, якщо щось роблять всі, то необхідно це робити (щось чи когось підтримувати, щось вживати чи споживати). Саме на цьому ґрунтується вплив оприлюднення даних соціологічних опитувань щодо "переможців майбутніх виборів".

5. *"Свідки"*, testimonia. Використання цитати деякої особистості, в залежності від її позитивної чи негативної репутації у конкретній аудиторії. Вирішальне значення в цьому випадку відіграє контекстний монтаж. Груба примітивна агітація, намагання протиставити емоції доказам розуму.

6. *"Гра в простонародність"*, plain folks. Щоб сподобатись простим людям пропагандисти навмисне роблять помилки у висловах, використовують простонародну мову.

7. *"Пересмикування фактів"*, Card stacking. Пропагандист щось перебільшує, щось применшує. Він оминає певні факти, натомість висуває на перший план інші події, які відволікають увагу публіки. Прийом «Копчений оселедець» – діє таким чином, що публіку збивають з правильного сліду.

Ще одним способом інформаційного впливу, що широко використовується на практиці є поширення чуток і міфів.

Чутки – це специфічний вид інформації, що з'являється спонтанно в силу інформаційного вакууму серед певних верств населення, або спеціально кимось поширюваної для впливу на суспільну свідомість [3, 10].

Фахівці зазвичай класифікують чутки за трьома параметрами: експресивним (відповідно до емоційних станів, виражених в змісті чуток і особливостями емоційних реакцій на них), інформаційним (відповідно до ступеня достовірності сюжету чуток) і за ступенем впливу на психіку людей [3, 10].

За експресивною характеристикою виділяють наступні види чуток [10]:

1. *Чутки-бажання*. Поширювана в них інформація має на меті викликати розчарування з приводу нездійснених очікувань і деморалізувати об'єкт впливу.

2. *Чутки-лякалки*. Поширювана в них інформація має на меті ініціювати у об'єкта впливу стан тривоги, невпевненості. Такими можуть бути чутки про смертельну надзброю, що є в розпорядженні противника, про катастрофічний брак продовольства, про зараження місцевості і т.д.

3. *Роз'єднувальні агресивні чутки*. Поширювана з їх допомогою інформація має на меті викликати розлад у взаєминах в середовищі супротивника, порушити соціальні зв'язки.

За інформаційною характеристикою виділяють чутки абсолютно недостовірні, частково недостовірні (з елементами правдоподібності), правдоподібні чутки.

За ступенем впливу на психіку людей чутки ділять на [10]:

1. Ті, що розбухують громадську думку, але не викликають явно вираженої антигромадської поведінки окремих осіб або цілих груп.

2. Ті, що викликають антигромадську поведінку серед деякої частини певних соціальних груп.

3. Ті, що порушують соціальні зв'язки і організаційно-управлінські відносини між людьми, що викликають масові заворушення, паніку і т.д. Наприклад, часто напередодні воєнних дій з'являються чутки про можливий голод, що провокують погроми магазинів і складів.

Під час психологічної війни нерідко використовують міфи.

Міф – це інформація, яка пояснює походження і подальше перетворення тих чи інших явищ виключно на основі вигаданих подій. Осмислення людиною навколишньої дійсності за допомогою міфів базується не на наукових знаннях, а на вірі і переконаннях представників конкретної культури, етносу, соціальної групи [3, 10].

Основний принцип побудови сюжету традиційного міфу – поєднання знайомих реалій життя з фантастичними вчинками героїв.

Часто міфи використовують свідомо, впроваджуючи в свідомість людей з метою формування потрібних соціальних реакцій.

Міфи зазвичай ділять на явні, приховані і станові [10].

"Явний міф" – (фольклорні історії і персонажі, популярні сюжети і герої творів літератури і кіно) завжди широко застосовувався в психологічній війні. Успіх застосування явного міфу визначається правильною інтерпретацією подій, описаних в ньому. Для цього потрібно дуже добре знати історію і культуру конкретної країни або етносу, чітко розуміти, в яких умовах цей міф застосовується, а в яких його згадка принесе лише шкоду.

"Прихований міф" – це специфічна частина системи суб'єктивних уявлень суспільства про навколишній світ та інші спільноти. Приховані міфи рідко використовують для психологічного впливу на війська і населення противника. Зазвичай вони існують у формі ідеологічних, релігійних, політичних, побутових установок, забобонів, переконань представників конкретних соціальних спільнот.

"Станові міфи" – широко використовувані міфи, які обслуговують уявлення про близькість або, навпаки, віддаленість певних груп людей один від одного за соціальною, професійною, національною, релігійною ознакою. Вони діють за простою схемою "свій-чужий" і досить ефективні в умовах бойової діяльності.

3. Операції інформаційного та інформаційно-психологічного керування

Інформаційні впливи (або інформаційно-кібернетичні, інформаційно-технічні) направлені на інформаційні ресурси, в той час як інформаційно-психологічні впливи направлені на свідомість та підсвідомість (психіку) людей.

Інформаційний вплив – вплив, що здійснюється з використанням інформаційної зброї.

Інформаційна зброя – технічні, організаційні, політичні тощо засоби, що реалізують інформаційні загрози.

Інформаційні впливи можуть мати 3 основні напрямки:

- вплив на форму повідомлень, механізми їхньої передачі, зберігання та обробки даних тощо,
- блокування передачі повідомлень,
- вплив на зміст повідомлень.

Інформаційно-кібернетичні операції інформаційних конфліктів [11]:

- витік інформації;
- знищення інформації;
- викрадення інформації;
- спотворення інформації;
- блокування інформації;
- затримка інформації;
- переадресація інформації;
- дублювання інформації.

Психологічний вплив – вплив на людей (групи людей), який здійснюється з метою зміни ідеологічних і психологічних структур їхньої свідомості й підсвідомості, трансформації емоційних станів, стимулювання певних типів поведінки [3]. Включає в себе такі впливи: інформаційно-психологічний, психогенний, психоаналітичний, нейролінгвістичний, психотронний, психотропний.

Інформаційно-психологічний вплив – вплив словом, інформацією; його метою є формування певних ідеологічних (соціальних) ідей, поглядів, уявлень, переконань; одночасно він викликає у людей позитивні або негативні емоції, почуття і навіть бурхливі масові реакції [3].

Основою інформаційно-психологічних операцій є інформаційно-керуючі впливи в таких формах як правда, подана певним чином, брехня, різні комбінації правди і брехні.

В джерелах [11, 12] наводяться наступні види інформаційно-психологічних впливів.

1. Трансінформування – правдиве інформування, при якому інформація від джерела впливу (індуктора) передається приймачу впливу (реципієнту) без спотворень в наступних варіаціях:

– Параінформування – правдиве інформування, засноване на здатності пам'яті фіксувати і відтворю-

вати аналоги, які несуть додаткову інформацію без її кодування (жести, міміка і т.д.).

– Метаінформування – повторне, правдиве інформування, яке може стати загрозою в результаті інформаційного насичення реципієнта.

2. Псевдоінформування – напівправдиве, напівхибне інформування, при якому в певних пропорціях присутні правда і брехня, логічно взаємопов'язані між собою. Псевдоінформування можна домогтися шляхом дозування (збільшення або зменшення) обсягу інформації в наступних варіаціях:

– Симуляційне інформування, яке дозволяє створювати неправильне уявлення про наявність чого-небудь (ресурсів, підтримки і т.п.), становить загрозу для прийняття рішень.

– Диссимуляційне інформування, яке дозволяє створювати розмиті (неясні) образи шляхом вилучення конкретних інформаційних фрагментів, створює загрозу прийняття помилкових управлінських рішень.

– Метапсевдоінформування пов'язане з повторенням чужого оригіналу, при цьому оригінал щоразу змінюється на рівнозначний.

3. Дезінформування – хибне інформування, при якому на основі брехні переконують людину (групу людей, суспільство) в тому, що щось бажане, але неіснуюче існує.

– Помилкове інформування, пов'язане зі створенням хибних оригіналів, називають симуляційним дезінформуванням.

– Помилкове інформування, пов'язане з приховуванням справжніх оригіналів, називають диссимуляційним дезінформуванням.

– Комбінація помилкових і прихованих оригіналів називається конфузійним дезінформуванням.

– Інформування, яке в одних випадках призводить до спотвореного, в других – до невдалого, в третіх – до необґрунтованого інтерпретування інформації, називають парадезінформуванням.

4. Метадезінформування – це хибне інформування, при якому брехня видається як правда в наступних варіаціях:

– Вигадки чужого висловлювання і багаторазове його повторення називається симуляційним метадезінформуванням.

– Замовчування частини чужого висловлювання, яке призводить до спотворення сенсу сказаного, і потім багаторазове його повторення називають диссимуляційним метадезінформуванням.

– Комбінація в певних пропорціях вигадки і замовчування призводить до спотвореного інформування, яке називають конфузійним метадезінформуванням.

5. Мультиінформування – орієнтоване на розкладання впливів, індуктор і реципієнтів даних впливів на соціум створює мультиплікативний ефект:

– Багаторазове інформування – вплив на підсвідомість на основі багаторазових повторів інформаційних блоків з деякими інтервалами часу.

– Віялове інформування – доведення обраної інформації до відома якомога більшої аудиторії в соціумі. Найбільший мультиплікативний ефект досягається з використанням принципу адресності, тобто коли певні інформаційні блоки орієнтовані на задані соціальні верстви або групи.

– Багатополосне інформування – націлене на підвищення сприйняття інформації за рахунок її надходження з різних джерел, що здаються незалежними.

4. Властивості передавача та споживача інформації в соціальних мережах

При поширенні неправдивої та частково правдивої інформації у соціальних мережах враховується ступінь довірливості об'єктів впливу. Так в [13] агенти соціальної мережі поділяються на "довірливих" та "обережних" і виділяється п'ять *функцій довіри* агентів:

1) *Константа* – агент незалежно від змісту реагує на повідомлення ЗМІ.

2) *Консерватор* – ймовірність, що агент виділить повідомлення буде зменшуватися із зростанням відхилення його думки від думки засобів масової інформації.

3) *Новатор* – ймовірність, що агент виділить повідомлення буде зростати з ростом відхилення його думки від думки ЗМІ.

4) *Поміркований консерватор* – агент виділяє та сприймає інформацію, що співпадає з його думками, до тих пір, поки різниця у думках не стане достатньо великою. Але при дуже великих відхиленнях, ймовірність того, що агент помітить таку інформацію росте (тут спрацює принцип "чим більша брехня, тим швидше в неї повірять").

5) *Поміркований новатор* – поки відмінність думок агента від думок ЗМІ не занадто велика, ймовірність виділення повідомлення ЗМІ тільки зростає, але при достатньо великих відхиленнях ця ймовірність починає зменшуватися (такі агенти сприймають висновки, що не перевищують їх порогу прийнятності).

В залежності від місця, яке займає споживач у структурі соціальної мережі (віртуальної або реальної) при застосуванні мережевого аналізу можна говорити про його [14 – 17]:

– *Ступінь (ранг)* – кількість зв'язків вузла з іншими (число друзів).

– *Близькість* – визначається через найкоротшу відстань (геодезичну) між акторами. Чим меншими є геодезичні відстані даної вершини до інших, тим більшою є її близькість до них.

– *Посередництво* – характеризує міру свободи, яку має актор у переслідуванні власних інтересів. Актор є вільним настільки, наскільки він пов'язаний з іншими акторами, що є дезорганізованими (наприклад, незгуртованими), і тому можуть діяти один проти одного, а це, в свою чергу, звільняє вказаного актора від їх примушення.

– *Контроль* – якщо вузол слугує містком між якомога більшою кількістю різних груп, і вони не можуть спілкуватися інакше, ніж через нього, – то він контролює потоки інформації.

– *Незалежність* – можливість вузла зв'язатися з усіма іншими учасниками мережі через якомога меншу кількість посередників.

– *Влада (впливовість, могутність)* – характеристика місця розташування актора в мережі, вказує на володіння ним певними соціальними ресурсами, які дозволяють йому контролювати потоки ресурсів в мережі, та (або) уникати такого контролю з боку інших.

– *Помітність* – наявність у актора прямих та опосередкованих зв'язків, що роблять його особливо видимим для інших акторів в мережі. Основними показниками помітності є центральність та престижність.

– *Центральність* – відноситься до групи метрик, метою яких є визначення "влади" або "помітності" певного вузла в мережі. Центральним є актор, який залучений до великої кількості зв'язків і як їх ініціатор, і як реципієнт. Прикладами загальних методів вимірювання «центральності» є визначення центральності за посередництвом, центральності за близькістю та центральності за ступенем.

– *Престижність* – характеризує "помітність" актора, на відміну від центральності, розглядаються тільки ті зв'язки між i -им актором та всіма іншими акторами в мережі, де i -ий актор є реципієнтом. В основу аналізу престижності можуть бути покладені різні мережеві характеристики, зокрема, ступінь вузла та близькість між вузлами.

– *Діапазон* – характеристика різноманітності контактів даного актора з іншими акторами і типами акторів. Може визначатися з точки зору об'єму контактів та з точки зору якості контактів. Дозволяє визначити не стільки важливість та впливовість актора, скільки доступність для нього різних видів інформаційних та соціальних ресурсів, що зосереджені в різних групах.

Від властивостей споживача інформації залежить наскільки достовірну, повну, своєчасну та актуальну інформацію він буде отримувати.

Від властивостей джерела (або передавача) інформації буде залежати наскільки швидко і серед якої кількості споживачів він зможе поширити свою інформацію.

5. Ролі користувачів соціальних мереж з погляду поширення вірусної інформації

Спочатку варто виділити дві категорії користувачів соціальних мереж з погляду поширення інформаційних впливів: *суб'єкти впливу* та *об'єкти впливу*.

Суб'єкти впливу – активні користувачі метою, яких є поширення (впровадження) певної ідеї або інформації. Їхньою метою може бути широка аудиторія за принципом «чим більше – тим краще» або ж певна обрана група користувачів (*targetgroup*). Критерій вибору цільової групи залежить від конкретних завдань і кінцевих цілей, це може бути вікова група, статевая ознака, соціальний стан, національна приналежність та інші. Суб'єкти характеризуються будь-якими активними інформаційними впливами спрямованими на об'єкти.

Об'єкти впливу – користувачі, на яких спрямований інформаційний потік з метою переконати їх у чомусь, або схилити до певної ідеї.

Множини суб'єктів і об'єктів в розрізі інформаційної атаки перетинаються (рис. 1). Користувачі, які спочатку розглядаються як об'єкти, в процесі можуть ставати суб'єктами або ж одночасно перебувати в обох множинах: ще перебуваючи під цільовим інформаційним впливом, вже самостійно починають просувати в мережі нав'язану їм інформацію, відчувати свою зацікавленість (реальну, або уявну) в її поширенні.

У широкому значенні метою суб'єктів є поглинання множини вибраних або досяжних об'єктів і перетворення їх в активні ланки подальшого просування інформації в мережі.

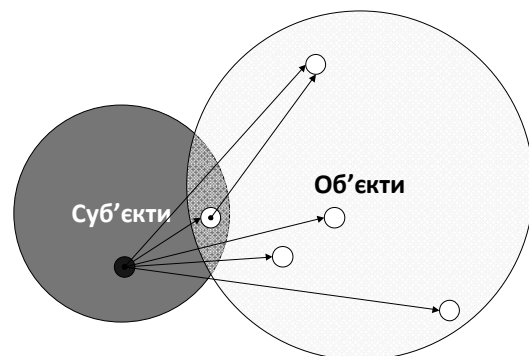


Рис. 1. Множини суб'єктів та об'єктів інформаційно-психологічного впливу у соціальних мережах

У даній статті пропонується виділити наступні ролі користувачів соціальних мереж з погляду поширення та сприйняття ними вірусної інформації, що може бути корисним для подальшого імітаційного моделювання інформаційних впливів та поширення інформації у соціальних мережах.

Серед суб'єктів впливу пропонується виділити наступні ролі: генератор ідей, адепти, провокатори, фокусники-закликальники, фокусники-відволікачі. Серед об'єктів впливу – повторювачі, незацікавлені, прихильники, противники, скептики, досвідчені критичні користувачі, генератори інших ідей.

Генератор ідей – суб'єкт впливу, що створив певну ідею та намагається поширити її серед якомога більшої кількості користувачів. Генератор ідей виконує стратегічну функцію, розкидаючи «інформаційне насіння» в різних сегментах мережі і постійно підживлюючи породжені гілки прихильників новою інформацією в рамках впроваджуваної ідей.

Адепти – суб'єкти впливу, що виконують тактичні завдання, кожен у своєму сегменті мережі (групи, спільноти, тематичні обговорення і т.д.). В ході просування ідей адепти можуть стикатися з труднощами при зустрічі з об'єктами впливу скептики та досвідчені критичні користувачі.

Провокатори – суб'єкти впливу, основним завданням яких є привернення уваги не на верненнях до впроваджуваної ідей користувачів. По суті, не так важливо в якому напрямку діють провокатори: вони можуть, як яро підтримувати ідею, так і люто критикувати її, але при цьому приводити свідомо слабкі аргументи або явно суперечливі факти. Більшість людей за своєю суттю люблять увагу до своєї особи, не упустили можливості проявити допитливість, інтелектуальний рівень і ораторське мистецтво, тим самим несвідомо залучаючись в обговорення та поширення ідей. Головне завдання провокатора – «голосно і яскраво». Їх можна порівняти з «закликальниками» на ринку або «акторською групою» наперсточника. Шахраї типу наперсточників діють дуже схоже. Ціла група людей, у кожного з яких своя роль, направляє свою дію на цільовий об'єкт, з метою змусити його зробити ставку. У той же час з боку жертви створюється видимість, що ціла група людей його підтримує і в протистоянні «жертва – шахрай» виступають на його стороні. «Театральна трупа» створює какофонію зі звуків і дій, постійно відволікаючи увагу жертви то на одного актора, то на іншого, створює у жертви нестійкий стан, неможливість зосередитися і критично переосмислити свої дії. У цьому сумбурі у жертви перемагає жадібність і жага швидких легких грошей над здоровим глуздом, і жертва вже діє в автоматичному режимі, не усвідомлюючи ні дій, ні їх наслідків. Ця стратегія – не нова, вона успадковує поведінку зграйного полювання будь-якого хижака, ролі і дії членів зграї дуже схожі, з тією лише різницею, що фізичний вплив замінено інформаційним впливом.

Фокусники-закликальники – суб'єкти впливу, що розповсюджують здебільшого інформацію розважального характеру з будь-яких тематик, яка не стосується поширюваної генератором ідей, але час від часу здійснюють "інформаційні ін'єкції" че-

рез рідкісні вкраплення посилів цільової тематики. Чим вище популярність та рівень довіри до фокусника, тим ефективніше будуть такі точкові впливи.

Фокусники-відволікачі – суб'єкти впливу, що розповсюджують інформацію різного відволікаючого характеру з будь-яких тематик, яка не стосується поширюваної генератором ідей, коли треба відвернути увагу користувачів від інших ідей, контрідей та негативної інформації про поширювану ідею, її генератора та адептів.

Повторювачі – об'єкти впливу, що просто дублюють одержану інформацію, практично без будь-якої фільтрації та аналізу. Вони не намагаються логічно її осмислити, спростовувати, оскаржувати або ж навпаки підтримувати і просувати. Вони виступають в ролі ретранслятора і повинні розглядатися тільки як проміжні ланки в ланцюзі.

Незацікавлені – об'єкти впливу, що ніяк не реагують на поширювану ідею неважливо з яких причин.

Прихильники – об'єкти впливу, що починають просувати серед свого оточення поширювану ідею, після того як самі в неї повірять.

Противники – об'єкти впливу, що починають спростовувати серед свого оточення поширювану ідею, після того як про неї дізнаються. Вони можуть використовуватися для поширення інформації про ідею провокаторами.

Скептики – об'єкти впливу, що піддають запереченню будь-яку ідею та інформацію, намагаються критично її осмислити. Вони намагаються піддати сумніву інформацію, з якою до них звертається інший користувач незалежно від її змісту.

Досвідчений критичний користувач – об'єкт впливу, який має достатній досвід і можливість критичного переосмислення інформації. Розуміється на деяких або багатьох методах інформаційних впливів. У більшості випадків такий користувач чітко ідентифікує нав'язувану інформацію, має навички і можливості перевірити справжність інформації, використовуючи альтернативні джерела. Натикаючись в мережі на подібного користувача, адепту не тільки не доводиться розраховувати на розширення своєї гілки впливу через цей вузол, а є й великий ризик втратити частину наворотних прихильників за рахунок інформаційного впливу критичного користувача. У найгіршому для адепта варіанті – критичний користувач може породити контрідію і почне її поширювати серед свого оточення.

Генератори інших ідей – об'єкти впливу, що по відношенню до інших ідей є суб'єктами впливу, а стосовно розглядаємої ідей спочатку не мають своєї думки, а в подальшому, після спілкування з поширювачами даної ідей можуть або приєднатися до неї та пропагувати її серед своєї аудиторії, залишитися незацікавленими, або (виявивши в ній інформаційну загрозу для себе та своєї ідей), почати генерувати контрідію та поширювати її серед своєї аудиторії.

Висновки

У роботі розглянуті властивості інформації, властивості її споживачів та передавачів з погляду безпеки інформації у соціальних мережах. Здійснено огляд видів інформаційних та інформаційно-психологічних впливів та методів оцінки достовірності інформації.

Виділено ролі користувачів соціальних мереж з погляду поширення та сприйняття ними вірусної інформації. Ці ролі в подальшому планується використати для імітаційного моделювання поширення вірусної інформації в соціальних мережах.

Список літератури

1. ICT Facts and Figures – The world in 2015 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/facts/default.aspx>
2. Кременко М.З. К проблеме информатизации общества в XXI веке / М.З. Кременко // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2006. – №1. – С. 235-237.
3. Бозуш В.М., Юдін О.К. Інформаційна безпека держави. – К.: "МК-Прес", 2005. – 432 с.
4. Нежданов И.Ю., Аналитическая разведка для бизнеса / И.Ю. Нежданов. – Москва: Изд-во "Ось-89", 2008. – 336 с.;
5. Якушина Е.В. Медиаобразование. Как проверить достоверность информации в Интернете? [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://psyera.ru/4877/informacionnaya-agressiya-i-immunitet>
6. Бергер Й. Заразливий. Психологія вірусного маркетингу / Пер. з англ. Олени Замойської. – К.: Наш Формат, 2015. – 224 с.;
7. Соловей В.Д. Абсолютное оружие. Основы психологической войны и медиаманипулирования / В.Д. Соловей. – Москва: Издательство "Э", 2015. – 320 с.;
8. Лайнбарджер П.М.Э. Психологическая Война. Теория и практика обработки массового сознания / Пер. с англ. Ламановой. – М.: ЗАО Центрполиграф, 2014. – 445 с.
9. Ожесан М. Інформаційні війни: курс онлайн лекцій. – 2015. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://courses.prometheus.org.ua/courses/KNU/102/2015_T2/about.
10. Крысько В. Г. Секреты психологической войны (цели, задачи, методы, формы, опыт) / Под общ. ред. А. Е. Тараса. – Минск: Харвест, 1999. – 448 с.
11. Колбасов С.М. Макромоделирование информационных конфликтов и информационных операций социотехнических информационных систем: дис. канд. техн. наук: 05.13.19 / Колбасов Сергей Михайлович. – Воронеж, 2006. – 146 с.
12. Остапенко Г.А. Информационные операции и атаки в социотехнических системах. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. РАН В.И. Борисова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 134 с.
13. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: МЦНМО, 2010. – 228 с.
14. Robert A. Hanneman, Mark D. Riddle Introduction to Social Network Methods (free introductory textbook on social network analysis). – 2005. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>
15. Жулькевська О.В. Специфіка застосування мережевого аналізу в соціології: дис. канд. соціол. наук: 22.00.02 / Жулькевська Олена Володимирівна. – Київ, 2003. – 240 с.
16. Захарченко А.П. Інтернет-медіа: інтерактивний навчальний посібник для курсу "Підтримка сайту" для студентів відділення "Видавнича справа та редагування". – Київ, Видавець Марченко. – 2014. – 198 с.
17. Ланде Д.В. Новітні підходи й технології інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень // Національна безпека: український вимір: зб. наук. праць. – К., 2008. – Вип. 1–2 (20–21). – С. 87–105.
18. Литвиненко О.В. Інформаційні впливи та операції. Теоретико-аналітичні нариси: Монографія – К.: НІСД, 2003. – 240 с.
19. Мелешко Є.В. Інформаційні віруси в соціальних мережах як засіб інформаційно-психологічного впливу / Є.В. Мелешко, М.С. Якименко. – Збірник тез П'ятої міжн. наук. конференції "Інформація. Комунікація. Суспільство", м. Львів, 19–21 травня 2016 р. – Львів: Національний університет "Львівська політехніка". – 2016. – С. 22–23.

Надійшла до редколегії 16.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, доц. МА. Павленко, Харківський університет Повітряних Сил ім. Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДОВ ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Е.В. Мелешко, Л.В. Константинова, А.С. Уличев

В работе проведено исследование свойств информации, ее источников и получателей с точки зрения информационной безопасности в социальных сетях. Осуществлен обзор видов информационных и информационно-психологических воздействий и методов оценки достоверности информации. Предложены роли пользователей социальных сетей с точки зрения распространения и восприятия ими вирусной информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, свойства информации, пропаганда, достоверность, информационные воздействия, информационно-психологические воздействия, информационные вирусы, анализ социальных сетей

RESEARCH OF INFORMATION PROPERTIES AND METHODS OF ITS PROPAGATION FROM POINT OF VIEW OF INFORMATION SECURITY IN SOCIAL NETWORKS

E. V. Meleshko, L. V. Konstantynova, O. S. Ulichev

In the work it was carried out research of information properties, its senders and receivers from point of view of information security in social networks. Types of informational and informational-psychological influences and methods of reliability estimation are reviewed. It is distinguished the roles of social network users from point of view of propagation and perception of viral information by them.

Keywords: information security, information properties, propaganda, reliability, information influences, informational-psychological influences, informational viruses, social network analysis.

УДК 519.685

И.Ш. Невлюдов, В.В. Евсеев, В.О. Бортникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

В статье предлагается решение задачи автоматизации проектирования технологических процессов изготовления микроэлектромеханических акселерометров. Оно основывается на предложенных ранее моделях параметров акселерометра (технологических и эксплуатационных), а также методе построения технологического процесса. Рассмотрена базовая последовательность проектирования технологических процессов микроэлектромеханических акселерометров. Практическим результатом данного решения стал разработанный программный модуль для автоматизированного проектирования технологического процесса изготовления микроэлектромеханического акселерометра. Благодаря использованию API функций он может быть интегрирован в современные системы автоматизированного проектирования. В работе рассматривается структура программного модуля, обоснован выбор среды разработки, а также системы управления базами данных. Разработана логическая и физическая модель базы данных, которая реализована с помощью системы управления базами данных Firebird-2.1.4.18393. Предложен интерфейс пользователя с учетом требований, предъявляемых к программным модулям исходя из необходимости разработки дружественного интерфейса для решения задач данных типов. Предложенная система может обучаться в режиме реального времени при создании новых проектов, проводя анализ полученных результатов после реализации предложенного технологического процесса и выявлять наилучшее его варианты.

Ключевые слова: технологический процесс, акселерометр, МЭМС, программный модуль, автоматизация.

Номенклатура

БД – база данных;
МЭМС – микроэлектромеханические системы;
ПМ – программный модуль;
САПР – системы автоматизированного проектирования;
ТП – технологический процесс.

Введение

Разработка программных модулей (ПМ) для автоматизации проектирования технологических процессов (ТП) изготовления МЭМС акселерометров является актуальной задачей. Анализ области применения современных САПР для МЭМС показал, что сегодня системы и программные модули такие как MEMCAD, Cowentor Ware, Tanner Pro, ANSYS, COMSOL Multiphysics имеют следующий ряд недостатков: данные системы и их модули решают лишь одну из задач автоматизированного проектирования. Одни из них способны проектировать 3D модели акселерометров, другие же способны проводить конструкторские расчеты. Следовательно, каждая из этих систем содержит в себе подсистемы, выполняющие отдельные функции (моделирование, анализ и т.д.), не позволяющие реализовать сквозное проектирование. Таким образом, увеличивается вероятность ошибок и погрешностей в процессе передачи данных из одной подсистемы в другую [1]. При этом невозможно на

этапе проектирования рассчитать трудоемкость изделия и выбрать ТП, учитывающий оборудование и спецификации типа МЭМС акселерометра, что уменьшает конкурентоспособность данных систем. Это накладывает ряд ограничений на возможность адаптации таких систем на предприятиях и делает их применение узкоспециализированным в виду решения ограниченного ряда задач.

1. Разработка структуры программного модуля для автоматизированного проектирования ТП МЭМС акселерометров

Для реализации ПМ автоматизации проектирования ТП МЭМС акселерометров выбрана среда разработки Embarcadero RAD Studio XE5. Это дает возможность реализовать интерфейс пользователя в соответствии с требованиями дружественного интерфейса. В виде кроссплатформенной системы управления базами данных (БД) выбрано Firebird-2.1.4.18393_0_Win32 с использованием графического редактора для НК-Software IBEExpert Personal Edition. Обоснованием выбора является условно-бесплатная лицензия использования.

Математическое и лингвистическое обеспечение, которое реализуется в разработанном ПМ, подробно описано в публикациях [2 – 6]. В виде базовой последовательности проектирования ТП МЭМС акселерометров предложено использовать следующие этапы, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Последовательность этапов ТП МЭМС акселерометров

Большой объем исходной и справочной информации, которая используется в процессе проектирования ТП, ставит задачу разделения ее на «сущности», что даст возможность упростить и систематизировать работу с данными. Исходя из этого, необходимо разработать структуру ПМ, таким образом, чтобы минимизировать процесс внесения данных и исключить его дублирование и повторный ввод. Предложено использовать следующую структурную схему ПМ (рис. 2). Она разбита на 6 модулей, отдельно отвечающих за сохранность отдельных элементов информации.

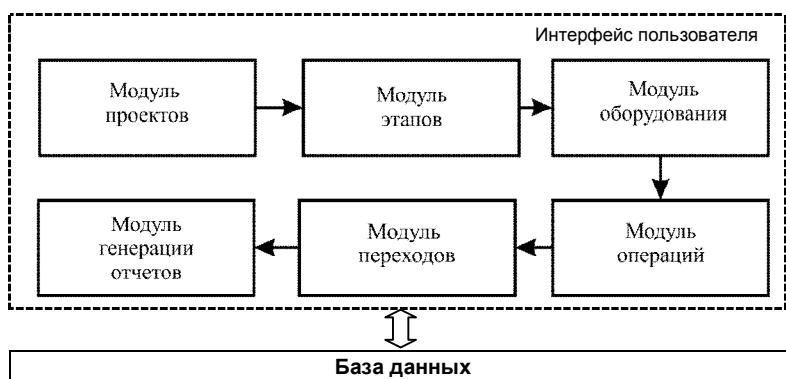


Рис. 2. Структура ПМ

Из рис. 2 видно, что ПМ включает в себя такие модули как:

- модуль проектов; модуль отвечает за отображения интерфейса окна проектов, а также связь с базой данных (БД) для занесения информации о созданном проекте, а также обеспечивает возможность обращения в БД и отображения информации о созданных проектах;

- модуль этапов; модуль необходим для того, чтобы обращаться к БД для открытия справочной информации и создания непосредственно первого пункта в маршрутно-операционной карте; после завершения модуль передает информацию в БД и осуществляет связь между интерфейсом создания/редактирования этапов и БД; при необходимости он позволяет обращаться к БД для отображения созданных этапов и их сохранения;

- модуль оборудования; модуль используется для того, чтобы реализовывать выбор необходимого оборудования посредством обращения к БД и выводом информации в интерфейс пользователя; в модуле оборудования осуществляется редактирования и добавления актуальной информации;

- модуль операций; модуль позволяет отобразить информацию об операциях, сохранять и редактировать ее, а также осуществляет взаимосвязь с БД для сохранения новой информации и отображения необходимой;

- модуль переходов; модуль позволяет отображать информацию о переходах, сохранять и редактировать ее, а также осуществляет взаимосвязь с БД для сохранения новой информации и отображения уже имеющейся;

- модуль генерации отчетов; модуль позволяет генерировать отчеты, которые содержат в себе маршрутно-операционную карту, созданную на основе информации, созданной с помощью модулей проектов, этапов, оборудования, операций и переходов, а также отобразить ранее созданные маршрутно-операционной карты со всей необходимой информацией.

Для обеспечения дружелюбности интерфейса, основанного на минимизации и оптимизации интерфейса пользователя, разработана структура главного окна ПМ (рис. 3).

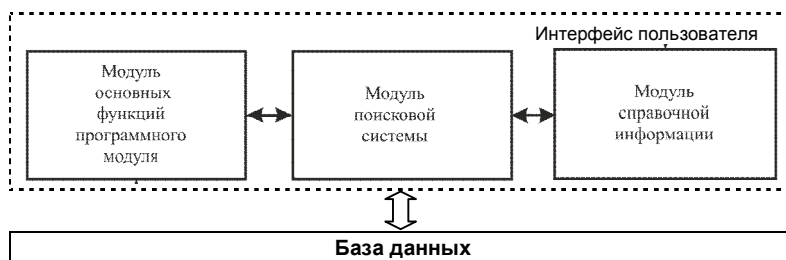


Рис. 3. Структура главного окна ПМ

Из структуры главного окна (рис. 3) видно, что она включает в себя следующие модули:

- модуль основных функций ПМ; модуль содержит в себе: модуль проектов и модуль администрирования, реализующие основные функции ПМ, которые позволяют сгенерировать отчет в виде маршрутно-операционной карты;
- модуль поисковой системы; модуль обеспечивает поиск в БД по созданным проектам, что облегчает проектирование новых маршрутно-операционных карт и позволяет оперативно использовать информацию о созданных проектах;
- модуль справочной информации; модуль отображает справочную информацию из БД, которая необходима для проектирования новой маршрутно-операционной карты; к справочной информации относится информация о назначении акселерометра, материале подложки, этапах, операциях, параметрах переходов, оборудовании, материале корпуса, типе корпуса, количестве осей акселерометра.

2. Разработка логической и физической модели базы данных для программного модуля автоматизированного проектирования технологического процесса МЭМС акселерометров

Особенностью проектирования сложных ТП МЭМС акселерометров является невозможность реализовать их без использования больших объемов информации (стандартов, параметров оборудования, материалов, этапов, параметров переходов, операций и т.д.). Вследствие чего принято решение разделить БД на накопительную и справочную. Логическая структура БД представлена на рис. 4.

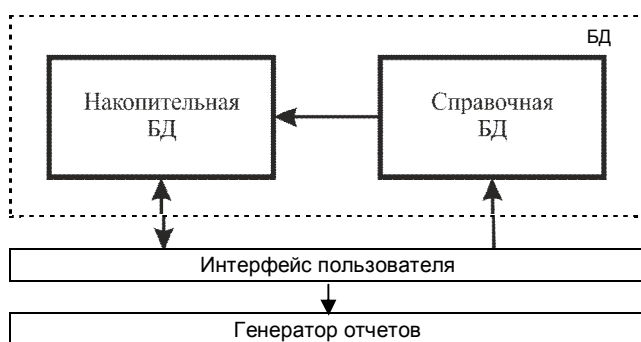


Рис. 4. Логическая структура БД

Накопительная БД предназначена для хранения информации, связанной с разработкой новых проектов МЭМС акселерометров, последовательности ТП и сопутствующей информации. Накопительная БД необходима для обеспечения накопления и хранения новой информации о проектах, а после для реализации ТП на производстве. Это позволит проводить анализ корректности рекомендуемого ТП ПМ и

своевременно обновлять актуальную информацию, что существенно сократит время разработки, анализа и оптимизации ПМ.

Справочная БД содержит в себе необходимую справочную информацию в виде стандартов, типовых ТП, в частности о последовательности ТП (его этапов и операций), оборудовании, материалах подложки, переходах.

Генератор отчетов позволит выводить всю необходимую конструкторскую документацию из накопительной БД.

Используя предложенный подход к построению БД, проведен анализ «сущностей» в информационном массиве, выделены последовательности связей, которые накладываются законами построения реляционных БД. В результате чего разработана физическая модель БД, которая содержит в себе 22 таблицы. На рис. 5 представлена физическая модель накопительной БД.

Физическая модель накопительной БД содержит в себе 6 таблиц, которые связаны между собой связью «один к бесконечности».

Таблица NAC_PROGECT является основной таблицей и предназначена для введения информации в такие поля: тип назначения акселерометра, материал акселерометра, информация о проекте, а также номер проекта.

Вспомогательная таблица NAC_ETAP предназначена для внесения информации в поле с именем этапа и ее идентификатором.

Вспомогательная таблица NAC_OBORUD предназначена для того, чтобы вносить информацию о наименовании оборудования, картинках оборудования и ее идентификаторе, который позволяет отобразить всю необходимую информацию из справочной БД.

На рис. 6 – 9 представлены основные 4 таблицы справочной БД.

Физическая модель справочной БД последовательности ТП акселерометра содержит в себе 5 таблиц, связанные между собой связью «один к бесконечности».

Основной таблицей является S_ETAP (рис. 6), которая содержит в себе идентификатор этапа, а также название этапа. Она связана с таблицей S_OBORUD, представляющая собой таблицу, хранящую название оборудования, изображение оборудования. Также имеются вспомогательные таблицы S_OPERAT, S_PEREHOD, S_PARAM, предназначенные для хранения информации об операциях ТП, о переходах ТП, а также необходимых и достаточных для успешного выполнения ТП параметрах.

Физическая модель справочной БД параметров корпуса акселерометра содержит в себе 5 таблиц, связанные между собой связью «один к бесконечности».

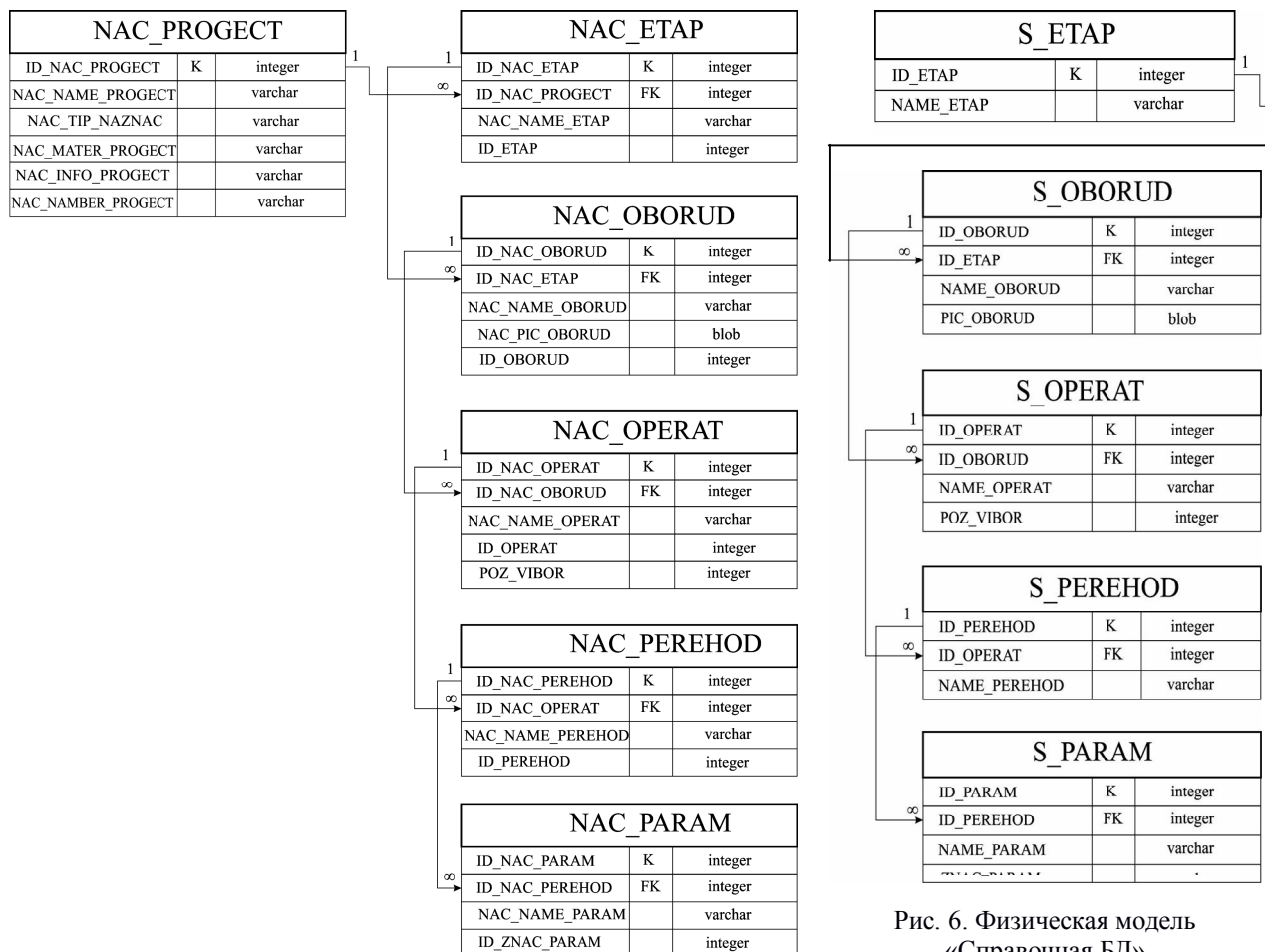


Рис. 5. Физическая модель «Накопительная БД»

Рис. 6. Физическая модель «Справочная БД» последовательности ТП

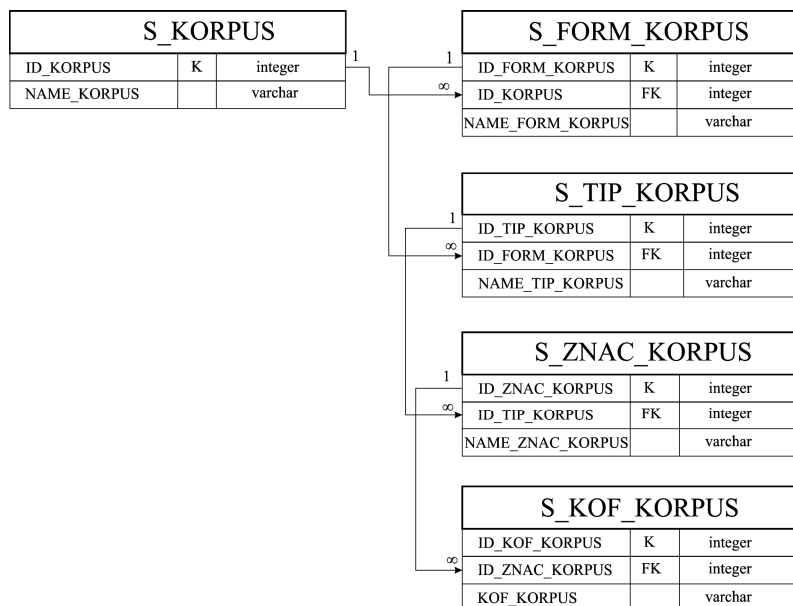


Рис. 7. Физическая модель «Справочная БД» параметров корпуса акселерометра

Рис. 8. ФМ «Справочная БД» материалов чувствительного элемента акселерометра

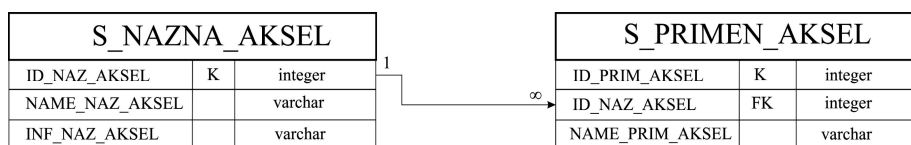


Рис. 9. Физическая модель «Справочная БД» назначения акселерометра

Основной таблицей является S_KORPUS (рис. 7), которая содержит в себе идентификатор корпуса акселерометра, а также название корпуса акселерометра. Она связана с таблицей S_FORM_KORPUS и представляет собой таблицу, хранящую название формы корпуса акселерометра. Также имеются другие вспомогательные таблицы, такие как: S_TIP_KORPUS, S_ZNAC_KORPUS, S_KOF_KORPUS, предназначенные для хранения справочной информации о форме корпуса акселерометра, о значении корпуса и параметрах корпуса акселерометра.

Физическая модель справочной БД материалов чувствительного элемента акселерометра содержит в себе 4 таблицы, связанные между собой связью «один к бесконечности». Основной таблицей является S_MATER (рис. 8), она содержит в себе информацию о названии материала и непосредственно информацию о материале. Таблица связана с таблицей S_TIP_MATER, которая является вспомогательной таблицей и содержит в себе информацию о типе материала. Также имеются другие вспомогательные таблицы, такие как S_PARAM_MATER и S_ZNAC_

MATER, предназначенные для хранения информации о параметрах материала и их значениях.

Физическая модель справочной БД назначения акселерометра содержит в себе 2 таблицы, связанные между собой связью «один к бесконечности». Основной таблицей является S_NAZNA_AKSEL (рис. 9), которая содержит в себе всю необходимую информацию о назначениях акселерометра и их наименовании. Таблица связана с таблицей S_PRIMEN_AKSEL, является вспомогательной таблицей и содержит в себе информацию о применении акселерометра для каждого типа назначения.

Разработанная логическая структура полностью соответствует основным законам создания реляционных БД и имеет минимальное количество связей. Это обеспечивает надежность и быстроту доступа к информации за минимальный промежуток времени с возможностью быстрого изменения и взаимного дополнения. Основываясь на предложенной структуре ПМ, а также физической и логической структуре БД, разработан интерфейс пользователя, представленный на рис. 10.

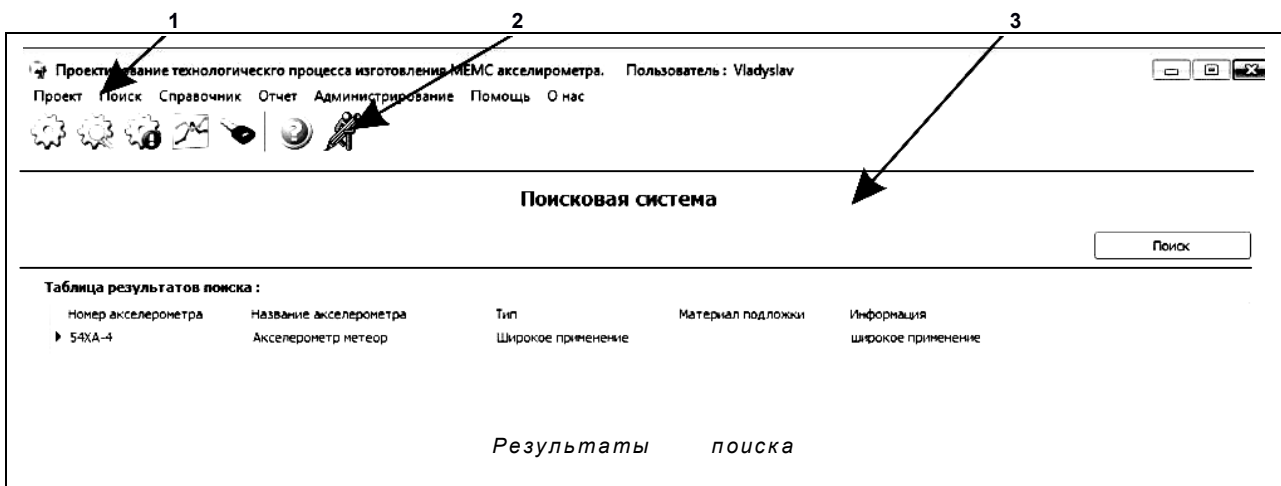


Рис. 10. Главное окно ПМ:

1 – выпадающие меню; 2 – меню кнопочного доступа; 3 –поисковая система

Выводы

Разработка ПМ для интеграции с помощью API функций в современные САПР являются сложной задачей, которая объединяет в себе не только знания в областях БД и построения интерфейса пользователя, а также в их интеграции, и адаптации в основе системы проектирования ТП МЭМС акселерометров. На базе проведенного анализа обоснована и выбрана БД FireBird, что дает возможность уменьшить стоимость ПМ без потерь возможности интеграции в САПР. Для удобства использования БД разделены на две логические части «Накопительную» и «Справочную», реализуя возможность проводить авторизацию доступа пользователя к той или иной информации, и уменьшая вероятность внесе-

ния лишней информации, не нарушая логической структуры связей внутри БД. Разработанная БД содержит 22 таблицы, которые позволяют хранить всю необходимую информацию для успешного проектирования ТП. Внешние связи между таблицами реализованы в виде связей «один к бесконечности», вследствие чего реализована возможность расширения БД и её адаптации под специфику предприятия, парка оборудования и его особенностей. Предложенная структура интерфейса пользователя и его программная реализация учитывает необходимость разработки дружественного интерфейса для таких ПМ с учетом их интеграции в оболочки САПР. Реализована расширенная система поиска в накопительной БД, и возможность добавления и редактирования справочной БД. В основе разработки ис-

пользовались ранее предложенные модели параметров МЭМС акселерометра, непосредственно влияющие на построение ТП, выбор модели акселерометров для поставленной задачи и параметров контроля, обеспечивающие мониторинг качества ТП на всех его этапах.

Таким образом, данный подход позволит построить маршрутно-операционные карты ТП МЭМС акселерометров, а также создать интеллектуальную систему. Такая система может обучаться в режиме реального времени при создании новых проектов, проводя анализ полученных результатов после реализации предложенного ТП и выявлять наилучшее его варианты. Это позволит реализовать автоматизированное проектирование ТП МЭМС акселерометров, что существенно ускорит процесс подготовки необходимой конструкторской документации при их изготовлении, а также позволит осуществлять проверку качества и адекватности выбранного построения ТП.

На основе полученных результатов разработан ПМ и получено авторское свидетельство [7].

Список литературы

1. Невлюдов, И.Ш. Анализ современных средств автоматизированного проектирования микроэлектромеханических систем [Текст] / И.Ш. Невлюдов, Е.Е. Евсеев, Я.О. Замирец, В.О. Бортникова // *Технология приборостроения : научно-технический журнал*. – 2014. – № 1. – С. 3-8 (47 с.).
2. Nevlyudov, I. Accelerometer parameters decomposition model for technological process design automation [Текст] / I. Nevlyudov, V. Yevsieiev, S. Miliutina, V. Bortnikova // *Вісник національного університету «Львівська політехніка». Збірник наукових праць*. – № 828 Серія: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 11-15 (91 с.).
3. Бортникова, В.О. Математическая модель акселерометра для разработки модуля САПР ТП [Текст] / В.О. Бортникова // 19-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь XXI века». Сб. материалов форума. Т. 1. – Харьков: ХНУРЭ, 2015. – С. 119-120 (209 с.).
4. Невлюдов, И.Ш. Анализ існуючих технологій виготовлення акселерометрів на основі технологій мікроелектромеханічних систем [Текст] / І.Ш. Невлюдов, Є.Є. Євсєєв, В.О. Бортнікова // XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів» Мат. конф. – Кременчук: КНУ ім. М. Остроградського, 2015. – С. 30-31 (158 с.).
5. Бортникова, В.О. Поверхностные технологии изготовления микроэлектромеханических акселерометров [Текст] / В.О. Бортникова // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2016. – С. 128-130 (276 с.).
6. Бортникова, В.О. Формализация входных и выходных параметров для автоматизации проектирования технологических процессов изготовления акселерометров [Текст] / В.О. Бортникова // 20-й Ювілейний Міжнародний молодіжний форум «Радиоэлектроника та молодь у XXI столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 2. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – С. 107-108 (192 с.).
7. Комп'ютерна програма «Автоматизована система проектування технологічного процесу виготовлення акселерометрів «AcSAM» / В.О. Бортнікова, І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.: Свід. про реєстр. авторського права на твір № 65348. – Зареєстр. в Держ. службі інтелектуальної власності України 16.05.2016 р.

Надійшла до редколегії 5.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв, В.О. Бортнікова

Для вирішення завдання автоматизованого проектування технологічного процесу виготовлення МЕМС акселерометрів необхідно розробити програмний модуль. З метою вирішення поставленого завдання спроектовано структуру програмного модуля, його алгоритм роботи, розроблена логічна структура бази даних, яка зможе забезпечити цілісність і збереження даних. В основі розробки використовувалися раніше запропоновані моделі параметрів МЕМС акселерометра, які безпосередньо впливають на побудову технологічного процесу. Даний підхід дозволить успішно побудувати маршрутно-операційні карти технологічного процесу виготовлення МЕМС акселерометрів. Внаслідок чого можливо буде реалізувати автоматизоване проектування технологічних процесів виготовлення МЕМС акселерометрів, що істотно прискорить процес підготовки необхідної конструкторської документації при їх виготовленні.

Ключові слова: технологічний процес, акселерометр, МЕМС, програмний модуль, автоматизація.

SOFTWARE MODULE DEVELOPMENT FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MEMS ACCELEROMETER AUTOMATED DESIGN

I.Sh. Nevlyudov, V.V. Yevsieiev, V.O. Bortnikova

It is necessary to develop a software module to solve problem of computer-aided technological process of manufacturing the MEMS accelerometer. In order to solve this problem software module structure, its operation algorithm, the logical structure of the database are designed, that could ensure data integrity and safety of. As the base of the module development previously proposed model MEMS accelerometer parameters was used. It directly affect the building technological process. This approach will enable the successful construction of methods and operation sheet of technological process of MEMS accelerometers design. The result is that it will be possible to implement computer-aided design of technological processes of MEMS accelerometers design that will significantly speed up the process of preparing the necessary engineering documentation in their manufacture.

Keywords: technological process, accelerometer, MEMS, software module, automation.

МЕТОДИКА РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕВИХ ЗАСОБІВ ЗІ СКЛАДУ ТАКТИЧНОЇ ГРУПИ ЗРВ ЗМІШАНОГО СКЛАДУ

Розглянуто методику рішення задачі призначення вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу, що дозволяє раціонально й ефективно використати різномірні й різноміснї об'єкти управління в умовах агресивного зовнішнього середовища.

Ключові слова: ефективність, автоматизована система управління, показник якості управління, економічна доцільність.

Постановка проблеми

Одним із пріоритетних напрямків розвитку Збройних Сил є вдосконалення систем управління військами й зброєю.

Найбільш швидким та раціональним шляхом, що дозволяє значно збільшити бойовий потенціал військ і підвищити ефективність застосування всіх видів зброї при існуючому складі, є використання автоматизованої системи управління (АСУ). При цьому необхідно відзначити, що в цей час спостерігається зростання значимості сил і засобів протиповітряної оборони (ППО), тому що вона є однією з головних складових у загальній системі заходів по забезпеченню готовності держави до захисту від збройного нападу, зокрема, від масованого ракетно-авіаційного удару.

Ефективність бойових дій угруповання ППО при відбитті повітряного удару істотно залежить від якості й оперативності прийнятих рішень по закріпленню об'єктів управління (ОУ) за повітряними цілями (для розглядаємого випадку - вогневі засоби ППО) [1, 2]. Системоутворюючим елементом угруповання ППО є АСУ, що представляє собою складну ергономічну організаційно-технічну систему мережної архітектури, що рознесена в просторі й працює в реальному масштабі часу.

Основною метою процесу підтримки прийняття рішення, реалізованого в АСУ, є забезпечення реалізації граничних бойових можливостей ОУ, а саме, вогневих засобів або засобів враження (ЗВ), угруповання ППО (тактичної групи ЗРВ змішаного складу) з урахуванням тактики дії противника. Ефективність прийнятих рішень визначається якістю інформації про повітряного супротивника [3], оптимальністю алгоритмів призначення вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу по повітряним цілям, своєчасністю й точністю постановки завдань ВЗ на знищення цілі [4]. В даній роботі розглянута методика призначення вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу.

Обґрунтування вихідних даних

У якості вихідних даних рішення задачі призначення вогневих засобів визначимо, що кожний вогневий засіб характеризується можливостями щодо враження по висоті H_{\min} й H_{\max} та дальності $D_{\text{бл}}$ й $D_{\text{дал}}$.

Дані характеристики визначають гарантований рубіж впливу (РВ) вогневого засобу, можливості обстрілу цілі по швидкості v й параметру S , імовірність враження цілі P , цикл стрільби $T_{\text{ц}}$. А відповідно кожна повітряна ціль характеризується: висотою польоту H , швидкістю $v_{\text{ц}}$, курсовим параметром S , підльотним часом досягнення у-ю повітряною ціллю рубежу впливу i -го ВЗ зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу $t_{\text{підл}i}$.

Тоді бойова робота ВЗ по повітряній цілі можливе при таких обмеженнях:

$$\begin{cases} H_{i\min} \leq H_{\text{ц}} \leq H_{i\max} & \text{— по висоті} \\ v_{\text{ц}} \leq v_{i\text{гран}} & \text{— по швидкості} \\ S_{\text{ц}} \leq S_{\text{цгран}} & \text{— по курсовому параметру} \\ t_{\text{підл}i} > T_{\text{ци}i\min} + t_{\text{зав}i(j-1)} & \text{— по підльотному часу,} \end{cases} \quad (1)$$

де $T_{\text{ци}i\min}$ — мінімальний цикл стрільби i -го ВЗ; $t_{\text{зав}i(j-1)}$ — час зайнятості i -го ВЗ на обстріл раніше призначеної $(j-1)$ -й цілі.

Основна частина

Зазначимо, що рішення задачі призначення вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного, здійснюване АСУ, що представляє собою формалізований варіант, який виконує функцію інтелектуальної підтримки прийнятих командиром рішень на бойові дії [1, 4, 5]. Сутність рішення даної задачі полягає у виявленні вогневих засобів, здатних із заданою ймовірністю знищити ціль на основі оптимізації обраного показника якості управління.

Тобто, по своїй суті, показник якості управління характеризує ступінь виконання тактичною групою ЗРВ змішаного складу поставленого завдання, що відповідає принципу вибору цільової функції, сформульованому академіком А.Н. Колмогоровим.

В якості показника якості управління, на наш погляд, доцільно використовувати показник, що характеризує відвернений збиток об'єкту оборони [], та визначається виходячи зі збитку, що наноситься противником об'єкту оборони який прикривається тактичною групою ЗРВ змішаного складу, і записується у вигляді

$$Q = \sum_{r=1}^R \left[C_r \cdot \left(\sum_{j=1}^N C_{jr} P_{jr}^{3Br} - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M C_{jr} P_{jr}^{3Br} P_{ij}^{3B} P_{ij}^{B3} m_{ij} \right) \right], \quad (2)$$

де C_r – важливість r -го окремого об'єкта оборони;
 $r \in \overline{1, R}$,

R – номери окремих об'єктів;

C_{jr} – ступінь небезпеки j -ї цілі для r -го об'єкта оборони;

та оборони;

P_{jr}^{3Br} – імовірність входження j -ї цілі в зону

небезпеки r -го об'єкта оборони;

P_{ij}^{3B} – імовірність входження j -ї цілі в зону

впливу i -го вогневого засобу;

P_{ij} – імовірність виконання бойового завдання

i -м вогневим засобом по j -й цілі;

N – кількість цілей;

M – кількість вогневих засобів;

m_{ij} – параметр управління, що характеризує

закріплення j -ї цілі за i -м вогневим засобом.

Математична модель, що відображає механізми вирішення зазначеної задачі може бути описана наступним виразом:

$$F_{B3}^* = \text{opt}(\{N\} \cup \{M\}, m_{ij}) = \max_{W_{BD}^* \in \{W\}} F_{B3}(W_{BD}^*),$$

де F_{B3}^* – показник якості управління у вигляді відверненого збитку об'єкту оборони;

$\{N\}$, $\{M\}$ – множини цілей і ВЗ відповідно;

F_{B3} – функція відверненого збитку;

W_{BD}^* – найкращий (раціональний) варіант розвитку бойових дій;

$\{W_{BD}\}$ – множина варіантів розвитку бойових дій.

При використанні F_{B3}^* , що враховує ступінь небезпеки цілі, варто використовувати критерій, що

характеризує нанесений збиток об'єкту по глибині проникнення цілей D_{pr} у зону небезпеки об'єкта, що визначається виразом

$$D_{pr} = \sum_{j=1}^N V_{uj} t_j^{3H},$$

де t_j^{3H} – час знаходження цілі j в зоні небезпеки об'єкта.

Мінімізація D_{pr} можлива шляхом мінімізації проникнення кожної цілі в зону небезпеки об'єкта. Це означає, що для знищення j -ї цілі необхідно призначити, той i -й вогневий засіб, подльотний час цілі до рубежу впливу якого є найменшим з урахуванням обмежень (1).

Оптимізація F_{B3}^* [5, 6] полягає в знаходженні таких значень параметрів управління m_{ij} , які обертають його у мінімум при наступних обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^M m_{ij} = 1 \quad (j = \overline{1, N}), \quad \sum_{j=1}^N m_{ij} = 1 \quad (i = \overline{1, M}), \quad (3)$$

які фактично визначають заборону зосередження вогню декількох вогневих засобів по одній повітряній цілі й призначення декількох цілей одному засобу відповідно.

F_{B3}^* задовольняє всім основним вимогам (має фізичну сутність, є функцією параметрів обстановки й параметрів управління, простий в обчисленнях), однак він не повною мірою задовольняє умовам сучасної війни й не враховує особливостей застосування масованого повітряного удару з широкомасштабним застосуванням БПЛА. Проведений аналіз свідчить, що для тактичної групи ЗРВ змішаного складу, що має у своєму складі різнотипні ВЗ, не існує алгоритмів які забезпечують їхній раціональний розподіл по повітряним цілям.

А алгоритми, що реалізовані в існуючих АСУ віддають перевагу ВЗ, що мають найбільші рубежі впливу й цикли стрільби, що приводить до пропуску низколетячих цілей і неоптимальній витраті боєзасу у групування ППО.

З метою реалізації потенційних можливостей різнорідних вогневих засобів тактичної групи ЗРВ змішаного складу необхідно їх замкнути в єдину АСУ ППО. При цьому раціональне рішення зазначеної задачі повинне носити багатофакторний характер і враховувати, крім імовірнісних характеристик, тип конкретного вогневого засобу [4, 5]. Тоді критерій оптимізації призначення вогневих засобів є багатофакторним (F) і враховує: ступінь важливості (небезпеки) цілі ($f_{C_{jr}}$), економічну доцільність обстрілу цілі визначеним вогневим засобом ($f_{U_{jr}}$),

цикл стрільби вогневого засобу ($f_{T_{B3}}^{C_{jr}}$) й підльотний час цілі до рубежу впливу вогневого засобу ($f_{T_{пдл jr}}^{C_{jr}}$).

У загальному виді багатофакторний критерій оптимізації може бути визначений наступним чином:

$$F = F(X) = \left\{ f_{C_{jr}}, f_{U_{jr}}, f_{T_{B3}}^{C_{jr}}, f_{T_{пдл jr}}^{C_{jr}} \right\}. \quad (4)$$

Формально оптимальне рішення \bar{X} має такий вигляд:

$$\bar{F} = \bar{F}(\bar{X}) = \underset{w_{bd}^* \in \{w_{bd}\}}{\text{opt}} F(X),$$

де F – оптимальне рішення інтегрального критерію; X – оптимальне рішення керованих параметрів.

При рішенні задачі призначення вогневих засобів локальні критерії є рівноважними, тому коефіцієнт відносної важливості кожного критерію можна не враховувати в процесі оптимізації.

В [7] зазначено, що для задач такого типу значення приватних показників критерію (4) являються собою елементи матриць.

Обмеженнями процесу оптимізації є:

- рівнозначність параметрів обстановки, тобто можливість участі в процесі призначення ВЗ всіх вогневих засобів, здатних знищити розглянуті цілі;
- визначення напрямку зміни параметрів оптимізації, з метою досягнення максимального відверненого збитку об'єкту оборони;
- попереднє ранжирування цілей противника по важливості, що дозволяє не пропустити найнебезпечніші цілі до об'єктів оборони.

Оскільки обстановка в ході протиповітряного бою постійно міняється, то рішення всіх задач управління повторюється періодично через певний проміжок часу (цикл рішення завдань управління). У кожному циклі послідовно здійснюється наступне.

1. Обробка радіолокаційної інформації про цілі, дані про яку надійшли на автоматизований командний пункт першими, у рамках якої визначається важливість цілі.

2. Формування матриці важливості (небезпеки) цілей $\|C_{jr}\|$.

3. Формування матриці цілерозподілу $\|A_{jr}\|$ [5].

4. Відбір вогневих засобів, здатних обстріляти цілі на основі $\|A_{jr}\|$.

5. Призначення вогневих засобів за визначеним критерієм.

Так вибір вогневого засобу з мінімальним циклом стрільби із числа відібраних по даній цілі з матриці $\|T_{C_{ij}}^{B3}\|$ при обмеженнях (3):

$$\min \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M T_{C_{ij}}^{B3} m_{ij} \quad (5)$$

Вибір вогневого засобу з мінімальним циклом стрільби виконується в інтересах підвищення ефективності поразки повітряних цілей за рахунок можливості кількаразового їхнього обстрілу з урахуванням короткочасності перебування повітряного противника в зоні вогню тактичної групи ЗРВ змішаного складу. Таким чином, з відібраних вогневих засобів, що задовольняють нерівності (1), тобто здатних обстріляти цілі, необхідно відібрати вогневі засоби з мінімальним циклом стрільби відповідно до виразу:

$$T_{C_{ij}}^{B3} = \min \{ T_{C_{відб ріж}}^{B3} \},$$

де $\{ T_{C_{відб ріж}}^{B3} \}$ – множина відібраних вогневих засобів по даній цілі, що мають свій цикл стрільби, обрахований згідно [4].

При наявності двох і більше вогневих засобів з однаково мінімальним циклом стрільби з матриці $\|T_{пдл jr}\|$ вибирається вогневий засіб, підльотний час цілі до рубежу впливу якого найменше при обмеженнях (3):

$$\min \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M T_{пдл jr}^{B3} m_{ij}. \quad (6)$$

При заданих обмеженнях показник (6) відповідає критерію Вальда [8], що реалізує досягнення гарантованого результату в самих несприятливих умовах.

У наступному циклі всі розрахунки повторюються у тому ж порядку і якщо буде потреба (наприклад, при маневрі цілей або з появою нових цілей) рекомендації з розподілу ВЗ коректуються.

Крім цього, за наявністю часу обробки даних, може бути обрахований показник “ефективність – вартість”. Його розрахунок здійснюється наступним чином: при заданих значеннях параметрів P_{ij}^{B3} (імовірність виконання бойового завдання по знищенню j -ї цілі i -м ВЗ у складі тактичної групи ЗРВ змішаного складу), параметрів P_{ij}^{B3} (імовірність входження j -ї цілі в зону впливу i -го ВЗ на відповідному РВ) необхідно знайти оптимальні рішення X_{ij} , які перетворюють у мінімум критерій $F_{НВ}$ витрат на знищення (економічна доцільності обстрілу i -м ВЗ j -ї цілі, при наявності альтернатив) і-м ВЗ j -ї цілі, що описується виразом:

$$F_{HB} = \min \sum_{j=1}^{N_{\text{відп}}} \sum_{i=1}^{M_{\text{відп}}} E_{дij} X_{jr}, \quad (7)$$

де $N_{\text{відп}}$ – кількість цілей, що виходять на РВ тактичної групи ЗРВ змішаного складу; $M_{\text{відп}}$ – кількість ВЗ здатних знищувати цілі на відповідному РВ; $E_{дij} = P_{ij}^{B3} P_{ij}^{B3} \hat{C}_{ij}$ – елементи матриці економічної доцільності обстрілу i -м ВЗ j -ї цілі; $P_{ij}^{B3} = P_{цвij} P_{врij}$; $P_{цвij}$ – імовірність призначення i -го ВЗ по j -й цілі, $P_{врij} = 1 - (1 - P_{цi}^1)^n$ – імовірність поразки i -м ВЗ j -й цілі за цикл стрільби; $P_{цi}^1$ з поразкою цілі однією ракетою; n – кількість ракет призначених на ціль для досягнення гарантованої ймовірності її поразки, не нижче 0,9; \hat{C}_{ij} – математичне сподівання вартості витрати ракет:

$$\hat{C}_{ij} = \sum_{j=1}^{N_{\text{відп}}} \sum_{i=1}^{M_{\text{відп}}} C_{цi} W_{ij}, \quad (8)$$

де $C_{цi}$ – нормоване значення вартості циклу стрільби i -го ВЗ щодо максимального значення; W_{ij} – число циклів стрільби i -го вогневого засобу по j -й цілі для її поразки з гарантованою ймовірністю не нижче 0,9; X_{ij} – параметр управління, що характеризує можливість обслуговування i -м ВЗ j -ї цілі,

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i\text{-й ВЗ здатен вразити } j\text{-ту ціль} \\ 3, \text{ з ймовірністю не нижче } 0,9 \\ 0, \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

Висновок

Використання запропонованої моделі підтримки прийняття рішення характеризується універсальністю застосування для рішення завдань призначен-

ня вогневих засобів зі складу тактичної групи ЗРВ змішаного складу (для оптимізації процесу вказаного процесу на АКП і АПУ тактичної групи ЗРВ змішаного складу всіх рівнів ієрархії); врахуванням важливості цілей, часових можливостей вогневих засобів у сукупності з їх бойовою ефективністю й економічною доцільністю по враженню цілей; можливістю своєчасної поразки високоточних засобів враження; здатністю ефективної реалізації пропонованого варіанта тактичної групи ЗРВ змішаного складу.

Реалізація наведеної моделі призначення вогневих засобів тактичної групи ЗРВ змішаного складу дозволить збільшити кількість автоматично розв'язуваних функцій при керуванні засобами ППО і їхнім угрупованням.

Список літератури

1. Кругликов С.В. Автоматизация процессов организационного управления силами и средствами. Минск, 2007.
2. Певцов Г.В., Печкін А.М., Нікіфоров І.А. Рекомендації щодо підвищення маневрених можливостей угруповання ЗРВ при здійсненні прикриття об'єктів та військ. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 4. – С. 46-49.
3. Кругликов С.В., Липатов А.А., Потетенко С.В. // Информационно - измерительные и управляющие системы. 2012. Т. 10, № 9. С.18–25.
4. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. – Воениздат. – 1991. – С. 343 ISBN 5-203-00265-7.
5. Кругликов С. В. // Сб. науч. ст. докторантів, ад'юнктів, здобувачів. 2008. № 14. С. 80-88.
6. Кругликов С. В., Кибалко И. П. // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. 2011. № 2 (31). С.66-74.
7. Кругликов С. В., Лемешевский С. Л. // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. 2010. №2 (27). С.32-38.
8. Г.Л. Бродецкий. Системный анализ в логистике, выбор в условиях неопределённости. Глава1. Максиминный критерий (ММ-критерий или критерий Вальда). – Москва: Academia, 2010. – С. 22. – 336 с.

Надійшла до редколегії 15.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. кожедуба, Харків.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАЗНАЧЕНИЕ ОГНЕВЫХ СРЕДСТВ ИЗ СОСТАВА ТАКТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ ЗРВ СМЕШАННОГО СОСТАВА

И.А. Никифоров

Рассмотрена методика решения задачи назначения огневых средств из состава тактической группы ЗРВ смешанного состава, что позволяет рационально и эффективно использовать разнородные и разнотипные объекты управления в условиях агрессивной внешней среды.

Ключевые слова: эффективность, автоматизированная система управления, показатель качества управления, экономическая до-целостность.

METHOD PROBLEM SOLVING PURPOSE FIREPOWER FROM A WAREHOUSE TASK FORCE ANTI-AIRCRAFT MISSILE TROOPS MIXED GLASS

I.A. Nikiforov

The method of solving the problem of the appointment of firepower from the Task Force ZRV do mixed glass, allowing rational and efficient use of diverse and different types control objects in an aggressive environment.

Keywords: efficiency, automated control system, Quality management, economic-to wholeness.

УДК 004.942

В.В. Онищенко

Державний університет телекомунікацій, Київ

УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ З ЗАВАДАМИ ІМПУЛЬСНОГО ТИПУ

У статті розглянуті можливості управління інформаційним потоком з завадами імпульсного типу.

Ключові слова: дискретно-неперервна динаміка, завада, дельта-функція Дірака, конфліктно-керований процес, інтеграл Ауманна.

Вступ

Для забезпечення високої якості обслуговування при впровадженні сучасних технологічних рішень у галузі телекомунікацій і надання високотехнологічних телекомунікаційних послуг потрібна наявність системи управління, яка дозволяє ефективно керувати мережею.

Розподілені (або Інтернет - базовані) інформаційні системи утворюються сучасні інформаційно-телекомунікаційні середовища колективного користування, різноманітні прикладні інформаційні системи, які працюють в глобальному середовищі, пошукові системи типу Google, засоби та технології доступу до віддалених інформаційних та обчислювальних ресурсів, системи публікації-підписки, тощо.

Системи розподіленої обробки даних в Intranet-мережі належать до найбільш прогресивних форм організації програмно-технічних засобів у вигляді продуктивного інформаційного середовища, вони базуються на технологіях паралельних і «хмарних» обчислень. Ефективність доступу користувачів значною мірою залежить від організації інформаційно-обчислювального середовища, в тому числі з використанням мережі Internet.

Постановка задачі. Основними завданнями розподіленої системи є організація ефективного доступу користувачів до інформаційних і програмних ресурсів, а також ефективна взаємодія як користувачів з ресурсами, так і різних видів ресурсів між собою.

Розробити модель та дослідити процеси в інформаційно-телекомунікаційних системах за допомогою конфліктно-керованих процесів на основі дискретно-неперервної динаміки.

Математична модель інформаційних потоків

Спробуємо описати процеси в інформаційно-телекомунікаційних системах за допомогою лінійної керованої динамічної системи.

Завдання прийняття рішення про найефективнішу управляючу дію в теорії інформації формулюється таким чином: знаючи цільовий стан об'єкту

управління, на основі його інформаційної моделі, визначити такі вхідні параметри, які з урахуванням передісторії і поточного стану об'єкту управління, а також впливу середовища, з найбільшою ефективністю переведуть його в цільовий стан, що характеризується вихідними параметрами.

Розглянемо спрощену ситуацію: інформація про функціонування телекомунікаційної мережі та двох її компонентів надходить до системи управління. В результаті обробки інформації, що надійшла до системи управління від об'єктів (елементів) управління, формується узагальнена інформаційна модель стану мережі телекомунікацій, на підставі якої визначаються рішення різного рівня і виконуються необхідні процедури управління.

Для опису цієї ситуації застосуємо лінійну керовану динамічну систему, еволюція якої описується рівнянням [1]

$$\dot{z} = Az + u - v, \quad z \in \mathbb{R}^m. \quad (1)$$

Тут A – квадратна матриця порядку m , $u = u(t)$ – керування першим інформаційним потоком P (переслідувача), $v = v(t)$ – керування другим інформаційним потоком E (утікача). Структура керувань потоками буде описана нижче в кожному з випадків.

Задача переслідувача полягає в тому, щоб, певним чином обираючи керування u , за скінченний час вивести траєкторію системи (1) на термінальну множину (тобто вузол, куди необхідно скерувати інформаційний потік). Задача утікача протилежна – уникнути зустрічі з термінальною множиною M^* .

Мета системи управління – скерувати перший інформаційний потік до відповідного вузла мережі, незважаючи на перешкоди другого потоку.

Керування інформаційним потоком з імпульсними завадами

Продовжимо дослідження [1]. Нехай тепер керування інформаційним потоком P являє собою вимірну функцію часу зі значеннями з компакта U ,

$U \subset \mathbb{R}^m$. Інформаційний потік E , в свою чергу, може впливати на систему (1) лише в моменти $\{\tau_i\}$ і його керування має імпульсний тип вигляду:

$$v(t) = \sum_{i=0}^{\infty} v_i \delta(t - \tau_i), \quad (2)$$

де вектори стрибків v_i належать деякому компактному V , $V \subset \mathbb{R}^m$. Згідно з [2] в даному випадку, як і в попередньому[1], розв'язок системи (1) при вибраних керуваннях потоків існує при будь-якій початковій умові $z_0 = z(0)$, він єдиний і абсолютно неперервний на інтервалах (τ_i, τ_{i+1}) , $i \in \mathbb{N} \cup \{0\}$.

Введемо функцію $n(t) = \max\{i \in \mathbb{N} \cup \{0\} : \tau_i \leq t\}$ і розглянемо множини

$$W_i(t, v) = \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \pi e^{A(t-\theta)} U d\theta - \pi e^{A(t-\tau_i)} v, \quad i = \overline{0, n(t)-1}, \quad (3)$$

$$W_{n(t)}(t, v) = \int_{\tau_{n(t)}}^t \pi e^{A(t-\theta)} U d\theta - \pi e^{A(t-\tau_{n(t)})} v, \\ W_i(t) = \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \pi e^{A(t-\theta)} U d\theta - \pi e^{A(t-\tau_i)} V, \quad i = \overline{0, n(t)-1}, \quad (4)$$

$$W_{n(t)}(t) = \int_{\tau_{n(t)}}^t \pi e^{A(t-\theta)} U d\theta - \pi e^{A(t-\tau_{n(t)})} V.$$

Інтеграл в означенні множин $W_i(t, v)$ і $W_i(t)$ слід розуміти як інтеграл Ауманна [2] від багатозначного відображення.

Позначимо $\mathcal{T} = \{t \geq 0 : W_i(t) \neq \emptyset, i = 0, \dots, n(t)\}$. Слід зауважити, що як правило $\tau_i \notin \mathcal{T}$ для всіх $i \in \mathbb{N} \cup \{0\}$, оскільки множини $W_i(\tau_i)$ непорожні тільки якщо множина πV складається з однієї точки.

Умова 1 Множина \mathcal{T} непорожня.

Для будь-якого моменту часу t , $t \in \mathcal{T}$, зафіксуємо набір векторів

$$\omega = \omega(t) = \{w_i(t) : w_i(t) \in W_i(t), i = 0, \dots, n(t)\}.$$

Покладемо

$$\xi(t, z, \omega) = \pi e^{A(t-\tau_0)} z + \sum_{i=0}^{n(t)} w_i(t). \quad (5)$$

Введемо функції

$$\tilde{\alpha}_i(t, z, v, \omega) = \sup\{\alpha \geq 0 : \alpha(M - \xi(t, z, \omega)) \cap (W_i(t, v) - w_i(t)) \neq \emptyset\}. \quad (6)$$

Позначимо

$$k = k(t, z, v, \omega) =$$

$$= \min \left\{ j \in \{0, \dots, n(t)\} : \sum_{i=0}^j \tilde{\alpha}_i(t, z, v, \omega) \geq 1 \right\}, \quad (7)$$

якщо нерівність у фігурних дужках не виконується при жодному j , $j \in \{0, \dots, n(t)\}$, покладемо $k = n(t) + 1$. Визначимо розв'язуючі функції

$$\alpha_i(t, z, v, \omega) = \begin{cases} \tilde{\alpha}_i(t, z, v, \omega), & i = 0, \dots, k-1, \\ 1 - \sum_{j=0}^{k-1} \tilde{\alpha}_j(t, z, v, \omega), & i = k, \\ 0, & i = k+1, \dots, n(t). \end{cases} \quad (8)$$

де $t \in \mathcal{T}$, $i = 0, 1, \dots, n(t)$, $z \in \mathbb{R}^m$, $v \in V$.

Можна показати, що якщо множина M опукла, то для визначених таким чином розв'язуючих функцій при $t \in \mathcal{T}$, $i = 0, 1, \dots, n(t)$, $z \in \mathbb{R}^m$, $v \in V$, $w_i(t) \in W_i(t)$, справедливі співвідношення

$$\alpha_i(t, z, v, \omega)(M - \xi(t, z, \omega)) \cap (W_i(t, v) - w_i(t)) \neq \emptyset. \quad (9)$$

Доведення цього твердження проводиться аналогічно доведенню леми 1 в [1]. При цьому для доведення опуклості множин $W_i(t, v)$ слід використовувати той факт, що інтеграл від рівномірно обмеженого компактозначного відображення являє собою опуклий компакт (теорема Ауманна [3]).

Розглянемо множину

$$T(z, \omega) = \left\{ t \in \mathcal{T} : \sum_{i=0}^{n(t)} \inf_{v \in V} \alpha_i(t, z, v, \omega) = 1 \right\}. \quad (10)$$

Якщо рівність у фігурних дужках не виконується при жодному $t \in \mathcal{T}$, покладемо $T(z, \omega) = \emptyset$.

Теорема 1. Якщо для системи (1) при імпульсному керуванні інформаційним потоком E (2) виконана умова 1, $\tau_i \notin \mathcal{T}$ для всіх $i \in \mathbb{N} \cup \{0\}$, множина M опукла, для початкового стану z_0 і набору ω множина $T(z_0, \omega)$ непорожня, то для будь-якого $T \in T(z_0, \omega)$ траєкторія системи (1) може бути приведена з початкового стану z_0 на термінальну множину в момент T .

Доведення. Позначимо $N = n(T)$ і зафіксуємо певний набір векторів-стрибків $\{v_i\}$.

Припустимо спочатку, що $\xi(T, z_0, \omega) \notin M$. Позначимо $K = k(T, z_0, v, \omega)$, тоді згідно з (7), (8)

$$\sum_{i=0}^K \alpha_i(T, z_0, v_i, \omega) = 1.$$

Нехай $K = N$. Тоді на інтервалах $[\tau_i, \tau_{i+1})$, $i = 0, 1, \dots, K-1$, будемо вибирати керування переслідувача таким чином, щоб виконувались включення

$$\int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_i)} v_i - \quad (11)$$

$$-w_i(T) \in \alpha_i(T, z_0, v_i, \omega)(M - \xi(T, z_0, \omega)),$$

а на відрізку $[\tau_K, T]$ – так, щоб було справедливе включення

$$\int_{\tau_K}^T \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_K)} v_K - w_K(T) \in \quad (12)$$

$$\in \alpha_K(T, z_0, v_K, \omega)(M - \xi(T, z_0, \omega)).$$

В силу співвідношення (9) і умови 1 ці включення мають вимірні розв'язки. Якщо ж $K < N$, то на інтервалах $[\tau_i, \tau_{i+1})$, $i = 0, 1, \dots, K$ будемо вибирати керування інформаційним потоком P так, щоб виконувались співвідношення (11), а на інтервалах $[\tau_i, \tau_{i+1})$, $i = K + 1, \dots, N - 1$, в якості керування інформаційним потоком P візьмемо розв'язок рівнянь Фредгольма I-го роду:

$$\int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_i)} v_i = w_i(T). \quad (13)$$

На відрізку $[\tau_N, T]$ виберемо в якості керування інформаційним потоком P розв'язок інтегрального рівняння Вольєрра I-го роду:

$$\int_{\tau_N}^T \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_N)} v_N = w_N(T). \quad (14)$$

В силу включень $w_i(T) \in W_i(T)$, $i = 0, \dots, N$, з умови 1 випливає, що рівняння (13), (14) мають вимірні розв'язки.

З формули Коші для системи (1) і властивостей дельта-функції випливає представлення (15):

$$\begin{aligned} \pi z(T) &= \pi e^{A(T-\tau_0)} z_0 + \\ &+ \sum_{i=0}^{N-1} \left(\int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_i)} v_i \right) + \\ &+ \int_{\tau_N}^T \pi e^{A(T-\theta)} u(\theta) d\theta - \pi e^{A(T-\tau_N)} v_N. \end{aligned}$$

Додамо і віднімемо з правої частини рівності (15) таку величину

$$\sum_{i=0}^N w_i(T).$$

Тоді, враховуючи закони вибору керування переслідувачем (11)–(14), а також опуклість множини M , дістаємо включення:

$$\pi z(T) \in \xi(T, z_0, \omega) +$$

$$+ \sum_{i=0}^K \alpha_i(T, z_0, v_i, \omega)(M - \xi(T, z_0, \omega)) = M, \quad (16)$$

звідки безпосередньо випливає, що $z(T) \in M^*$.

Нехай тепер $\xi(T, z_0, \omega) \in M$. На інтервалах $[\tau_i, \tau_{i+1})$, $i = 0, 1, \dots, N - 1$ будемо вибирати в якості керування переслідувача розв'язки рівнянь (13), а на відрізку $[\tau_N, T]$ – розв'язок рівняння (14). В результаті, враховуючи формулу (16), одержимо $\pi z(T) = \xi(T, z_0, \omega) \in M$ або $z(T) \in M^*$.

Висновок

Запропонована математична модель для опису процесів в інформаційних системах. Створено метод дослідження ігрових задач для систем з імпульсним впливом, де керування одного або кількох потоків адитивно включає узагальнені функції (дельта-функцію Дірака). Окремо розглянуто випадок коли завади мають імпульсний тип. Випадок двох інформаційних потоків в подальшому планується розширити на n та змоделювати відповідні процеси.

Список літератури

1. Онищенко В.В. Управління інформаційною системою з дискретно-неперервною динамікою / В.В. Онищенко // Системи управління, навігації та зв'язку: Збірник наукових праць. – Полтава : ПолтНТУ – 2015. – Вип. 2 (34). – С. 51–53.
2. Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью / А.Ф. Филиппов. – М.: Наука, 1985. – 224 с.
3. Кривонос, Ю.Г. Динамические игры с разрывными траекториями / Ю.Г. Кривонос, И.И. Матичин, А.А. Чикрий. - К.: Наукова думка, 2005. – 220 с.

Надійшла до редколегії 25.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ С ПОМЕХАМИ ИМПУЛЬСНОГО ТИПА

В.В. Онищенко

В статье рассмотрены возможности управления информационными потоками с помехами импульсного типа.

Ключевые слова: дискретно-непрерывная динамика, помеха, дельта-функции Дирака, конфликтно-управляемый процесс, интеграл Ауманна.

CONTROL OF INFORMATION SYSTEMS WITH DISTURBANCES OF IMPULSE TYPE

V.V. Onyshchenko

Possibilities for control of information systems with disturbances of impulse type are treated in the paper.

Keywords: discrete-continuous dynamics, disturbance, Dirac delta function, conflict controlled process, Aumann integral.

УДК 656.7.022

А.С. Пальоний

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград

РОЗРОБКА МЕТОДУ І МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

Стаття присвячена проблемі підвищення ефективності професійної підготовки авіадиспетчерів за рахунок вдосконалення системи критеріїв оцінки, розробки методу, моделей і алгоритмів оцінки їх дій. Запропонований метод комплексної оцінки дій авіадиспетчерів на основі трьохрівневої ієрархічної моделі діяльності авіадиспетчера, побудований на засадах мультиагентного підходу. Наведені приклади моделей ідентифікації помилок авіадиспетчерів, що складаються з діаграм послідовності подій і дерев помилок за відповідними критеріями оцінки. Подані моделі і алгоритми автоматизованої оцінки дій авіадиспетчерів виступають основою концептуального проектування і програмної реалізації інтелектуальних модулів системи підтримки прийняття рішень інструктора тренажеру управління повітряним рухом.

Ключові слова: авіадиспетчер, методи оцінки діяльності, мультиагентні системи, моделі помилок, система підтримки прийняття рішень.

Вступ

Впровадження сучасних автоматизованих систем керування повітряним рухом (АС КПр) і новітніх технологій в галузі зв'язку, навігації та спостереження (CNS/ATM), розвиток системи організації повітряного руху, застосування нових методів і технологічних процедур організації повітряного руху на фоні значного зростання інтенсивності польотів, висувають підвищені вимоги до авіадиспетчерів.

На органи управління повітряним рухом (УПр) покладаються завдання із забезпечення безперервного ефективного обслуговування повітряного руху (управління ним) та забезпечення безпеки польотів. Успішне виконання цих завдань авіадиспетчером здебільшого залежить від набутого ним рівня професійних знань, вмінь і навичок (ЗВН) та їх реалізації в реальних умовах на робочих місцях. Тому дуже важливу роль відіграє розробка методу і моделей оцінки дій авіадиспетчерів з метою їх застосування для контролю рівня їх професійної підготовки, як на тренажерах УПр, так і на підприємстві. Одним з найважливіших завдань оцінки рівня компетентності авіадиспетчерів є отримання достовірних та обґрунтованих результатів навчання. Існуюча система оцінювання дій авіадиспетчерів на тренажерах УПр і на робочих місцях, що базується на висновках інструкторів (експертів), не є достатньо об'єктивною, тому, що залежить від рівня їх професіоналізму, досвіду, моральних якостей та психофізіологічних особливостей. Другою проблемою є відсутність чіткої, деталізованої та всебічної системи критеріїв оцінки дій авіадиспетчерів, яка б характеризувала діяльність авіадиспетчерів на різних рівнях технологічної структури їх діяльності (на рівні технологічних процедур, операцій і елементів) в кількісному представленні.

Оцінці впливу людського фактору на надійність (HRA – Human Reliability Assessment) приділялося

багато уваги в 70-80-х рр., коли з'явилась велика кількість різних методів HRA (Stager & Hameluck, Rouse & Rouse, Rasmussen, Reason, Embrey, Norman, Jones & Endsley, Williams & Munley та ін.). У вітчизняній науці питання професійного відбору, моделювання задач і автоматизації оцінки дій авіадиспетчерів розглядалися В.М. Затонським, Г.А. Крижановським, С.М. Неділько, М.М. Сухих, В.П. Харченко та іншими [1-3].

Запропонований Євроконтролем новий HRA-метод включає в себе застосування набору взаємопов'язаних моделей, за допомогою яких можливо ідентифікувати і класифікувати помилки, що припускають авіадиспетчери протягом виконання вправи на тренажері УПр. Ключовою моделлю для ідентифікації та класифікації помилок у їх методі виступає модель вибору оператора (ОСМ – Operator Choice Model). ОСМ послідовно описує, які певні події можуть мати місце протягом реалізації вправи на тренажері. Ця модель охоплює обидва рішення: правильні і «неправильні» для реєстрації того, як помилки виникають, поширюються і корегуються [2].

З аналізу цих методів стає зрозумілим, що більшість з них, або не призначаються саме для моделювання діяльності та помилок авіадиспетчерів, а тому не дозволяють адекватно ідентифікувати помилки під час УПр, або є занадто загальними і не достатньо розробленими на рівні моделей та алгоритмів для реалізації відповідних оцінюючих програм. Більшість з розглянутих методів не дозволяють визначати *причини і закономірності* виникнення помилок під час УПр, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між помилками та відповідними подіями-наслідками. Окрім того, багатьом існуючим методам властива вузькість розгляду сторін і параметрів діяльності авіадиспетчера, тобто відсутнє застосування *комплексного підходу* щодо їх аналізу та оцінки.

Застосування автоматизованих засобів реєстрації, аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів та їх ком-

плексна реалізація в якості системи підтримки прийняття рішення (СППР) для інструктора тренажера (експерта регіонального структурного підрозділу Укрероруху), дозволило б знизити вплив людського фактору на результати оцінки ЗВН авіадиспетчерів. Це стає можливим завдяки наданню інструктору тренажера (експерта) документованого звіту, який містить результати первинного аналізу дій авіадиспетчерів. Враховуючи сукупність кількісних показників діяльності авіадиспетчера, що надаються автоматизованою системою, та ведучи власні спостереження, інструктор (експерт) виводить підсумкову якісну оцінку діям диспетчера УПР.

Таким чином, метою даного дослідження є підвищення ефективності професійної підготовки диспетчерів УПР за рахунок вдосконалення системи критеріїв оцінки, розробки моделей, методів і алгоритмів оцінювання їх дій.

Постановка завдань дослідження

Зазначена мета досягається розробкою та застосуванням інтелектуальних модулів у складі СППР та здійснюється вирішенням таких завдань:

- аналіз існуючих підходів щодо оцінки діяльності авіадиспетчерів та методів їх реалізації на тренажерах УПР і виробництві;
- визначення та обґрунтування технологічної структури діяльності авіадиспетчера, за окремими типовими елементами якої здійснюється автоматизований аналіз і оцінка дій диспетчера;
- розробка та обґрунтування системи критеріїв автоматизованого оцінювання дій авіадиспетчерів;
- розробка моделей і алгоритмів оцінювання дій авіадиспетчерів;
- розробка системи підтримки прийняття рішень інструктора тренажеру УПР (експерту РСП).

Предметом дослідження виступають моделі і алгоритми, за допомогою яких здійснюється аналіз і оцінювання дій авіадиспетчерів на тренажерах УПР та виробництві.

Розробка методу і моделей оцінювання дій авіадиспетчерів

У своїй роботі авіадиспетчер керується посадовими і робочими інструкціями, що регламентують умови та послідовність виконання технологічних операцій у складі відповідних технологічних процедур для вирішення різноманітних ситуацій у повітряному русі. При цьому, авіадиспетчер виконує *півні професійні завдання*, що конкретизують мету його професійної діяльності у вигляді загальних напрямів його роботи: забезпечення відповідних видів обслуговування повітряного руху (ОПР), управління використанням повітряного простору, організація потоків повітряного руху тощо. Проблема ситуація, що виникає під час ОПР, відповідає певній технологічній

процедурі та виступає «пусковим механізмом» для застосування авіадиспетчером відповідних заходів для її вирішення. *Проблемна ситуація* під час безпосереднього УПР уявляє собою сукупність обставин (умов), які порушують задане функціонування керованої системи, і потребують від авіадиспетчера прийняття рішення щодо нормалізації ситуації.

Отже, для визначення типових технологічних одиниць діяльності (ТОД), які підлягають реєстрації, аналізу і оцінки, нами вперше була розроблена **трьохрівнева ієрархічна модель діяльності** авіадиспетчера, що будується за принципом меронімії типових технологічних одиниць (рис. 1), а саме:

1. *Технологічні процедури* (ТП) – упорядкована сукупність технологічних операцій, виконанням яких вирішується певна типова ситуація у повітряному русі (у тому числі, ситуація проблемного характеру). ТП виступає структурно-функціональною одиницею професійного завдання певного типу, тобто реалізацією відповідних ТП авіадиспетчером забезпечується вирішення певного професійного завдання.

2. *Технологічні операції* (ТО) – це окремі диспетчерські дозволи, вказівки, блоки інформаційних елементів, координаційні повідомлення, що входять до складу відповідної технологічної процедури.

3. *Технологічні елементи* (ТЕ) – елементарна неділима складова будь-якої технологічної операції, уявляє собою найнижчий рівень діяльності авіадиспетчера. Саме ТЕ підлягають безпосередній реєстрації. В залежності від способу дії (мовна вказівка чи взаємодія авіадиспетчера з АС КІР), слід розрізняти такі технологічні елементи:

– *інформаційні ТЕ* – фразеологічні елементи, з яких складаються будь-які диспетчерські дозволи і вказівки, консультаційні, інформаційні та координаційні повідомлення;

– *поведінкові ТЕ* – елементарні практичні акти при взаємодії авіадиспетчера з АС КІР, зокрема з підсистемою планової інформації.

Найвище місце у декомпозиції діяльності авіадиспетчера займають технологічні процедури, асоційовані з типовими ситуаціями у повітряному русі, кожна з яких уявляє собою сукупність технологічних операцій, які упорядковані за послідовністю їх виконання. Кожна операція складається з упорядкованої сукупності типових інформаційних елементів повідомлень щодо ОПР і елементарних актів з введення даних до АС КІР. Саме технологічні елементи як неділимі одиниці найнижчого рівня декомпозиції діяльності авіадиспетчера підлягають безпосередній реєстрації. Оцінки виконання ТЕ за відповідними критеріями виступають основою для виводу підсумкової оцінки виконання авіадиспетчером вправи.

Запропонована модель дозволяє здійснювати детальний і всебічний аналіз дій авіадиспетчерів з позиції комплексного підходу з застосуванням удоско-

наленої системи критеріїв оцінки. *Комплексний підхід*, на якому ґрунтується розроблений метод оцінки діяльності авіадиспетчерів, передбачає отримання детальної інформації про помилки та оцінки авіадис-

петчера у відповідності з етапами прийняття рішень щодо вирішення певної проблемної ситуації. Аналіз дій авіадиспетчерів, згідно цього підходу, охоплює собою такі сторони діяльності диспетчера, як:

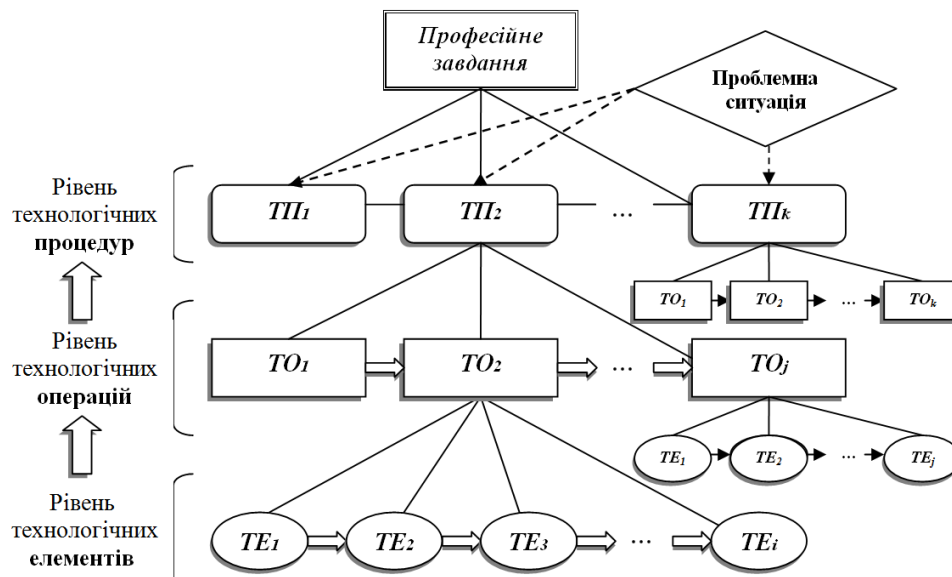


Рис. 1. Рівні діяльності авіадиспетчера

- реакція на проблемну ситуацію;
 - розташування за пріоритетами звертання до одночасно існуючих проблем у повітряному русі;
 - прийняття рішення щодо вирішення проблемної ситуації;
 - виконання дій щодо вирішення проблемної ситуації (аналізується процедурна, технологічна і фразеологічна правильність дій на відповідних рівнях структури діяльності авіадиспетчера);
- реалізація обраної стратегії керування.

Система критеріїв оцінки дій авіадиспетчерів, що була нами розвинута, дозволяє чітко викреслити та відокремити кількісно-якісні показники їх діяльності відповідно до визначеного рівня ієрархії технологічних одиниць. Ґрунтуючись на цій системі критеріїв, забезпечується комплексне оцінювання дій авіадиспетчера завдяки отриманню сукупності кількісних показників на кожному рівні ієрархії технологічних одиниць і виводом комплексної оцінки виконання вправи диспетчером (роботи на протязі зміни) [4]. Отримані дані сприяють виводу достовірної підсумкової оцінки дій авіадиспетчера і дають можливість формувати, на їх основі, більш точний і детальний прогноз щодо динаміки зміни рівня розвитку конкретних груп навичок авіадиспетчера за відповідними технологічними процедурами і операціями. Для представлення критеріїв оцінки в структурованому вигляді та їх зв'язків з відповідними рівнями ТОД авіадиспетчера використовується система взаємопов'язаних фреймів, що утворюють собою логіко-семантичну мережу. На підставі базових критеріїв оцінки формується сукупність часткових критеріїв, що властива відповідній технологічній процедурі,

операції, елементу. У зв'язку з цим розроблена 4-х етапна процедура визначення сукупності часткових критеріїв автоматизованої оцінки. Зазначена процедура складається з таких етапів, як формування сукупності часткових критеріїв з числа базових критеріїв, аналіз цільової сторони ТП, аналіз змістовної частини ТП та аналіз часової складової виконання ТО. Результатом виконання процедури призначення часткових критеріїв оцінки ТОД виступає їх множина у вигляді сукупності:

$$M_{kN} = M_1^{TP} + M_2^{TO} + M_3^{TE} \quad (1)$$

де $M_1^{TP} \equiv \overline{CI} \cup \overline{TI} \cup \overline{CP} \cup \overline{OM} \cup \overline{RS} \cup \overline{RE} \cup \overline{RC}$ - підмножина часткових критеріїв оцінки виконання k-ї ТП; $M_2^{TO} \equiv \overline{CO} \cup \overline{SO} \cup \overline{TP} \cup \overline{EO}$ - підмножина часткових критеріїв оцінки виконання j-х ТО; $M_3^{TE} \equiv \overline{CE} \cup \overline{SE} \cup \overline{AE} \cup \overline{EE}$ - підмножина часткових критеріїв оцінки виконання i-х ТЕ.

В основу запропонованого нами **методу комплексного оцінювання діяльності** авіадиспетчерів покладений алгоритм комплексної оцінки дій авіадиспетчерів, що базується на ідеології мультиагентних систем (МАС) [5]. Застосування МАС дозволяє реалізувати процедуру комплексної оцінки діяльності авіадиспетчерів за рахунок розподіленого управління аналізом і оцінки правильності виконання всіх її складових. Доцільність використання МАС пов'язано з наявністю ієрархічної структури критеріїв оцінки (агентів) та їх послідовною взаємодією в процесі оцінювання в залежності від проміжних результатів оцінки за відповідними критеріями. Іншими словами, кожний з агентів в цій системі – незалежна програмна

сутність, що здійснює оцінку дій авіадиспетчера за певним критерієм, та наділена функцією цілеспрямування, яка знаходить вираз у послідовній активації агентів в залежності від поточного результату оцінки кожним з агентів.

Оцінююча кооперативна мультиагентна система має деліберативну архітектуру простих рефлексивних агентів з децентралізованим управлінням. Склад агентів, що оцінюють дії авіадиспетчера, диференційований за рівнем ієрархії технологічних одиниць діяльності, та відповідає сукупності базових критеріїв оцінки, що застосовуються на певному рівні. Кожний з агентів оцінює дії авіадиспетчера за відповідним критерієм тільки на підставі поточного акту сприйняття, та використовує тільки точне представлення про предметну область в символічному вигляді. Формально всі логічні схеми оцінки зводяться до формування висновків щодо правильності (безпомилковості) дій авіадиспетчера як результату зіставлення цих дій з моделлю помилок за відповідним критерієм.

Узагальнений алгоритм аналізу дій авіадиспетчерів реалізує «контрактну систему» керування процесом оцінки, передбачає розподіл вирішення завдань комплексної оцінки діяльності авіадиспетчерів між агентами відповідного рівня. Для визначення помилок і проведення оцінювання за відповідними критеріями оцінки на всіх рівнях структури діяльності застосовується принцип «паралелізму».

Виявлення помилок авіадиспетчерів здійснюється зіставленням моделі «фактичних дій авіадиспетчера» зі сформованою моделлю «помилки» або моделлю «оптимальних дій» (в залежності від типу критерію оцінки). При виявленні невідповідності між цими моделями фіксується припущення авіадиспетчером помилки певного типу. При цьому результат виконання оцінюючих правил за певним частковим критерієм оцінки визначається згідно бінарної шкали 0-1 («1» – у випадку припущення помилки за відповідним критерієм оцінки; «0» – навпаки).

На кожному рівні оцінки верхівкою мережі агентів виступають оцінюючі агенти, які аналізують безпомилковість реагування на проблемну ситуацію авіадиспетчером та виконання ним відповідних дій щодо її вирішення: CI_k , CO_{jk} і CE_{ij} . За результатами аналізу, що здійснюють ключові агенти, визначаються можливість і доцільність подальшого оцінювання за іншими критеріями, тобто умови застосування того чи іншого алгоритму при вирішенні задачі комплексного оцінювання дій авіадиспетчера. Так, при відсутності реакції диспетчера на проблемну ситуацію, а також при невиконанні ним необхідних або виконанні зайвих дій (ТО) та їх складових (ТЕ), аналіз дій авіадиспетчера завершуються фіксацією помилок і виводом оцінок за критеріями безпомилковості, які властиві відповідному рівню структури діяльності авіадиспетчера. Критерій оперативності виконання

ТО (EO_{jk}) відноситься до групи критеріїв умовного застосування: призначається для оцінки таких ключових ТО, від швидкості виконання яких залежить успіх реалізації відповідної процедури в умовах дефіциту часу на прийняття рішення. У випадку не своєчасного виконання диспетчером необхідних ТО, аналіз оперативності їх виконання не проводиться, оскільки втрачає сенс. Аналогічно, у випадку негативних наслідків вирішення (не вирішення) проблемної ситуації авіадиспетчером з точки зору безпеки польотів, оцінка результатів дій за критеріями ефективності взаємодії та забезпечення економічності польотів не виконується. При виконанні зайвої ТО чи ТЕ, аналіз послідовності їх виконання не проводиться, оскільки такі технологічні одиниці не є частиною нормативної структури діяльності авіадиспетчера.

В рамках запропонованого методу оцінки розроблені **моделі оцінки діяльності** авіадиспетчерів за трьома критеріями оцінки. Для ідентифікації помилок авіадиспетчерів застосовуються «моделі помилок», за допомогою яких визначаються *безпомилковість* виявлення проблемних ситуацій, *своєчасність* реагування на них авіадиспетчером та результати їх вирішення з позиції забезпечення безпеки польотів [6, 7].

Удосконалені моделі оцінки дій авіадиспетчерів ґрунтуються на загальній причинно-наслідковій моделі ризику. Її використання дозволяє визначати причинно-наслідкові зв'язки між помилкою (ланцюжком помилок), припущених авіадиспетчером під час УПР і авіаційною подією. На відміну від існуючих, що застосовуються з метою аналізу можливостей зниження рівня ризику в авіаційній транспортній системі, запропоновані моделі застосовуються саме для ідентифікації припущених авіадиспетчером помилок під час УПР. Розроблені моделі виявлення помилок авіадиспетчерів складаються з діаграм послідовності подій (ДПП) і дерев помилок за відповідними критеріями оцінки. ДПП являють собою різні сценарії авіаційних подій на найзагальнішому рівні моделей, а дерева помилок пов'язують помилки авіадиспетчера з ключовими авіаційними подіями, які були ними викликані [8, 9]. Дерева помилок охоплюють собою дві загальні групи помилок: помилки виконання/не виконання необхідних дій у певній проблемній ситуації та помилки виконання непотрібних (зайвих) дій. Спільне застосування ДПП і дерев помилок дозволяє визначати причинно-наслідкові зв'язки між помилкою (ланцюжком помилок) та відповідною авіаційною подією, і таким чином враховувати закономірності припущення помилок авіадиспетчером під час вирішення проблемних ситуацій певного типу (рис. 2). За допомогою дерев помилок здійснюється декомпозиція помилок авіадиспетчерів з чітким визначенням умов їх ідентифікації та забезпечується можливість відстеження шляхів припущення помилок. В основі дерев помилок лежить ряд базових подій, спільне

виконання яких дозволяє ідентифікувати типові помилки авіадиспетчера за відповідним критерієм оцінки. До таких ключових подій відносяться:

- помилки авіадиспетчера з виконання ним окремих дій в рамках критерію оцінки, що моделюється за допомогою дерев помилок: наприклад, «авіадиспетчер не надав вказівки для забезпечення (відновлення) ешелонування», «диспетчер надав вказівку для забезпечення ешелонування несвоєчасно» тощо;
- зовнішні події або ситуації: «два повітряних судна (ПС) знаходяться на конфліктних курсах», «диспетчеру надано сповіщення STCA», «спрацювала TCAS RA (рекомендація з вирішення загрози зіткнення ПС) на борту» тощо.

Моделювання помилок авіадиспетчерів проводиться у сфері їх діяльності з попередження зіткнень ПС у повітряному просторі. Успішність вирішення потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС) насамперед залежить від адекватного і своєчасного реагування на них авіадиспетчером, тому був зроблений акцент на розробці моделей помилок авіадиспетчера за критеріями «безпомилковості виявлення проблемної ситуації», «своєчасності реагування на проблемну ситуацію» та «результативності застосування обраної стратегії керування з позиції безпеки польотів». На рис. 3 наведений приклад подання ДПП при наявності ПКС, що застосовується для аналізу помилок за вище згаданими критеріями оцінки.

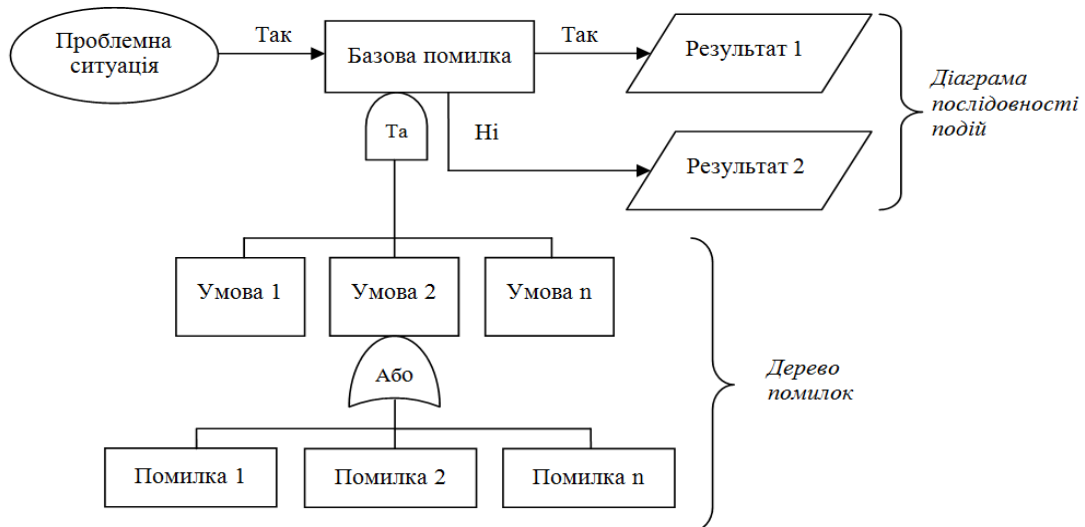


Рис. 2. Узагальнена модель помилок авіадиспетчера

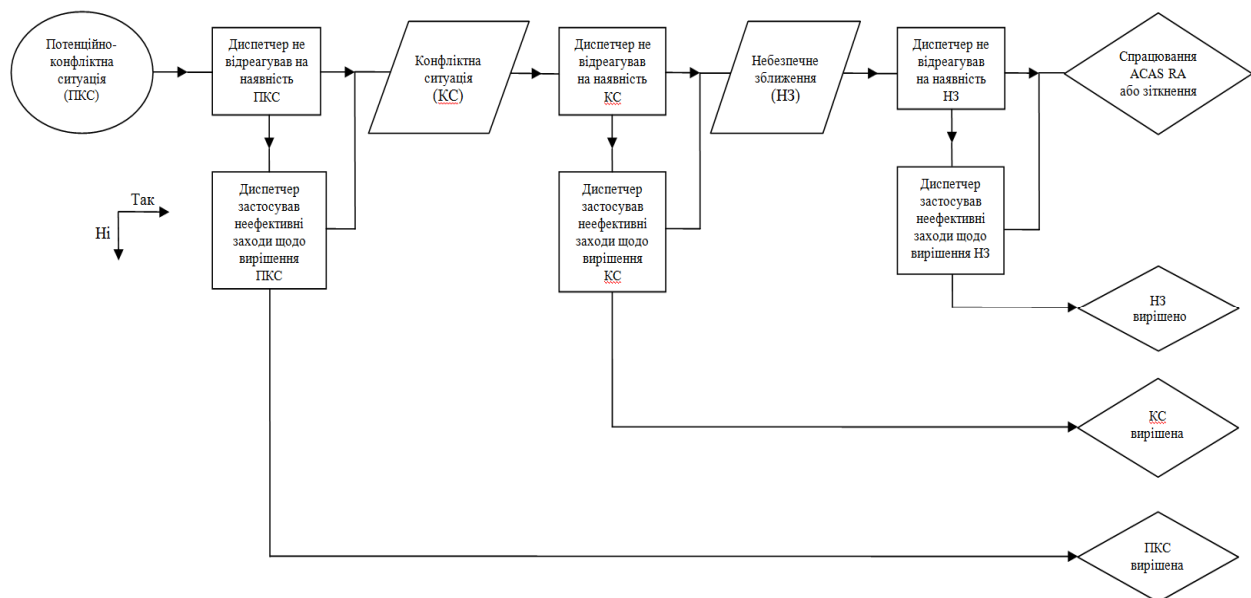


Рис. 3. Діаграма послідовності подій, які можуть мати місце при наявності ПКС

Розвиток проблемної ситуації в моделях розглядається послідовно в рамках різних «буферів безпеки», що створюються сучасними наземними і бортовими засобами автоматизації – функцією короткострокового попередження про конфліктну ситуацію

(STCA – Short-term conflict alert) та бортовою системою попередження зіткнень ПС у повітрі (TCAS – Traffic alert and Collision Avoidance System). На рис. 4 наведений приклад (фрагмент) дерев помилок диспетчера районного диспетчерського центру (РДЦ) за

критерієм «своєчасності реагування на проблемну ситуацію», де використовуються наступні позначення параметрів ідентифікації помилок: t_{LOS} – прогнозований час, що залишився до порушення мінімумів ешелонування ПС; t_{CPA}^{man} – час до точки максимального зближення ПС в момент завершення виконання

маневру для розходження екіпажем ПС за вказівкою авіадиспетчера; ΔH_c^{man} – вертикальний інтервал між ПС в момент завершення виконання маневру для розходження екіпажем ПС; ΔH_{RA} і t_{RA} – вертикальні та часові пороги спрацювання TCAS RA на борту ПС відповідно.

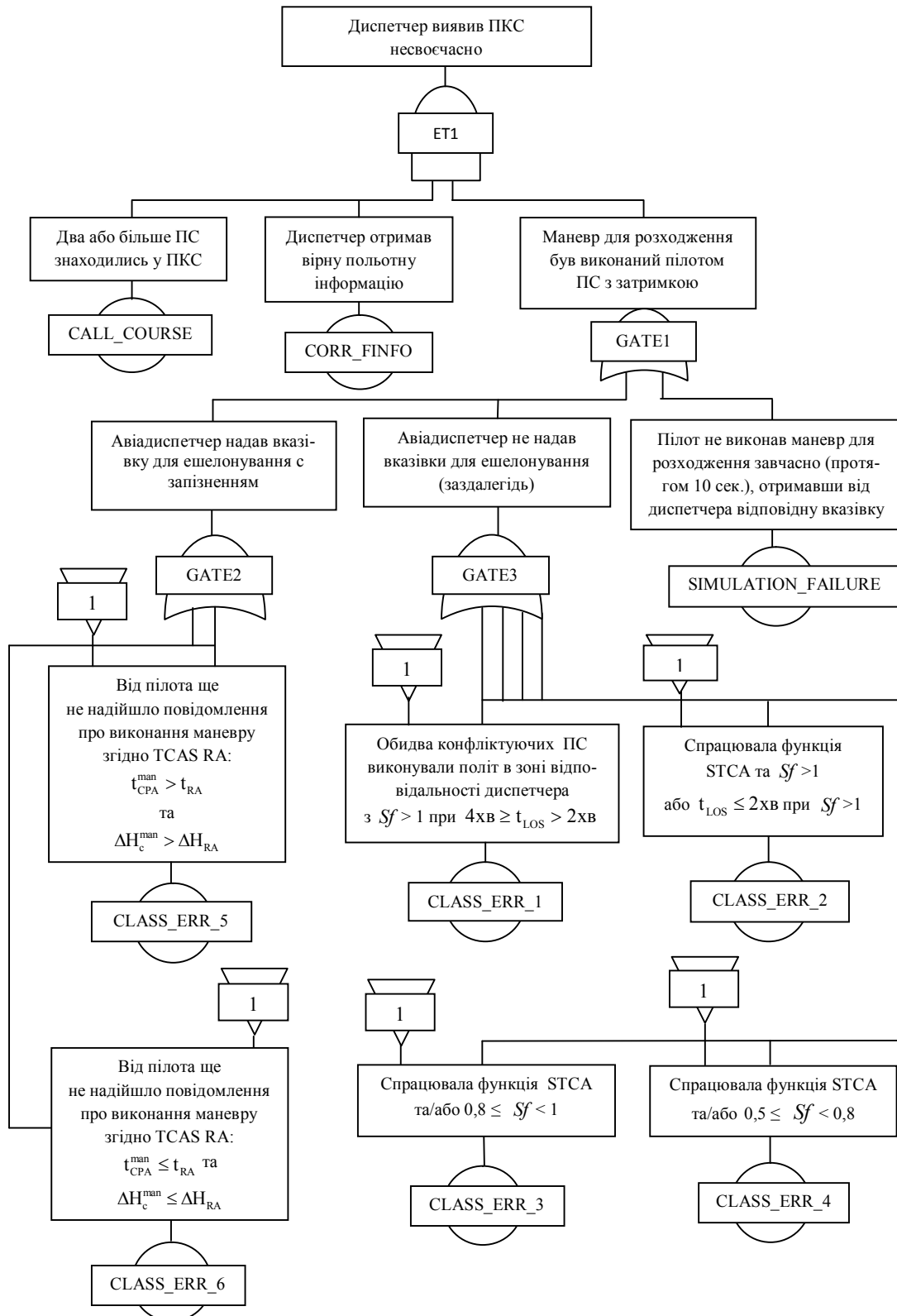


Рис. 4. Дерево помилок диспетчера РДЦ за критерієм своєчасності виявлення ПКС

Визначення ступеню серйозності (небезпечності) конфлікту здійснюється за нормативами Євроконтролю, що базуються на максимальному коефіцієнті пропорційності горизонтальних та вертикальних дистанцій між ПС (S_f - «Separation factor») [10]. Таким чином, помилки за ступенем небезпечності враховують шість фаз розвитку ПКС, які відповідають шістьом класам помилок авіадиспетчерів з несвоєчасного реагування на конфлікт у повітряному русі.

Сукупність умов ідентифікації помилок в деревах помилок відображаються двома видами «гейтів»: «AND» («Та») – коли всі вхідні умови повинні бути виконанні для констатації припущення диспетчером типової помилки; «OR» («Або») – коли будь-яка умова повинна бути виконана для того, щоб зафіксувати помилку певного типу.

Крім наведеного вище прикладу верхівки дерев помилок, на нижньому їх рівні конкретизуються обставини, у яких авіадиспетчер може припустити помилку певного типу (в залежності від контексту та умов повітряної обстановки).

Оскільки будь-які події у повітряному русі та відповідні дії з боку авіадиспетчера відбуваються у часі і мають місце в конкретні упорядковані інтервали часу, то моделі визначення помилок авіадиспетчерів формалізовані з застосуванням математичного апарату *темпоральної логіки*. В залежності від критеріїв, за якими будуються моделі оцінки, застосовуються дві структурні моделі часу: лінійна та розгалужена.

В результаті аналізу своєчасності реагування диспетчером на проблемну ситуацію, формуються бінарні функції $F(TI_{KN}^p)$ часткових критеріїв своєчасності, що характеризують кількісні показники реагування на проблемну ситуацію виконанням j -х ТО у складі k -ї ТП по відношенню до p -ї проблемної ситуації:

$$F(TI_{KN}^p) = \begin{cases} 1 - \text{при несвоєчасному реагуванні} \\ \quad \text{на проблемну ситуацію } (TI_{KN}^{p(F)}); \\ 0 - \text{при своєчасному реагуванні} \\ \quad \text{на проблемну ситуацію } (TI_{KN}^{p(T)}), \end{cases} \quad (2)$$

де TI_{KN}^p – результат виконання оцінюючих правил за частковим критерієм своєчасності реагування на проблемну ситуацію $TI_{KN}^{p(F)} \vee TI_{KN}^{p(T)}$.

Кількісний показник за частковим критерієм своєчасності реагування на p -у проблемну ситуацію диспетчером TI_{KN}^p визначається за формулою:

$$TI_{KN}^p = 1 - TI_{KN}^{p(F)} \cdot r_j^{TI_{KN}^{max}} \cdot f(h_s) \quad (3)$$

де $TI_{KN}^{p(F)}$ – значення кількісного показника за критерієм своєчасності реагування на p -ту проблемну ситуацію, що відповідає помилковим (несвоєчас-

ним) діям авіадиспетчера, тобто $F(TI_{KN}^p) = 1$;

$r_j^{TI_{KN}^{max}}$ – максимальне значення вагового інтегрального коефіцієнту важливості помилки j -го типу за критерієм своєчасності реагування на проблемну ситуацію диспетчером, що відповідає етапу її розвитку, на якому диспетчер відреагував на проблему наданням відповідної вказівки екіпажу ПС, $0 \leq r_j^{TI_{KN}^{max}} \leq 1$.

Значення даного кількісного показника відбиває здатність авіадиспетчера адекватно реагувати на розвиток проблемної ситуації своєчасною реалізацією j -х ТО за k -ї ТП. За кожним класом і типом помилок визначені кількісні значення коефіцієнтів, що характеризують ступінь небезпечності помилок та коефіцієнти відносної важливості типових помилок відповідно. На їх підставі розраховані інтегральні вагові коефіцієнти важливості помилки за критерієм своєчасності реагування. Такий комплексний підхід дозволяє врахувати при оцінці рівень та характер загроз, викликані несвоєчасними діями авіадиспетчера, що визначаються, *по-перше*, етапом розвитку проблемної ситуації, *по-друге*, контекстом, у якому відбулася подія. Коефіцієнти важливості помилок були отримані шляхом експертного опитування інструкторського складу ТЦ ОПР Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету (КЛІА НАУ) з застосуванням методу попарних порівнянь.

Таким чином, оцінка дій авіадиспетчера здійснюється на 3-х рівнях ієрархії технологічних одиниць діяльності у відповідності з критеріями оцінки, що відбивають властиві певному рівню характеристики. На кожному рівні діяльності застосовується відповідна група критеріїв оцінки; кожен з нижчих рівнів розкриває собою змістовні елементи (поняття) верхнього рівня діяльності. Тому розроблена чотирьох рівнева модель оцінки базується на підході стратифікованих ієрархічних систем. Модель відповідає чотирьом етапам згортки сукупності кількісних значень показників часткових критеріїв оцінки. Запропонована процедура дозволяє формувати комплексні оцінки виконання авіадиспетчером технологічних процедур та підсумкові оцінки вирішення технологічних задач.

Висновки

Розроблені моделі і алгоритм оцінки дій авіадиспетчерів виступають основою концептуального проектування і програмної реалізації інтелектуальних модулів СППР інструктора (експерта). СППР складається з сукупності незалежно працюючих інтелектуальних модулів: модулю реєстрації, розпізнання, аналізу та оцінювання. СППР забезпечує інструктора тренажеру УПР (експерта від РСП) де-

тальною інформацію про помилки та кількісні показники діяльності авіадиспетчера [11]. Результати експериментальних досліджень підтверджують вірність наукових положень запропонованого методу. Основні результати дослідження знайшли застосування в КЛІА НАУ на тренажерному центрі УПР і в Кіровоградській службі обслуговування повітряного руху. Запропоновані моделі і алгоритм автоматизованої оцінки дій диспетчерів УПР можуть бути використані в інших службах ОПР та регіональних структурних підрозділах Укрероруху.

Список літератури

1. Isaac, A. *Technical Review of Human Performance Models and Taxonomies of Human Error in ATM (HERA)* [Text] / A. Isaac, S.T. Shorrock, R. Kennedy, B. Kirwan, H. Anderson, T. Bove. – EUROCONTROL EATMP Report HRS/HSP-002-REP-03 Edition 1. Brussels: EUROCONTROL. 26 April 2002, - 134 p.
2. Kirwan, B. *Technical Basis for a Human Reliability Assessment Capability for Air Traffic Safety Management* [Text] / B. Kirwan. – Brussels: Eurocontrol, 2007. – 51 p.
3. Чинченко, Ю.В. *Подходы к автоматизации процесса управления уровнем готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях* [Текст] / Ю.В. Чинченко. – Наукові праці академії, вип. 7, частина 1. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2003. С. 132-138.
4. Неделько, С.Н. *Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения* [Текст] / С. Н. Неделько, В. А. Григорьевский, А.С. Паленный. // Наукові праці академії. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2005. – Вип. 5. – С. 260-266.
5. Паленный, А.С. *Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения* [Текст] / А.С. Паленный. // Наукові праці академії. – Кіровоград: Вид-во ДЛАУ. – 2007. – Вип. 7. – С. 145-156.
6. Григорьевский, В.О. *Модели оценки деятельности авиадиспетчерів в реагуванні на проблемні ситуації на диспетчерських тренажерах* [Текст] / В.О. Григорьевский, В.М. Неділько, А.С. Пальоний // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 33 (1142). – С. 30-39.
7. Пальоний, А.С. *Розробка моделей оцінки ефективності вирішення авіадиспетчерами конфліктів між повітряними суднами з позиції забезпечення безпеки польотів* [Текст] / А.С. Пальоний, А.А. Пірозерський // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». – 2015. – №6 – С. 150-158.
8. Roelen, A. *A generic air traffic controller performance model for application in a causal model of air transport* [Text] / A. Roelen, GB van Baren, PH Lin, O. Morales-Napoles, D. Kurowicka, R. Cooke. – NLR-CR-2007-593. Amsterdam: Nationaal Lucht-en Ruimtevaartlaboratorium (NLR), 2008. – 62 p.
9. Episode 3 - SESAR Top-Down Systemic Risk Assessment [Text] – D2.4.3-02-240, EUROCONTROL Experimental Centre. – 240 p.
10. *Model-based performance evaluation of STCA operations – Interim report (Phase 2)* [Text] – PASS/WA2/WP9/137/D, version 1.1, February 2010. – 79 p.
11. Неділько, С.М. *Система підтримки прийняття рішень для інструктора процедурного тренажеру управління повітряним рухом* [Текст] / С.М. Неділько, А.С. Пальоний // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6. – С. 336-342.

Надійшла до редколегії 24.07.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Осадчий, Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

А.С. Пальоний

Статья посвящена проблеме повышения эффективности профессиональной подготовки авиадиспетчеров за счет совершенствования системы критериев оценки, разработки метода, моделей и алгоритмов оценки их действий. Предложен метод комплексной оценки действий авиадиспетчеров на основе трехуровневой иерархической модели деятельности авиадиспетчера, использующий идеологию многоагентных систем. Приведены примеры моделей идентификации ошибок авиадиспетчеров, состоящие из диаграмм последовательности событий и деревьев ошибок по соответствующим критериям оценки. Представленные модели и алгоритмы оценки действий авиадиспетчеров выступают основой концептуального проектирования и программной реализации интеллектуальных модулей системы поддержки принятия решений инструктора тренажера управления воздушным движением.

Ключевые слова: авиадиспетчер, методы оценки деятельности, мультиагентные системы, модели ошибок, система поддержки принятия решений

DEVELOPMENT OF ASSESSMENT METHOD AND MODELS OF AIR TRAFFIC CONTROLLER PERFORMANCE

A.S. Palennyi

The article is devoted to the problem of increase efficiency of the professional competence of air traffic controllers by improving the system of measurement criteria, development of assessment method, models and algorithm of air traffic controller performance. The method of complex assessment based on a three-level hierarchical performance model and a multi-agent systems approach is represented. Examples of models for identification of errors consist of event sequence diagrams and fault trees have shown. The presented assessment models and algorithms of air traffic controller performance are the basis of the conceptual design and software implementation of intelligent modules of the decision support system for the instructor.

Keywords: air traffic controller, performance assessment method, multi-agent systems, models of errors, decision support system.

УДК 623.592:623.618:358.4

Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ

Наведені основні етапи розробки апарата формалізації інформаційних моделей повітряної обстановки який урахує особливості конкретної ситуації, що склалася й з використанням ієрархічної функціональної мережі в інтересах підтримки прийняття рішень операторами на пунктах управління повітряним рухом

Ключові слова: інформаційна модель, адаптивна система, формалізація знань, розпізнавання ситуацій.

Вступ

Постановка задачі. У складній повітряній обстановці (ПО), що динамічно змінюється на пунктах управління повітряним рухом (ПУ ПР) перед операторами виникають складні завдання. Разом із цим посадові особи постійно відволікаються для виклику необхідної інформації й вирішення інших допоміжних завдань. Час на вирішення таких завдань може бути більше часу, необхідного для сприйняття й оцінки інформації, що міститься у відображуваному фрагменті інформаційної моделі (ІМ).

Аналіз стану інформаційного забезпечення процесів оцінки повітряної обстановки на ПУ ПР свідчить, що для формування ІМ повітряної обстановки використовуються пристрої з недостатніми інформаційними можливостями й ергономічними властивостями. Інформаційна модель ПО, яка надається оператору не повною мірою відображає специфіку його діяльності. Можливості сучасних засобів відображення інформації дозволяють знизити часові витрати на оцінку ПО, однак існуючі методи формування й керування ІМ з урахуванням особливостей ситуацій ПО, що склалися не дозволяють підвищити достовірність відображуваної інформації про виниклі ситуації ПО, а це в підсумку знижує ефективність діяльності оператора в цілому.

Таким чином, для розв'язання зазначеного протиріччя, необхідно розробити апарат формалізації процесу формування й управління ІМ з урахуванням особливостей ситуацій ПО, що склалися.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові досліджень низки авторів [1 - 4] присвячені розв'язанню проблеми формування й управління ІМ з урахуванням особливостей ситуацій ПО, що склалися. Однак авторами не повною мірою врахована специфіка часткового завдання оцінки ПО на ПУ ПР. Не враховано також, що процес реальної роботи операторів на ПУ ПР вимагає аналізу окремих особливостей ПО, що склалися, а це вимагає використання додаткової інформації. Вказані обставини передбачають застосування адаптивного управління ІМ з врахуванням особливостей ситуацій ПО, що склалися.

Метою й завданням даного дослідження є розробка апарата формалізації процесу формування й управління ІМ з урахуванням особливостей ситуацій ПО, яка склалася, що дозволить підвищити оперативність і обґрунтованість прийняття рішень операторами при оцінці ПО.

Основна частина

Автоматизація всіх основних операцій управління відображенням інформації створює умови для впровадження адаптивного управління системою ІМ, тобто побудови адаптивної системи інформаційних моделей. Така система являється складовою частиною системи підтримки прийняття рішень посадовими особами на ПУ ПР і відноситься до класу систем адаптивного управління. Аналіз систем адаптивного управління свідчить, що їх системотворчим фактором є розпізнавання ситуацій, що вимагають впливів на керований об'єкт. При виборі математичної моделі розпізнавання ситуацій ПО слід керуватися наступними основними вимогами.

1 Модель повинна відображати реальні зв'язки й відносини між ознаками, що характеризують ситуації ПО, а також урахувувати ступінь їх невизначеності.

2 Модель повинна забезпечувати розпізнавання ПО у реальному масштабі часу.

Процес розпізнавання доцільно представити у вигляді функціональної мережі. Побудова функціональної мережі здійснюється на підставі опису ситуацій ПО ознаками згідно з виразом:

$$S_i = \bigcup_{i=1}^n \bigcap_{j=1}^k \pi_{ij}^o,$$

де π_{ij}^o – визначальна інформаційна ознака, що характеризує найбільш істотні властивості ситуації ПО, що складається; i – порядковий номер множини визначальних ІО.

Аналіз процесів оцінки ПО на ПУ ПР свідчить, що для розпізнавання ситуацій достатньо використати тільки якісні ознаки. Кількісні ознаки необхідно враховувати для ухвалення рішення про видачу операторам додаткової інформації про ситуацію ПО,

що складається у відповідності до алгоритму його діяльності. У цьому випадку функціональну мережу (ФМ) можна представити кортежем вигляду [6]:

$$R = \langle \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n; \Xi; \Gamma \rangle,$$

де $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ - множина вершин ФМ; Ξ - тип відносин між вершинами; Γ - відображення множини вершин мережі на множину відношень.

Послідовність отримання рішень у процесі розпізнавання ПО відображає відносини між вершинами, що описують цей процес. Оскільки послідовність отримання рішень на кожному кроці процесу розпізнавання реалізується через певний порядок обчислень у часі то правочинно розглядати всі відносини (A) між вершинами мережі як відносини строгого порядку, що відповідають властивостям антирефлексивності (S1), антисиметричності (S2) і транзитивності (S3) [5]:

$$S1 : \alpha_i \alpha_j \rightarrow \alpha_i \neq \alpha_j;$$

$$S2 : A \cap A^{-1} = \emptyset, \text{ або } \alpha_1 \alpha_2$$

$$\text{та } \alpha_2 \alpha_1 - \text{взаємовиключаються}$$

Для побудови моделі знань про процеси розпізнавання ситуацій ПО, доцільно використати представлену в [6] модель, яка побудована з використанням однорідної функціональної мережі у вигляді наступного кортежу:

$$M_P = \langle \{H_j\}, \{\Phi_j\}, \{K_\gamma\}, \{D_\beta\}, S, \{P_n\}, \Pi \rangle,$$

де $\{H_j\}_{j=1..k} = \{\{\pi_j^3\}, \{\pi_j^T\}\}$ - множина вершин формалізованого опису поточних $\{\pi_j^T\}$ і еталонних $\{\pi_j^3\}$ значень ознак; $\{\Phi_j\}_{j=1..J} = \{f_j(\pi_j^3, \pi_j^T)\}$ - множина вершин визначення ступеня близькості еталонного та поточного значень ознак, $f_j(\pi_j^3, \pi_j^T)$ - функція визначення ступеню близькості ознак;

$\{K_\gamma\}_{\gamma=1..G} = \bigcap_{\gamma=1}^G f_\gamma(\pi_j^3, \pi_j^T)$, $\{D_\beta\}_{\beta=1..B} = \bigcup_{\beta=1}^B f_\beta(\pi_j^3, \pi_j^T)$ - відповідно множина кон'юнктивних і диз'юнктивних вершин формування логіки опису класів подій за результатами порівнянь еталонного й поточного розподілів значень ознак, $G+B=A$ - загальна кількість кон'юнктивних і диз'юнктивних вершин в мережі; S - вершина визначення класу ситуації, що реалізує вирішальне правило визначення класу спостережуваного події; $\{P_n\}_{n=1..N} = \{\{V_n\}, \{W_n\}\}$ - множина параметричних вершин визначення кількісних $\{V_n\}$ і якісних $\{W_n\}$ характеристик подій, що підлягають розпізнаванню; $\Pi = \langle S, \{V_n\}, \{W_n\} \rangle$ - цільова вершина мережі, що визначає клас події та її характеристики.

Таким чином, у якості формалізованого опису процесу розпізнавання найбільш доцільно вибрати

граф однорідної функціональної мережі, що відображає склад і зміст основних етапів процесу розпізнавання. Процес розпізнавання ситуації повітряної обстановки представлено на рис 1.



Рис. 1. Розпізнавання ситуацій повітряної обстановки, що підлягають відображенню в ІМ

У результаті логічного виводу на формалізованих структурах знань можуть бути розпізнані ситуації, що виникають у повітряному просторі, визначена їхня відповідність значенням інформаційних ознак, що характеризують кожну із ситуацій повітряної обстановки. При побудові системи ІМ рекомендовано забезпечити її «настроювання» на ту ситуацію повітряної обстановки, яку оператор повинен оцінити в теперішній момент часу. Для побудови адаптивної системи ІМ необхідно автоматизувати такі процеси:

- розпізнавання ситуації ПО, що склалася в теперішній момент часу;
- вибір і відображення тієї ІМ, яка відповідає ситуації повітряної обстановки.

Управління вибором ІМ для відображення поточної ситуації на УОо здійснюється відповідно до правила:

$$I_i = I(S_i).$$

При вирішенні часткових задач оцінки ПО необхідна для операторів ПУ ПР додаткова інформація (інформаційна модель) - $I_{\text{доп}}$, відображається на УО_д або УО_о з використанням ефекту «поліекран», «лупа», «масштабування» і т.д., за правилом:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{осн}} \wedge \Pi_i^D,$$

де $I_{\text{осн}}$ - ІМ, що відображається на УО_о.

Реалізація процедур визначення ІО ситуацій, що було розпізнано у процесі оцінки ПО полягає у формуванні множини відображень значень ознак у базі даних (пошук відповідних інформаційних полів по ключу й значень знайдених входжень) [7]:

$$G : \{Pr_j \rightarrow (\Pi_{NПЗ}^{NБ} (V_{S_i})) \rightarrow I(S_i)\}$$

де G - множина значень ознак, які відображено в базі даних (БД); $\Pi_{NПЗ}^{NБ} (V_{S_i})$ - поле запису S_i - і ситуації ПО в бібліотеці БД; $NПЗ$ - імя поля запису;

НБ – ім'я бібліотеки БД; V_{S_i} – кортеж опису S_i -ої ситуації ПО в БД.

Постановка задачі визначення важливості ситуацій ПО формулюється в такий спосіб. Є ряд альтернатив (ситуацій ПО) S_i , де $i = 1, 2, \dots, m$. Кожна альтернатива S_i характеризується набором ознак Π_i .

Множина ознак, що характеризують усі відомі ситуації ПО розбивається на підмножини, де j – номер тих ознак з множини Π , які характеризують ситуацію S_i . Після цього проводиться упорядкування альтернатив усередині підмножини Γ_k . При цьому використовується інформація про значення ознак π_j . Визначення пріоритету відображення ситуації в загальній системі, проводиться за методом «зважування»:

$$F_i = \sum_{j \in \Pi_i} w_j \pi_{ij}, \quad 0 \leq F_i \leq 1,$$

де $j = 1, 2, \dots, n$ – номер ознаки з множини Π ; w_j – «ваговий коефіцієнт» j -ї ознаки з множини Π , $0 \leq w_j \leq 1$, $\sum_j w_j = 1$. У цьому випадку пошук розв'язання зводиться до визначення такого F_i , для якого виконується умова:

$$F_i^* = \max F_i.$$

У багатьох випадках є можливість оцінити ваговий коефіцієнт ситуації w_j , не вдаючись до аналізу ознак, які її характеризують. Тоді вираз матиме вигляд:

$$F_i^* = \max w_j.$$

На практиці пріоритет ознак доцільно задавати в наступній послідовності: спочатку слід задати ряд пріоритету R , потім вектор пріоритету V , а після цього, знаючи вектори R і V , потрібно визначити ваговий вектор W за допомогою співвідношень:

$$w_j = \prod_{k=j}^n w_k \left(\sum_{j=1}^n \prod_{k=j}^n w_k \right)^{-1}.$$

Якщо пріоритет ознак заданий у вигляді ряду, то при виборі оптимального варіанта розв'язку застосовують принцип «жорсткого пріоритету», при якому здійснюється послідовна оптимізація. При цьому не допускається підвищення рівня ознак з низькими пріоритетами, якщо хоча б незначно знизиться рівень із більш високим пріоритетом.

Висновки

Представлений апарат формалізації процесу адаптивного управління відображенням інформації, передбачає виконання наступного комплексу операцій: визначення характерних ситуацій повітряної обстановки; встановлення ІО ситуації ПО, що однозначно характеризують кожну з них; реалізація процедури розпізнавання ситуацій; встановлення пріоритету оцінки ситуацій; вибір і відображення інформаційних моделей ситуацій ПО відповідно до їхнього пріоритету.

На відміну від відомих запропонований підхід дозволяє визначити рівні адаптації системи інформаційного забезпечення для вирішення задачі автоматизації управління відображенням інформаційних моделей ПО; використана ієрархічна функціональна мережа, як основа для математичної формалізації знань про процеси розпізнавання ситуацій повітряної обстановки на ПУ ПР; розроблені процедури адаптивного управління відображенням інформації, основний зміст яких базується на використанні пріоритету ситуацій обстановки.

Список літератури

1. 2. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.
2. 3. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации / А.В. Медведев. – Н-ск: Наука, 1983. – 176 с.
3. 5. Ярушек В.Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в Войсках ПВО / В.Е. Ярушек. – Х.: ВИРТА ПВО, 1987. – 324 с.
4. Кучук, Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення [Текст] / Г.А. Кучук. – Х.: ХУ ПС, 2013. – 264 с.
5. Метод формирования информационной модели для перспективных АСУ / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, В.Н. Руденко, А.В. Першин // Системи управління, навігації та зв'язку. – Вип. 4. – К.: ЦНДІ навігації та управління, 2007. – С. 137-140.

Надійшла до редколегії 10.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ МОДЕЛЯМИ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ

Ю.И. Полонский, И.А. Борозенец, С.Г. Шило

Приведены основные этапы разработки аппарата формализации информационных моделей воздушной обстановки который учитывает особенности конкретно сложившейся ситуации с использованием иерархической функциональной сети в интересах поддержки принятия решений на пунктах управления воздушным движением.

Ключевые слова: информационная модель, адаптивная система, формализация знаний, распознавание ситуаций.

FORMALIZATION OF THE PROCESS ADAPTIVE MANAGEMENT INFORMATION MODEL AIR SITUATION

Y.I. Polonski, I.O. Borozenec, S.G. Shilo

The main stages of development of the apparatus of formalization of information models of air situation that takes into account specific features of the current situation with the use of a hierarchical functional network in order to support decision-making at air traffic control centers.

Keywords: information model, adaptive system, formalization of knowledge, recognition of situations.

УДК:355.424.3

Є.В. Прокопенко, Д.А. Мул, О.Л. Войцехівський

*Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, Хмельницький***ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМИ ФОРМУВАННЯМИ**

Досліджено концепцію інтелектуальні системи ведення воєнних операцій, що передбачає збільшення бойової міцності угруповання об'єднаних сил за рахунок створення єдиної інформаційно-комунікаційної мережі. Відмічається прискорення процесу управління силами і засобами, а також підвищення темпу операцій, живучість своїх військ і рівень самосинхронізації бойових дій.

Ключові слова: система управління, мережецентрична війна, солдат майбутнього, бойові дії майбутнього, глобальна інформаційна решітка.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід проведення анти-терористичної операції (АТО) на східному кордоні України підкреслює важливість забезпечення своєчасного та достовірного інформаційного обміну в системі управління. При цьому досягнення мети бойових дій напряму залежить від оперативності та прихованості в доведенні управлінських рішень. На сьогоднішній день не можливо нехтувати бурхливим розвитком електроніки, появою принципово нових інформаційних технологій і створенням на їх основі нових засобів розвідки, управління і ведення збройного протистояння. У сукупності все це призвело до істотної трансформації в технології управління військами та висунуло нові вимоги не тільки до оснащення особового складу військ, а й до системи управління в цілому [5].

Характерною рисою комп'ютеризації бойових підрозділів стала реструктуризація бойових частин в сторону зменшення, але зі збереженням і навіть збільшенням їх бойової ефективності за рахунок підвищення стратегічної та оперативної мобільності, досягнення абсолютної переваги в інформаційному і розвідувальному забезпеченні, а в підсумку випередження противника в прийнятті рішення і здійсненні маневру. Однією з найбільш відомих концепцій інтелектуальних систем управління військовими підрозділами в бою, є концепція мережецентричної війни [1]. Її суть полягає в наданні кожному учаснику бойових дій випереджувальної оперативної-тактичної інформації, що дозволяє більш глибоко розуміти обстановку, приймати адекватні і своєчасні рішення, та ефективно проводити ураження противника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробниками концепції мережецентричної війни є американські військові науковці – Артур Себровскі та Джон Гарстка. Перше згадування даної концепції опубліковано в 1998 році в статті «Мережецентрична війна її походження та майбутнє». З цього моменту управління здійснюється не бойовими частинами, підрозділами або озброєнням, а мережею. З 2004 року

концепція набула офіційного значення та покладена в основу програми будівництва збройних сил Сполучених Штатів Америки, а в перспективі і країн НАТО.

Метою статті є дослідження інтелектуальних систем управління військовими формуваннями в оперативної-тактичній ланці управління.

Виклад основного матеріалу

Світові тенденції до розвитку новітніх технологій та їх останні розробки в галузі мікроелектроніки вже зараз здатні вивести армії високорозвинених держав на істотно вищий виток розвитку та для реалізації даної ідеї необхідна нова концепція організації всіх систем збройних сил в єдину інтелектуальну систему управління.

Одним з таких проектів стала реалізована з середини 90-х років XX століття американська державна цільова програма Future Combat System, спрямована на створення нових перспективних зразків озброєння і військової техніки, здатних задовольнити вимоги нової мережецентричної ідеології організації збройного протистояння. Поряд з розробкою глобальних проектів в рамках даної програми одне з ключових місць займає програма Future Force Warrior з проектування та розробки комплектів «солдат майбутнього». Основний їх метою є забезпечення солдата усіма необхідними для ефективного ведення бою засобами розвідки, управління та зв'язку, ураження, захисту і життєзабезпечення, інтегрованих в єдиний бойовий інформаційно-технічний комплекс. Це дозволить розглядати кожного окремого солдата як складову частину автоматизованої бойової системи підрозділу, частини, з'єднання.

Проаналізувавши світові тенденції [1-2] можна виявити наступні суперечливі тенденції: з одного боку зменшення кількісного складу збройних сил, а з іншого підвищення бойових можливостей окремих високотехнологічних систем озброєння. Відповідно стала змінюватися і концепція ведення сучасної війни, яка полягає в переході від широкомасштабних "лінійних" дій проти багатомільйонних армій проти-

вника до маневреної війни нового покоління. Акцент робиться на мобільність і максимальну реалізацію бойових можливостей невеликих угруповань військ. Необхідно зазначити, що поступово скорочуються просторові межі, поза яких не забезпечується взаємодія окремо наступаючих груп військ в операції. Нові інформаційні технології значно розширили ці межі – вся оперативнo-бойова інформація, в тому числі і наочна, стала доступна практично всім активним учасникам збройної боротьби. Це дозволило вперше в історії військового мистецтва подолати просторовий, часовий та інформаційний розрив між військами і органами управління. Нові інформаційні технології забезпечують оперативне керівництво і безперервну взаємодію просторово поділених тактичних угруповань військ, які підтримують між собою зв'язок і координацію дії в інтересах проведення спільних операцій. Змінюється характер сучасних операцій: всі процеси управління і самі бойові дії стають більш динамічними, активними і результативними, зникають тактичні й оперативні паузи, якими противник міг би скористатися.

Операції отримують новий зміст (рис. 1), спочатку передбачає проведення швидких і рішучих маневрів не тільки на флангах, але і в глибокому тилу противника. Основним фактором, що визначає характер сучасних операцій, є не співвідношення сил і засобів збройних сил, а наявність нових міжвидових мобільних з'єднань і частин, що реалізують свої потенційні можливості на основі мережецентричних методів розвідки, управління і забезпечення [3].

Етапи бойових дій майбутнього	
I-й Етап (підготовчий)	- інформаційна війна (створення інформаційного підґрунтя в засобах масової інформації, пресі та в мережі Інтернет); - проведення космічної, радіолокаційної та глибокої тактичної розвідки.
II-й Етап (активний)	- завоювання переваги в інформаційному просторі (повне радіолокаційне придушення); - враження системи ППО противника на всю стратегічну глибину; - високоточні удари по адміністративним центрам цивільного управління, стратегічним об'єктам та командним пунктам.
III-й Етап (наземний необов'язковий)	- знищення угруповань противника за родами і силами; - блокування об'єктів інформаційної інфраструктури та встановлення над ними контролю; - знищення осередків супротиву противника.
IV-й Етап (постконфліктний; необов'язковий)	- проведення операцій зі стабілізації ситуації в регіоні.

Рис. 1. Можливі етапи ведення бойових дій майбутнього з застосуванням мережецентричної концепції

У відповідності до [1] мережецентрична війна – це орієнтована на досягнення інформаційної переваги концепція проведення воєнних операцій, що передбачає збільшення бойової міцності угруповання об'єднаних сил за рахунок створення єдиної інформаційно-комунікаційної мережі, що пов'язує джерела даних, осіб, які приймають рішення, і виконавців, та забезпечує доведення до учасників операцій інфор-

мації про обстановку, прискорення процесу управління силами і засобами, а також підвищення темпу операцій, ефективність поразки сил супротивника, живучість своїх військ і рівень самосинхронізації бойових дій. В концепції мережецентричної війни система управління є розподіленою мережею управляючих сенсорів. При цьому необхідно підкреслити основні характеристики таких систем:

користувачі функціонують в єдиному інформаційному середовищі;

програмні та мережеві додатки не впливають на роль і місце користувача в системі;

система придатна до розширення або масштабування;

розподілена система функціонує постійно не зважаючи на сенсори які можуть тимчасово виходити з ладу.

Користувачі і додатки не повинні інформуватися про те, що ці частини замінені або пошкоджені, або впроваджені нові сенсори для підтримки додаткових користувачів або додатків.

Існуючий з давніх часів принцип зосередження сил і засобів на вирішальному напрямі трансформується в принцип зосередження зусиль, реалізований шляхом масованого узгодженого застосування засобів далекого вогневого, радіоелектронного та інформаційного ураження. Командиру кожний з відносно автономних угруповань (груп) немає необхідності мати в безпосередньому підпорядкуванні якісь конкретні специфічні дороги системи озброєння – йому лише необхідно зробити через мережу заявку на їх застосування в заданому районі в заданий час для вирішення конкретного завдання або довести поточну обстановку до вищого командира, який, володіючи більшою інформацією, може прийняти більш коректне рішення з залученням більш різноманітних і найбільш відповідних обстановці засобів збройної боротьби.

Отже дослідивши теорію мережецентричної концепції можна сформулювати наступні принципи [5]:

1. Сили, об'єднані досить надійними мережами, отримують можливість якісно нового обміну інформацією.

2. Обмін інформацією підвищує якість інформації і рівень загальної інформованості про те, що відбувається;

3. В результаті загальна ситуаційна обізнаність така, що дозволяє забезпечувати необхідну взаємодію і самосинхронізацію, збільшує стійкість і швидкість передачі команд, що, в свою чергу, різко підвищує ефективність виконання бойового завдання.

Мережецентрична війна може вестися на всіх рівнях ведення військових дій – тактичному, оперативному і стратегічному. Принципи її ведення (рис. 1) жодним чином не залежать від географічного регіону, бойових завдань, складу і структури застосовуваних військ (сил). У міру розвитку цієї концепції поняття «мережі» набувало все нового і

нового змісту. Основу інформаційно-комунікаційного простору війни майбутнього [4] становить так звана «Глобальна інформаційна решітка» (далі – ГІР), що представляє собою потужне угруповання розвідувальних, комунікаційних і навігаційних космічних літальних апаратів США на навколоземній орбіті. Саме ГІР пов'язує воєдино всі сили і засоби збройних сил США і їх союзників по НАТО і забезпечує їх всією інформацією, необхідної для ведення війни. Особливістю мережецентричної концепції є її самоосинхронізація. Під самосинхронізацією розуміється здатність військової структури самоорганізовуватися знизу, а не змінюватися відповідно до вказівок зверху. Організаційна структура частин і підрозділів, форми і методи виконання ними бойових завдань, як очікується, будуть видозмінюватися на свій розсуд, але відповідно до потреб вищого командування. Жорстка ієрархічна система військового управління трансформується гнучкою мережевою: підлеглі війська отримують свободу у виборі методів дій, а організаційно-штатна структура військ буде постійно змінюватися, пристосовуючись до вимог обстановки.

Завдяки створенню єдиного інформаційно-комунікаційного простору досягається інформаційна перевага (інформаційне домінування) на полі бою, що дозволяє у багато разів ефективніше і оперативніше реалізувати бойовий потенціал угруповань військ (сил) в ході військових дій. З'являється можливість випереджувати супротивника на всіх етапах підготовки і ведення бойових дій. Противник втрачає можливість зробити хоч якісь кроки і, в кінцевому рахунку, як вважають західні фахівці, впадає в стан повного шоку.

Бойові дії майбутнього – це складна система взаємопов'язаних технологічних та оперативно-стратегічних дій, які комплексно впливають на керуючі центри і органи супротивника та призводять до повної втрати (знищення) його системи управління і унеможливлення подальшого спротиву. Лише на кінцевому етапі, і далеко не завжди, припускає високоінтенсивне застосування звичайних збройних сил.

Висновки дослідження

У статті автором проаналізовано тенденції розвитку сучасних способів організації бойових дій. Визначено, що на сьогоднішній день одною з перспективніших є концепція мережецентричної війни в основі якої лежить розподілена мережа управляючих сенсорів. Необхідно підкреслити, що при застосуванні розподіленої мережі управляючих сенсорів в системі управління мережецентричної концепції ведення бойових дій об'єктом управління є інтелектуальна система, а сама система управління характеризується певними властивостями, найбільш важливими з яких є відкритість, самоорганізація та слабка ієрархія в процесі прийняття рішень.

Список літератури

1. *Net-Centric Environment Joint Functional Concept // DOD, 2005. – Appendix B. Glossary.*
2. Benjamin Schreer: «Die Transformation der US-Streitkräfte im Zuge des Irakkriegs», Seite 7. Stiftung Wissenschaft und Politik vom Dezember 2003. Eingesehen am 18. Juli 2007.
3. Бобков Ю.Я. Концептуальные основы построения АСУ Сухопутными войсками ВС РФ : монография / Ю.Я. Бобков, Н.Н. Тютюников. – М. : Издательство «Палеотип», 2014. — 92 с.
4. Ефремов А.Ю. Сетецентрическая система управления – что вкладывается в это понятие? Труды 3-й Всероссийской конференции с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» / Ефремов А.Ю., Максимов Д.Ю. // (УКИ-2012, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 158-161.
5. Міночкін А.І. Сучасні тенденції розвитку сил і засобів радіоелектронної боротьби / А.І. Міночкін, О.В. Кувшинов // VI-та науково-технічна конференція „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К. : ВІПІ НТУУ «КПІ», 2012. – С. 18 – 22.

Надійшла до редколегії 24.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Катеринчук, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННЫМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ

Е.В. Прокопенко, Д.А. Мул, А.Л. Войцеховский

Исследовано концепцию интеллектуальных систем проведения военных операций, предусматривающих увеличение боевой надежности группировки объединенных сил за счет создания единой информационно-коммуникационной сети. Отмечается ускорение процесса управления силами и средствами, а также повышение темпа операций, живучесть своих войск и уровень самосинхронизации боевых действий.

Ключевые слова: система управления, сетецентрическая война, солдат будущего, боевые действия будущего, глобальная информационная решетка.

INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS MILITARY FORMATIONS

Ye. V. Prokopenko, D.A. Mul, O.L. Voysehivsky

We investigated the concept of smart systems, military operations, providing for an increase in the reliability of the combat groups combined forces through the establishment of a unified information and communication network. It marked acceleration of forces and means of the management process, as well as increase the tempo of operations, the vitality of its troops and the level of self-synchronization of the fighting.

Keywords: management system, network-centric warfare, the future soldiers, fighting the future, global information Grille.

УДК 004.942

А.В. Прохоров

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ И ПРОТИВОРЕЧИЙ

Проведен анализ особенностей представления в онтологиях неопределенностей и работы с противоречивыми знаниями. Рассматривается математический аппарат теории категории, который выступает в роли универсального формализма онтологического описания и является независимым от выбора конкретного языка описания онтологий и специфики реализации. Для обработки неопределенностей и противоречий, возникающих в процессе объединения онтологий и функционирования распределенной интеллектуальной системы выбрано многозначное исчисление присутствия. Для интеграции с существующими в системе знаниями предлагается конвертация онтологии на OWL в модель на многозначном исчислении присутствия, для которого реализован логический вывод.

Ключевые слова: онтология, OWL, распределенная интеллектуальная система, теория категорий, неопределенности, противоречия.

Введение

В настоящее время социальные сети, Интернет вещей и мобильные решения приводят к экспоненциальному росту объемов разнообразных данных, что в свою очередь делает актуальной и важной задачей создание новых эффективных методов и инструментов анализа, прогнозирования, извлечения знаний, машинного обучения. При этом семантические связи между данными повышают их ценность и предоставляют дополнительные возможности для информационного поиска, поскольку, интегрированные в единую семантическую паутину, представляют собой пространство знаний о некоторой предметной области. Развитие концепции Semantic Web привело к появлению связанных открытых данных LOD (Linked Open Data), где данные представлены в RDF-формате (Resource Description Framework), т.е. триплетов вида «субъект – предикат – объект». В этой связи интеллектуальные системы становятся всё более привлекательными в свете растущих вычислительных мощностей и возможностей таких систем по логической обработке уже накопленной в огромных количествах информации. Здесь следует отметить IBM Watson – суперкомпьютер фирмы IBM, оснащённый вопросно-ответной системой искусственного интеллекта в рамках проекта IBM DeepQA. Watson Services for Bluemix является средством быстрого макетирования и построения когнитивных приложений в облаке.

Важнейшим элементом распределенных интеллектуальных систем являются онтологии, которые позволяют соответствующим программным компонентам – интеллектуальным агентам – автоматически производить взаимодействие и обработку семантики информационных ресурсов и сервисов сети Интернет для эффективного решения различных прикладных задач.

Одной из задач при построении глобальной системы формализованных знаний является правильный выбор логической схемы. Разнообразные диалекты логических языков и соответствующие логические исчисления могут служить гибким инструментом для описания поведения объектов в рамках предметных областей. Для онтологий наибольшее распространение получила дескриптивная логика, которая является подмножеством логики предикатов первого порядка, ограниченным таким образом, чтобы гарантированно выполнялось любая процедура вывода (вычислительная разрешимость). Но с учетом особенностей работы с несколькими онтологиями важной задачей является обеспечение возможности представлять в онтологиях неопределенности и работать с противоречивыми знаниями.

Анализ последних исследований и публикаций. Поскольку онтология определяет термины конкретной области знаний, она должна описываться формальным языком, основанным на принципах математической логики. Тогда для классов объектов, их свойств и отношений между ними можно сформулировать четкие, детализированные и целостные определения. В свою очередь, средства обработки онтологии смогут автоматически вывести некоторые заключения, основываясь на принципах математической логики.

Сегодня наиболее распространенной онтологической моделью, рекомендуемой консорциумом W3C, является язык OWL. В нём определены три диалекта [1]: *OWL Lite* – классификационная иерархия сущностей и простые условия согласованности сущностей; *OWL DL (Description Logic* – дескриптивная логика – разрешимое подмножество логики предикатов первого порядка) – максимальная степень выразительных возможностей языка без потери вычислительной полноты и разрешимости; *OWL Full* – очень высокая вырази-

тельность (метаклассы, классы как значения) и полная синтаксическая свобода RDF (*Resource Description Framework*) с потерей гарантированности вычислительной полноты и разрешимости.

Именно уровень OWL DL ориентирован на существующие сегодня системы описания знаний и системы логического программирования и вывода, которые решают следующие задачи: проверка корректности онтологии, обработка запросов в терминах онтологии, отображение и интеграция онтологий.

Для полной поддержки вывода OWL DL необходимо использовать внешние машины вывода, такие как FaCT (бесплатная DL машина вывода – разработка профессора Манчестерского университета Яна Хоррокса), RacerPro (коммерческая разработка компании Racer Systems GmbH & Co., Германия), Pellet (открытая машина вывода – разработка лаборатории MIND LAB Мэрилендского университета) и другие.

К основным проблемам использования онтологических моделей компонентами распределенных интеллектуальных систем можно отнести неопределенности и противоречия.

Исследование основных современных логических анализаторов (Pellet, HermiT, FaCT++) показало, что они не могут справиться с онтологиями большого размера, так как изначально были рассчитаны на языки с большой экспрессивностью и выполняют процесс классификации онтологии путём итеративного построения модели для каждой пары концептов и поиск противоречий в ней.

Таким образом, применяемые сегодня машины вывода на OWL DL ориентированы на работу с классами и плохо масштабируются для поддержки сотен тысяч экземпляров классов.

В целом, неопределенность можно рассматривать:

- неопределенность в определениях, неточность терминов (в запросах пользователей, в контенте ресурсов, а также при необходимости использовать различные базы знаний с перекрывающимися, но тонко различающимися концептами). Эти проблемы частично решаются с помощью нечеткой логики [2];
- неопределенность в значениях (точные термины с неопределенными значениями). Эти проблемы частично решаются с использованием вероятностного подхода (probabilistic reasoning technics).

Логические противоречия неизбежно возникают при разработке больших онтологий и при объединении онтологий из различных источников. Дедуктивный логический вывод не может с этим справиться, потому что «из противоречия можно вывести все» [3]. Одним из вариантов решения проблемы является применения defeasible reasoning [4] и paraconsistent reasoning [5].

Сам по себе OWL не предоставляет никаких средств для представления неопределенных знаний.

Во многом это происходит потому, что на данный момент нет единого мнения насчет того, как именно они должны интерпретироваться, насколько это будет полезно в реальных задачах, а также насколько проблемной будет реализация. Одной из реализаций представление неопределенности является Pronto.

В настоящее время существуют готовые программные решения для некоторых операций объединения онтологических моделей. Одним из наиболее популярных является Jena[6], где поддерживаются базовые операции объединения онтологий. Некоторые возможности объединения онтологий также обеспечивает редактор онтологий Protégé и некоторые плагины к нему.

Постановка задачи исследования

Проведенный анализ показал, что логические исчисления для решаемых задач оказываются неприменимы в силу их неконструктивности и экстенсionalной теоретико-множественной основы. Альтернативой теории множеств является логико-категорный подход [7], позволяющий рассматривать предметную область как сложную динамическую систему, состоящую из объектов различного характера, интерпретируемых на множестве их свойств. Кроме того, булевы топосы категории, как известно, могут использоваться для семантических конструкций логических теорий и именно в топосах получается очень естественно выразить многозначные логики.

Поэтому **целью данной работы** является рассмотрение задач, связанных с распределенным накоплением, обработкой и использованием знаний в интеллектуальных системах, с учетом сложности структуры и распределенности компонентов, спонтанного характера процессов, происходящих в системе, неопределенности и противоречивости знаний, что приводит к необходимости расширения классической мультиагентной архитектуры и онтологических моделей знаний и использование современных интеллектуальных информационных технологий для обеспечения гибкости, динамичности и эффективной работы системы в гетерогенной информационной среде.

Представление онтологических знаний на основе многозначного исчисления присутствия

В качестве основы для представления онтологических знаний в работе предлагается использовать интенциональное многозначное исчисление присутствия (МИП). Исчисление присутствия удовлетворяет требованиям, предъявляемым к логике процессов принятия решений и управления в распределенных интеллектуальных системах, предоставляет широкие возможности для описания связей по присутствию между объектами, их свойствами и атрибутами в предметной области, а также позволяет

учитывать неопределенность и противоречивость знаний, в отличие от используемых в настоящее время подходов.

Логические модели представления знаний, основанные на МИП, обладают рядом достоинств, основными из которых являются следующие:

- все истины в логическом исчислении присутствия рассматриваются как относительные, а не абсолютные, как в классической логике предикатов. Это связано с тем, что в физической реальности истины зависят от положения объектов в пространстве-времени, сложившихся условий и др.;

- истины в логике присутствия рассматриваются в динамике их формирования и развития, в то время как в классической логике предикатов они являются статическими, неизменными;

- истины, касающиеся текущего состояния реальности, имеют однозначную прагматическую интерпретацию, т.е. можно указать, какие действия должна предпринять интеллектуальная система в той или иной ситуации, что особенно важно для мультиагентных систем.

Чтобы иметь возможность производить операции и учитывать эволюционные изменения в онтологиях рассматривается математический аппарат теории категории, который выступает в роли универсального формализма онтологического описания и является независимым от выбора конкретного языка описания онтологий и специфики реализации. Логико-категорный подход является при этом альтернативой известной теории множеств:

- представление с единых позиций в виде объектов категорий классов абстрактных и конкретных понятий, свойств, состояний и процессов и т.д.;

- выражение морфизмами категории любых связей между объектами (вложения одних объектов в другие, а также функциональные (ролевые) отображения);

- категория является основой представления динамики функционирования системы с добавлением специальных операторов изменения значений модуса присутствия (дифференциалов изменения присутствия).

Особенность логики присутствия заключается в том, что формулы, обозначающие объекты (понятия, свойства, процессы и др.), могут принимать либо значение присутствует – Pr, либо значение отсутствует – Ab. Такая интерпретация заключается в указании свойств, которыми должен обладать экземпляр объекта. На множестве свойств объекта x задана булева алгебра присутствия:

$$\{X, \cap, \cup, \Rightarrow, \sim\},$$

где \cap – одновременное присутствие; \cup – присутствие хотя бы одного объекта.

Любой произвольный объект представляется в виде формулы на языке булевой алгебры присутствия:

$$x \equiv \bigcup_{i=1}^N \bigcap_{m=1}^{n_i} \varphi_{ij},$$

где φ_{ij} – некоторое свойство или его дополнение по присутствию; N , n_i – соответственно, количество наборов признаков и число признаков на каждом наборе. Эти свойства используются для распознавания объекта x . Это позволяет, выбрав достаточно полный набор свойств или признаков, образовывать новые объекты из простых. В общем случае не все признаки являются доступными, поэтому их можно разделить на два класса: доступные для системы свойства π_{ij} и недоступные ξ_{ir} .

В условиях неопределенности относительно значений присутствия части свойств на множестве формул, описывающих объекты, может быть задана топология, что позволяет перейти от булевой алгебры формул к топологической булевой алгебре:

$$\{x, \cap, \cup, \Rightarrow, \sim, I, C\},$$

где внутренность I и замыкание C обладает всеми свойствами аналогичной операции в топологии множеств. Данная алгебра лежит в основе четырехзначной или многозначной логики присутствия, в которой любому объекту x ставится в соответствие вектор вида

$$\vec{x} = \langle Ix, C \sim x, Cx, I \sim x \rangle,$$

который характеризует модус присутствия и имеет четыре значения: Pr - присутствие, Ab - отсутствие, Un - неопределенность, Cn - противоречие.

Для построения глобальных формализованных аксиоматических теорий (ФАТ) для описания сложных динамических объектов предметной области, можно использовать многозначную логику присутствия, дополненную рядом операций и правил построения формул, используемых в алгебраической топологии, теории категорий и топосов.

Определение категории K включает: класс $Ob(K)$ – множество объектов категории; набор множеств $Hom(x, y)$, по одному для каждой пары объектов $x, y \in Ob(K)$, элементы которых называются морфизмам и обозначаются $\mu: x \rightarrow y$, где стрелка означает отображение объекта x в объект y . В этом случае каждое свойство или понятие рассматривается в качестве объекта некоторой категории. В аксиоматической теории объекта, определяющие его свойства x_i замещаются их морфизмами, входящими в данный объект. Эти морфизмы образуют покрывающее семейство морфизмов для объекта y вида:

$$\Phi(y) = \{\mu_i: x_i \rightarrow y / i \in I\},$$

где x_i – объекты, соответствующие определяющим понятиям (свойствам) объекта y . Это $\Phi(y)$ покрытие

объекта y называется решетом над y , если любая композиция морфизмов $\mu_i \rho_i \in \Phi(y)$, где $\rho_i : \pi_{ij} \rightarrow x_i$, то есть объект x_i , в свою очередь, имеет существенные свойства π_{ij} .

Проделав указанные операции для всех объектов категории K , получим семейство решет $C(y)$, образованных композициями морфизмов различной кратности и называемых покрывающими решетками топологии, которые задают топологию Гротендика на объектах категории K . Категория вместе с заданной на ней топологией Гротендика $C(y)$ называется сайтом. В связи с тем, что экземпляры объекта x_i могут иметь различные значения модуса присутствия (Pr, Ab, Un, Cn) , то морфизм $\mu : x_i \rightarrow y$ можно представить в виде четверки взаимоисключающих по присутствию морфизмов:

$$\mu_i : \begin{cases} Ix_i \rightarrow y = Pr \mu_i : x_i \rightarrow y; \\ I \sim x_i \rightarrow y = Ab \mu_i : x_i \rightarrow y; \\ (Cx_i \cap C \sim x_i) \rightarrow y = Un \mu_i : x_i \rightarrow y; \\ (Ix_i \cap I \sim x_i) \rightarrow y = Cn \mu_i : x_i \rightarrow y, \end{cases}$$

которые можно рассматривать как значения присутствия морфизма μ_i .

Каждому из четверки морфизмов $\mu_i : x_i \rightarrow y$ ставится в соответствие множество образующих (аксиом), содержащих соответствующее значение присутствия объекта x_i в качестве условия и задается отображение элементов покрытия x_i в теорию объекта y . Кроме того, каждой формуле теории объекта y соответствует множество значение присутствия объекта x_i , встречающееся в этой формуле в качестве следствия. Таким образом, задается ограничение теории объекта y на объект x_i . Таким образом, образуется пучок теорий над сайтом, называемый топосом Гротендика.

Особенностью такого топоса, дополненного логикой присутствия, заключается в том, что он позволяет строить иерархические многоуровневые теории, соответствующие иерархическим системам объектов предметной области, объединенных между собой. При этом можно осуществить вложение теории объекта подчиненного уровня в теорию данного объекта и использовать полученную теорию при поиске доказательства теорем.

Теорию динамического объекта можно представить путем введения дифференциалов присутствия $\Delta_{\alpha\beta} \mu x_i$. Дифференциал $\Delta_{\alpha\beta} x_i$ принимает значение присутствия – "присутствует", если значение присутствия μx_i изменяется с α на β , в результате шага логического вывода. Алгебра таких дифференциалов с операцией композиции морфизмов \circ

$$\{X, \Delta_{\alpha\beta}, \cap, \cup, \Rightarrow, \sim, I, C, \circ\}$$

образует исчисление присутствия.

Рассмотрим пример описания модели представления знаний на МИП об объектах некоторой предметной области (рис. 1). Здесь Q – есть любое из значений (Pr, Ab, Un, Cn) .

$$\Phi AT_C : \Delta_{Pr \mu_A} \cap \Delta_{Pr \mu_B} \Rightarrow \Delta_{QPr \mu_C};$$

$$\Delta_{Pr \mu_{A_1}} \cup \Delta_{Pr \mu_{A_2}} \cup \Delta_{Pr \mu_{A_3}} \cup \Delta_{Pr \mu_{A_4}} \Rightarrow \Delta_{QPr \mu_A};$$

$$\Delta_{Pr \mu_{B_1}} \cap \Delta_{Pr \mu_{B_2}} \cap \Delta_{Pr \mu_{B_3}} \cap \Delta_{Pr \mu_{B_4}} \Rightarrow \Delta_{QPr \mu_B};$$

$$\Delta_{Pr \mu_{B_3}} \cup \Delta_{Pr \mu_{B_4}} \Rightarrow \Delta_{QPr \mu_{B_5}};$$

а также формулы вложенных концептов

$$\bigcap_i \bigcup_j \Delta_{Pr \mu_{\pi_{ij}}} \Rightarrow \Delta_{QPr \mu_{x_k}},$$

где

$$\mu_{\pi_{ij}} : \pi_{ij} \rightarrow x_k$$

и $\{x_k\} = \{A_1, A_2, A_3, A_4, B_1, B_2, B_3, B_4\}$.

Таким образом, исчисление присутствия и приемы построения ФАТ составляют теоретическую основу представления онтологических знаний.

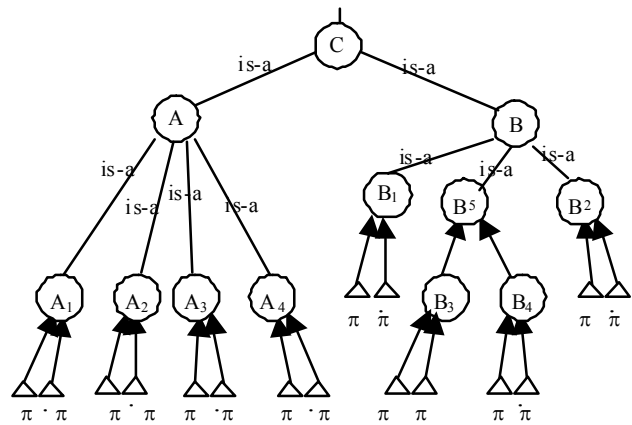


Рис. 1. Фрагмент онтологии для распознавания присутствия объекта C

Прагматические знания должны обеспечивать построение структур целевых установок и синтез (реализацию) программ их достижения при работе мультиагентной системы.

Таким образом, для уровня прагматики формируется набор программных модулей, которые будут использованы агентами в той или иной ситуации. Программный модуль можно представить как отображение (преобразование)

$$\mu PM_i : f_i^{BX}(X_1^{kl_i}, \dots, X_n^{kl_j}) \rightarrow f_i^{BYX}(Y_1^{kl_i}, \dots, Y_m^{kl_j}),$$

где f_i^{BX} - совокупности входных данных, соответствующих классов kl_i, kl_j в f_i^{BYX} - совокупность выходных данных, соответствующих классов.

Итак, в процессе объединения онтологических моделей с использованием МИП и логико-категорного подхода возможно возникновение противоречивых и неопределенных аксиом. При объе-

динении онтологий эти все аксиомы помечаются специальными тегами Un и Cn. Un – недостаточно информации о свойствах для определения присутствия объекта. Cn – может служить признаком несоответствия описания одного и того же концепта в различных моделях. При объединении онтологий также могут возникать ситуации: класс не может быть противоположен сам себе, два класса не могут быть одновременно противоположны и эквивалентны, не все экземпляры найдены, не все связи между экземплярами подтверждены и др. Каждый класс объектов предметной области описывается некоторым набором аксиом, при этом OWL позволяет указать аксиомы класса, которые определяют необходимые и достаточные условия для определения принадлежности классу. В случае, если аксиомы, описывающие эти условия удовлетворяются частично, возможно рассмотрение ситуации неопределенности. Т.е. некоторого атрибута для класса (объекта), который указывает на неопределенную ситуацию. При сохранении новой информации в онтологии агенты получают разнородные данные из различных источников. В случае если эти данные распознаются как неопределенные и/или противоречивые, они также помечаются тегами Un и Cn.

Для получения подобного представления используется специальный конвертер из OWL. При конвертировании онтологий производится поиск отношений между онтологическими понятиями разных онтологических контекстов, выясняется, какие понятия другой онтологии могут быть эквивалентны, какие являются суперпонятиями или подпонятиями онтологии, которая уже загружена в базу знаний интеллектуальной системы.

Заклучение

Таким образом, была предложена модель представления онтологических знаний на основе многозначного исчисления присутствия, которая в отличие

от существующих, обеспечивает учет неопределенностей в онтологиях и работу с противоречивыми знаниями, что позволяет повысить эффективность решения задачи объединения онтологических моделей. Исчисление присутствия удовлетворяет требованиям, предъявляемым к логике процессов принятия решений и управления в распределенных интеллектуальных системах, предоставляет широкие возможности для описания связей по присутствию между объектами, их свойствами и атрибутами в предметной области, а также позволяет учитывать неопределенность и противоречивость знаний.

Список литературы

1. МакГиннес Дебора Л. OWL, язык веб-онтологий. Руководство [Электронный ресурс] / Дебора Л. МакГиннес, Фрэнк ван Хармелен. – Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>.
2. Biacino L. Fuzzy logic, continuity and effectiveness [Text] / L. Biacino, G. Gerla // *Archive for Mathematical Logic*. – 2002. – № 7. – P. 643–667.
3. Principle of explosion [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Principle_of_explosion - Назв. с титул. экрана.
4. Defeasible reasoning [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Defeasible_reasoning - Назв. с титул. экрана.
5. Paraconsistent logic [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Paraconsistent_logic - Назв. с титул. экрана.
6. A free and open source Java framework for building Semantic Web and Linked Data application [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://jena.apache.org/#ch-Operations%20on%20Models> – Назв. с титул. экрана.
7. Прохоров А. В. Логико-категорный подход в онтологическом моделировании распределенных интеллектуальных систем [Текст] / А.В. Прохоров, Е.Н. Владимирская // *Радіоелектронні комп'ютерні системи*. – 2010. – № 4 (45). – С. 91-99.

Надійшла до редколегії 30.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Є.А. Дружинін, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ С УРАХОВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА ПРОТИРІЧ

О.В. Прохоров

Проведено аналіз особливостей подання в онтологіях невизначеностей і роботи з протиріччями. Розглядається математичний апарат теорії категорій, який виступає в ролі універсального формалізму онтологічного опису і є незалежним від вибору конкретної мови опису онтологій і специфіки реалізації. Для обробки невизначеностей і суперечностей, що виникають в процесі об'єднання онтологій і функціонуванні розподіленої інтелектуальної системи використовується багатозначне числення присутності. Для інтеграції з існуючими в системі знаннями пропонується конвертація онтології OWL в модель на багатозначному численні присутності, для якого реалізований логічний висновок.

Ключові слова: онтологія, OWL, розподілена інтелектуальна система, теорія категорій, невизначеності, протиріччя.

AN ONTOLOGY REPRESENTATION MODEL WITH ACCOUNT UNCERTAINTIES AND CONTRADICTIONS

A.V. Prokhorov

The analysis of the characteristics of representation uncertainties in ontologies and works with contradictions describe in this article. The category theory is a universal ontological formalism which is independent of the ontology language choice and the implementation. For the working with uncertainties and contradictions in the process of merging ontologies and distributed intelligent system functioning used multi-valued presence calculation. For integration with system knowledge based proposed the OWL ontology converter to model multi-valued presence calculation, for which implemented a logical reasoning.

Keywords: ontology, OWL, distributed intelligent system, category theory, uncertainty and contradictions.

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ХМАРНОГО СЕРВІСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС ПРОЦЕСАМИ В УНІВЕРСИТЕТІ

У статті запропонований опис ідеї створення хмарного сервісу для стратегічного управління бізнес процесами в університеті. Проблема, яку покликаний вирішувати даний сервіс - це академічна база хмари яка пропонується з метою забезпечення швидкого та ефективного керування процесами навчання, адміністрування. Обраний спосіб управління бізнес процесами в університеті зорієнтовано на підвищення конкурентоспроможності університету як основу його динамічного розвитку.

Ключові слова: стратегічне управління, хмарний сервіс, веб-сервіс, конкурентоспроможність, бізнес процеси.

Постановка проблеми

Характерною рисою сучасної системи управління є запровадження стратегічного планування на всіх рівнях адміністративних одиниць. Хмарні технології один з провідних трендів в світі ІТ покликані запровадити якісно нову систему управління бізнес процесами підприємства, а також ефективний менеджмент процесів на рівні невеликих департаментів. Архітектори ПО і менеджери компаній розгортають моделі ІТ-інфраструктур, розповсюджують це програмного забезпечення для отримання обчислювальних ресурсів. Також дуже популярними зараз є платні інфраструктури, так звані хмарні сервіси. Зараз це офісні додатки в браузері, сховища на хмарних жорстких дисках, засоби синхронізації інформації користувача на мобільних пристроях. Щодня з'являються нові успішні хмарні стартапи, а такі гіганти як Microsoft, Amazon і Apple будують дата-центри, призначені для розгортання хмарних сервісів.

Хмарна технологія настільки ж складна всередині, наскільки і проста зовні. Основна концепція хмар - надання ресурсів як інтернет-сервісу. Класично, хмарні сервіси ділять на наступні типи архітектур: Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) і Software-as-a-Service (SaaS).

Разом з тим актуалізація питання побудови хмарного сервісу стає найдаліше актуальнішою, тому розгортання хмарного сервісу для стратегічного управління університетом є необхідною зміною на рівні менеджменту процесів університету. Всі хмарні архітектури об'єднані двома загальними аспектами: вони надають «на вимогу» (on-demand) обчислювальні ресурси та сховища інформації. З цих двох факторів випливає, що у розробників програмного забезпечення з'явився обмежений тільки можливостями провайдерів хмарного хостингу запас масштабованості розроблюваних додатків і сервісів [1 – 8]. Хмарні платформи володіють наступними характеристиками: висока доступність, надійність, еластичність.

В роботі запропоновано метод вирішення задачі стратегічного планування роботи хмарного сервісу для управління бізнес процесами в університеті.

Метою даної статті є аналіз концепції соціально-економічного - розвитку підприємств для стратегічного планування роботи хмарного сервісу для вищого навчального закладу. Cloud, Cloud Computing як хмарні обчислення на основі електронного документообігу в академічній середі може забезпечити безперервний доступ до електронної документації. Використання хмарних обчислень в академічному середовищі, такому як університет, буде корисним не тільки для студентів а, й для деканатів, адміністраторів і вчених-дослідників. У більшості університетів інфраструктура електронної документації не достатньо використовується, а в деяких випадках використовується на достатньо низькому рівні. Тому запропонована система стратегічного управління університетом є корисною і у випадках коли документація ведеться у електронному вигляді частково. Для того, щоб збалансувати використання ресурсів в даній роботі запропоновано використання еластичних технологій [1]. Платформа для системи менеджменту бізнес-процесів та електронного документообігу працює в гібридній хмарі, нові методології повинні бути прийняті до уваги для проекту, заснованого на проблемі віртуальної комп'ютерної лабораторії. Цей тип хмари на основі гібридного виду надає нові змішані методології, використання яких може бути корисним і для підприємства в цілому. У цьому проекті, академічна база хмари пропонується з метою забезпечення швидкого та ефективного керування процесами навчання, адміністрування.

Аналіз предметної області та специфікація програми

Інтеграція університетів у світову спільноту має обов'язково кореспондуватися із сучасними, прогресивними процесами менеджменту підприємств. Це посилюється знанням роботи з хмарними сервісами

та стають все більш популярним інструментом для керування великими підприємствами, а в нашому випадку це система для управління та ефективного менеджменту в університеті. Одним з найважливіших факторів ефективного менеджменту в університеті, бюджетної організації є документообіг. В університеті – це безперервний процес проходження документів, що об'єктивно відображає діяльність самого університету та дає змогу оперативно керувати нею. Великий обсяг архівної інформації, довготривалий пошук необхідного документу, втрати, дублікати, затримки пов'язані з відправкою та одержанням, помилки персоналу – це не повний перелік проблем, що виникають при неефективній побудові документообігу університету. Також система антиплагіату є невід'ємною частиною планування електронного документообігу в сучасному університеті. Вище зазначені умови можуть гальмувати, а в деяких випадках повністю паралізувати роботу сучасної установи. Тому ефективним та своєчасним вирішенням цієї проблеми є електронний документообіг, який працює на єдиній хмарній платформі і це є обов'язковою складовою ефективного управління (менеджменту) вищого навчального закладу. Документообіг є важливим для правильної організації управлінської, навчальної, наукової, методичної, виховної роботи університету. Перевага електронного документообігу над традиційним є безперечною, адже основною проблемою традиційної технології управління документообігом є практична неможливість централізовано відслідкувати рух документів організації.

Для виконання поставленої задачі було прийнято рішення використовувати хмарний сервіс для забезпечення потреб університету в документообігу.

Для досягнення поставленої мети стратегічного планування роботи хмарного сервісу був визначений зміст для досліджень і вирішення таких задач:

- розробити концептуальні положення стратегічного планування як функції для управління електронним університетом;
- обґрунтувати трактування стратегічного планування соціально-економічного розвитку університету відповідно до особливостей та вимог вищих навчальних закладів на сучасному етапі розвитку;
- сформулювати методологічні положення стратегічного планування як функції управління;
- сформулювати інструментарій для реалізації та впровадження хмарної технології в бюджетній установі.

Математична модель для об'єкта дослідження

В університеті є підходи до формування системи моніторингу і два види документної інформації – структурована і неструктурована. Між тим є

велика кількість структурованої інформації, створення, опрацювання і передавання якої забезпечують корпоративні інформаційні системи. Закономірним етапом розвитку в університеті стратегічного управління на рівні адміністрації є стратегія соціально-економічного розвитку мезосистем. Це департаменти «Деканат», «Навчальні плани», «Дистанційне навчання» «Міжнародні проекти» тощо. Ці системи забезпечують створення та опрацювання інформації про контингент студентів, їхню успішність, навчальні програми, електронне методичне забезпечення тощо. Сучасна система стратегічного управління підприємством, у нашому випадку університетом - це перш за все розроблена стратегія на всіх рівнях управління. Соціально - економічний розвиток підприємства є головною передумовою для його конкурентоспроможності. За основу розвитку підприємства економічного і соціального необхідно розрахувати частки виробництва з часткою чисельності працюючих.

Робота в хмарі цікава тим, що можна працювати з неструктурованою інформацією, як описано вище, і бути впевненим у тому, що вся інформація буде структурована та опрацьована з математичною точністю за допомогою інтелектуального аналізу даних.

Процес обробки інформації відбувається за допомогою безкоштовного сервісу RapidMiner, де підприємствам легко масштабувати дані, створювати прогноуючі моделі та впроваджувати аналіз в дію в будь-який бізнес-процес, котрий відбувається в університеті.

Назвемо документообіг в університеті бізнес-процесом, який необхідно масштабувати та розгорнути у вищому навчальному закладі. Для цього потрібно описати ці бізнес-процеси з математичної точки зору. Одним з методів інтелектуального аналізу даних є Data Mining.

Основна мета - дати аналітику можливість працювати з великими обсягами вихідних даних за рахунок автоматизації процесу вилучення потрібної інформації. Технологія ефективного аналізу цифрової та текстової інформації здатна виступити в ролі репетитора, який, опрацювавши весь курс, викладає лише найбільш ключову і значущу інформацію. Таким чином, користувачеві немає чого самому "просівати" величезну кількість неструктурованої інформації. Розроблені на основі статистичного та лінгвістичного аналізу, а також штучного інтелекту, технології Data Mining і Text Mining якраз і призначені для проведення смислового аналізу, забезпечення навігації і пошуку в неструктурованих текстах. Застосовуючи побудовані на їх основі системи, користувачі зможуть отримати нову цінну інформацію. Метод, який використовувався в роботі, – це кластеризація, тобто розбиття великої безлічі документів на групи по бли-

зйкості стилю, форми, різних частотних характеристик виявлених ключових слів.

Завдання кластеризації можна розглядати як побудова оптимального розбиття об'єктів на групи. При цьому оптимальність може бути визначена як вимога мінімізації середньоквадратичної помилки розбиття.

Використання запропонованої моделі дозволяє організувати оптимальним чином процес роботи хмари за допомогою математичних методів інтелектуального аналізу даних та створити систему планування моніторингу та оцінювання реалізації стратегій. Де показники реалізації кластеризації об'єктів системи забезпечення функціонування електронного університету.

Висновки

У даній статті знаходить своє відображення опис ідеї та реалізації створення системи стратегічного планування роботи хмарно сервісу для управління бізнес процесами в університеті.

В той чи інший час університету необхідно переводити свій документообіг в електронний вигляд. Разом з тим, отримуючи дедалі більші можливості для розвитку і поліпшення діяльності на основі роботи системи яку буде стійка та цілеспрямована до сукупності взаємопов'язаних видів діяльності (послідовність робіт), яка за технологією кластеризації перетворює входи на виходи за правилами інтелектуального аналізу даних та за допомогою механізму на основі стратегічного управління підприємством на основі його соціально-економічного розвитку.

В розробленій системі були зазначені основні функції роботи університету.

Спочатку роботи був проведений аналіз предметної області. На підставі цього була проведена постановка завдання та використано безкоштовний програмний продукт Rapid Miner для аналізу великого обсягу даних.

Розроблена концепція програмного продукту в ході виконання роботи стане в нагоді будь-якому навчальному закладу для вирішення проблеми управління бізнес процесами в університеті.

У перспективі розглядається вдосконалення даного продукту шляхом створення системи для мобільних платформ.

Розроблений сервіс достатньо надійний та захищений та володіє широким функціоналом. Система знаходиться на етапі тестування у різних браузерах та настройки моделей документаційних процесів, форм, таблиць, звітів і т.д.

Список літератури

1. Закон України Про електронні документи та електронний документообіг [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/851-15>
2. Закон України Про електронний цифровий підпис [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/852-15>
3. Основи електронного документообігу. Електронний цифровий підпис [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nc.gov.ua/communication/learning/course/index.php?COURSE_ID=2&TYPE=Y.
4. Гагарина Л.Г. Технология разработки программного обеспечения [Текст] / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Виснадул – Форум, 2008. – 200 с.
5. Буч Г. Язык UML [/ Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон. – Руководство разработчика. М.: ДМК, 2000. – 432 с.
6. Мартин Р.К. Быстрая разработка программ: принципы, примеры, практика [Текст] / Р.К. Мартин, Дж.В. Ньюкирк, Р.С. Косс – Вильямс, 2004. – 673 с.
7. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами [Текст] / М. Армстронг. – СПб.: Питер, 2004. – 832 с.
8. Бажал Ю.М. Знаннєва економіка: теорія і державна політика / Ю.М. Бажал / Економіка і прогнозування. – 2003. – № 3. – С. 71 – 86.

Надійшла до редколегії 5.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.О. Кириченко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС ПРОЦЕССАМИ В УНИВЕРСИТЕТЕ

С.Н. Сакало

В статье предложено описание идеи создания облачного сервиса для стратегического управления бизнес процессами в университете. Проблема, которую призван решать данный сервис - это академическая база облака которая предлагается с целью обеспечения быстрого и эффективного управления процессами обучения, администрирования. Выбранный способ управления бизнес процессами в университете ориентирован на повышение конкурентоспособности университета как основу его динамичного развития.

Ключевые слова: стратегическое управление, облачный сервис, веб-сервис, конкурентоспособность, бизнес процессы.

STRATEGIC PLANNING FOR CLOUD SERVICES TO MANAGE BUSINESS PROCESSES AT THE UNIVERSITY

S.N. Sakalo

The article proposed to describe the idea of a cloud service for the strategic management of business services-carrying processes at the university. The problem, which is designed to tackle this service - an academic cloud base which is offered in order to ensure rapid and efficient process management training, administration. The chosen route of business process management at the University of Orient Rowan on improving the competitiveness of the university as a basis for its dynamic development.

Keywords: strategic management, cloud service, a web service, competitiveness, business processes.

УДК 004.056.4

С.Г. Семенов¹, І.В. Миронець²¹Національний технічний університет «ХПІ», Харків²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МІНІМІЗАЦІЇ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ ЗА УМОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ

При проектуванні цифрових автоматів широко використовуються методи мінімізації булевих функцій, які дають можливість отримати рекомендації для побудови економічних схем цифрових автоматів. Тому дана стаття присвячена вдосконаленню метода мінімізації булевих функцій на основі направленої перебору, тобто необхідно знайти аналітичний вираз заданої булевої функції в формі, що містить мінімально можливої кількості букв. На основі проведених розрахунків було доведено, що метод мінімізації булевих функцій дієвий та простий у застосуванні, а також дає достовірні результати.

Ключові слова: методи мінімізації логічних функцій, булеві функції, диз'юнктивна нормальна форма прогнана логічна матриця, направлений перебір.

Вступ

Постановка проблеми. З розвитком комп'ютерних технологій об'єм інформації все більше зростає, програмні та апаратні можливості комп'ютерних систем теж не відстають від прогресу, тому виникає необхідність вибору мінімальної та оптимальної інформації з усього потоку, вибору даних та створення запитів в базах даних, проектування та синтезу комбінаційних схем. Для створення найбільш ефективного варіанту комбінаційних схем необхідно математично-логічним шляхом вибрати оптимально-мінімальний варіант - для цього використовується мінімізація булевих функцій [1].

Аналіз публікацій і досліджень. Задача мінімізації складається з пошуку найпростішої, згідно з обраним критерієм, мінімізації, формули. Критерії можуть бути різними: наприклад, кількість знаків кон'юнкції та диз'юнкції, або комбінація подібних критеріїв.

Областю визначення логічної функції $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ є скінченна множина різних двійкових наборів довжиною n , на кожному з яких вказується значення функції 0 або 1. Кількість різних двійкових наборів дорівнює множині n -розрядних двійкових чисел $m = 2^n$.

У разі завдання функції таблицею істинності в лівій її частині подано усі можливі двійкові набори, а в правій - вказано значення функції на цих наборах [2]. Розроблено універсальні (канонічні) форми представлення булевих функцій, які дають можливість одержати аналітичну форму довільної функції безпосередньо з таблиці істинності. Найбільше поширення одержали ДДНФ і ДКНФ. Для розв'язання задач мінімізації застосовують методи законів та тотожностей алгебри логіки, метод Квайна, метод Квайна-Мак-Класкі, метод Блейка-Порецького, ме-

тод карт Карно (діаграм Вейча), а також метод імплікантної таблиці логічних функцій (метод Квайна) [3]. Загальна задача мінімізації булевих функцій може бути сформульована наступним чином: знайти аналітичний вираз заданої булевої функції в формі, що містить мінімально можливу кількість букв. Варто відмітити, що в загальній постановці дана задача поки що не вирішена, однак достатньо добре досліджена в класі диз'юнктивно-кон'юнктивних нормальних форм.

Метою даної роботи є вдосконалення методу мінімізації булевих функцій на основі направленої перебору.

Виклад основного матеріалу

Метод мінімізації функцій на основі направленої перебору проводиться таким чином:

1. Сортуються таблиця істинності в порядку зростання за значеннями, на яких функція приймає значення нулів, а потім одиниць. Таким чином, таблиця розбивається на дві підгрупи.

2. Визначається розрядність таблиці істинності і формується кількість контурів однієї змінної.

3. Перевіряється наявність комбінацій 0 і 1 у сформованих контурах 1-ї змінної.

4. Можливі 3 випадки розподілу 0 і 1 в контурі:

- в контурі наявні і нулі, і одиниці;
- в контурі наявні одиниці, але відсутні нулі;
- в контурі наявні нулі, але відсутні одиниці.

5. Контур в якому немає нулів, виписується в формулу мінімізації і одиниці, які в нього входять, вилучаються зі списку (з таблиці). Видаляються змінні і контури.

6. Повторно проводиться перерахунок значень в контурах з однією змінною. Якщо в контурі наявні одиниці, але відсутні нулі, то пошук повторюється. Якщо ж виникає будь-який інший варіант,

то перевіряється чи є в контурі нулі, але відсутні одиниці. Якщо є нулі і відсутні одиниці, то видаляються із списку контури, в яких немає одиниць.

7. Наступним кроком є побудова контурів на основі двох змінних.

8. Контури будуються розмірністю рівною кількості змінних. Перерахунок відбувається за вище описаним алгоритмом.

Специфіка методу полягає в тому, що найбільша його ефективність досягається при великій кількості невизначених значень на певних наборах функцій. В табл. 1 представлено чотири булевих функції, які надалі будуть мінімізуватись методом направленного перебору.

Таблиця 1

Таблиця істинності частково визначених функцій f_1, f_2, f_3, f_4

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	0	0	-	-	0	1
1	0	0	0	1	1	-	0	1
2	0	0	1	0	1	1	-	0
3	0	0	1	1	-	-	0	0
4	0	1	0	0	0	-	0	-
5	0	1	0	1	-	-	1	1
6	0	1	1	0	-	1	-	0
7	0	1	1	1	1	1	-	-
8	1	0	0	0	-	-	1	-
9	1	0	0	1	-	0	-	1
10	1	0	1	0	-	0	-	1
11	1	0	1	1	1	-	0	-
12	1	1	0	0	0	-	1	1
13	1	1	0	1	-	-	0	1
14	1	1	1	0	1	1	-	0
15	1	1	1	1	-	1	-	1

Приклад 1. Спочатку відсортуємо таблицю істинності за значенням функції (табл. 2): розмістимо набори, де функція набуває значення нуля, а потім - одиниці.

Таблиця 2

Дозволені і заборонені комбінації функції f_1

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	f_1
0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	1
3	0	0	1	0	1
4	0	1	1	1	1
5	1	0	1	1	1
6	1	1	1	0	1

Наступним кроком буде формування контурів 1-го рангу та визначення кількості одиниць та нулів на кожному контурі. Коли підрахована кількість нулів та одиниць, то необхідно визначити контури,

кількість нулів на яких рівна нулю, а кількість одиниць - максимальна. В таблиці 3 такі комбінації виділені овалами.

Таблиця 3

Підрахунок і перерахунок кількості значень 0 і 1 на контурах 1-го рангу

	0	1	1
1 x_1	1	2	0
2 \bar{x}_1	1	3	0
3 x_2	2	2	0
4 \bar{x}_2	0	3	0
5 x_3	0	4	0
6 \bar{x}_3	2	1	0
7 x_4	0	3	0
8 \bar{x}_4	2	2	0

Далі викреслюємо ті рядки (табл. 4), значення контурів на яких відповідає таблиці істинності та проводимо перерахунок (табл. 3), щоб визначити чи всі одиниці мінімізувались.

Таблиця 4

Викреслювання рядків із таблиці істинності функції f_1

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	f_1
1	0	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1
4	0	0	1	0	1
5	0	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1
7	1	1	1	0	1

Так як в даному випадку змінні охоплюють всі контури, \bar{x}_2 та x_3 , перекривають всі контури, на яких функція f_1 , приймає одиничне значення.

Отже, в результаті підрахунків було отримано мінімальну диз'юнктивну-нормальну форму функції $f_1 = \bar{x}_2 \vee x_3$.

Приклад 2. Перший крок аналогічний прикладу 1 (табл. 5).

Таблиця 5

Відсортована таблиця істинності функції f_2

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	f_2
1	1	0	0	1	0
2	1	0	1	0	0
3	0	0	1	0	1
4	0	1	1	0	1
5	0	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1

Підрахуємо кількість нулів і одиниць в кожному контурі функції f_2 . Визначимо контури, на яких нулі відсутні, а кількість одиниць максимальна, їх виділимо овалами (табл. 6). Контур, на якому кількість одиниць рівна нулю, виключається з подальшого розгляду, позначимо її жирним шрифтом.

Таблиця 6

Підрахунок і перерахунок кількості значень 0 і 1 на контурах 1-го рангу

	0	1	1
1 x_1	2	2	0
2 \bar{x}_1	0	3	0
3 x_2	0	4	0
4 \bar{x}_2	2	1	0
5 x_3	1	5	0
6 \bar{x}_3	1	0	0
7 x_4	1	2	0
8 \bar{x}_4	1	3	0

Таблиця 7

Викреслювання рядків із таблиці істинності функції f_2

№ п/п	x_1	x_2	x_3	x_4	f_2
1	1	0	0	1	0
2	1	0	1	0	0
3	0	0	1	0	1
4	0	1	1	0	1
5	0	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1

Так як в даному випадку (табл. 7) змінні охоплюють всі контури, \bar{x}_1 та x_2 перекривають всі контури, на яких функція f_2 , приймає одиничне значення, а перерахунок дає нулі (табл. 6), то $f_2 = \bar{x}_1 \vee x_2$.

Отже, на основі проведених розрахунків можемо стверджувати, що розглянутий метод мінімізації булевих функцій дієвий та простий у застосуванні, а також дає достовірні результати, чого і треба було досягти. Основною перевагою даного методу являється можливість його реалізації засобами обчислювальної техніки, а покладений в його основу направлений перебір дозволяє зменшити вимоги до програмно-апаратних ресурсів систем автоматизованого проектування.

Висновки

Запропонований метод на основі направленої перебору показав коректність його використання при мінімізації булевих функцій з великою кількістю змінних. Простота алгоритму направленої перебору дозволяє провести його технічну реалізацію на засобах обчислювальної техніки. Використання даного методу дозволяє зменшити вимоги до програмно-апаратних засобів автоматизованих систем проектування дискретних пристроїв.

Список літератури

1. Бондаренко М.Ф. Комп'ютерна дискретна математика. Підручник / М.Ф. Бондаренко, Н.В. Білоус, А.Г. Руткас. – Х.: „Компанія СМІТ”, 2004. – 480 с.
2. Дискретная математика и математические вопросы кибернетики / Ю.Л. Васильев и др. – М.: Наука, 1974. – 450 с.
3. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов / А.Я. Савельев. – М.: Высш. шк., 1987. – 455 с.

Надійшла до редколегії 12.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА МИНИМИЗАЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

С.Г. Семенов И.В. Миронец

При проектировании цифровых автоматов широко используются методы минимизации булевых функций, которые дают возможность получить рекомендации для построения экономических схем цифровых автоматов. Поэтому данная статья посвящена усовершенствованию метода минимизации булевых функций на основе направленного перебора, то есть необходимо найти аналитическое выражение заданной булевой функции в форме, содержащей минимально возможное количество букв. На основе проведенных расчетов было доказано, что метод минимизации булевых функций действенный и простой в применении, а также дает достоверные результаты.

Ключевые слова: методы минимизации логических функций, булевые функции, дизъюнктивная нормальная форма, программируемая логическая матрица, направленный перебор.

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF MINIMIZING BOOLEAN FUNCTIONS WITH INFORMATION REDUNDANCY

S.G. Semenov, I.V. Mironets

When designing digital machines, methods of minimization of boolean functions that enable to obtain recommendations for the construction of the scheme of digital machines are widely used. Therefore, this article is dedicated to improving the method of minimization of boolean functions on the basis of directed enumeration. It is necessary find an analytical expression of the given boolean functions in a form containing the minimum number of letters. On the basis of the calculations it was proved that the method of minimization of boolean functions is efficient, easy to use and provides reliable results.

Keywords: methods of logic functions minimizing, boolean functions, disjunctive normal form, programmable logic array, directed search.

УДК 658.62.018.012

Г.М. Трищ, Н.И. Ким, А.Н. Денисенко

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ УНИВЕРСИТЕТА

Для многомерного оценивания показателей качества процессов университета предлагается использовать систему зависимостей между единичными показателями и их оценками на безразмерной шкале. Разработана методика оценивания качества деятельности университетов, с учетом весомостей процессов на учебных кафедрах, а также с учетом весомостей кафедр разных направлений. Предложены преобразования, которые позволяют обращать измеренные значения единичных показателей качества в безразмерные. Разработан метод получения плановых единичных показателей качества процессов. Представлены результаты применения разработанных методов и методик в деятельности университета.

Ключевые слова: управление университетом, система менеджмента качества, количественная оценка процессов, единичные показатели качества процессов, обобщенный показатель качества.

Введение

От результатов деятельности университетов в значительной степени зависит экономическое развитие страны, поэтому проблема обеспечения качества образовательных услуг всегда была актуальной и социально значимой. В последнее время она обострилась в связи с все большей ориентацией университетов на бизнес, высокая конкуренция, среди которых, вызывает необходимость бороться за каждого потребителя на рынке образовательных услуг.

Особенно актуально данная проблема представляется в странах, что переживают сложную демографическую ситуацию, среди них и Украина. С 2008 года наблюдается сокращение количества выпускников школ, которые, в поисках качественных образовательных программ, лучших условий обучения, при меньшей стоимости, с гарантией трудоустройства и т.д. Таким образом, каждый университет в отдельности обязан бороться за свое существование путем повышения качества деятельности, что влечет за собой необходимость применения новых технологий менеджмента. Современной общепризнанной моделью, является система менеджмента (СМК) в соответствии с ISO 9001:2015. Как показывает опыт ее внедрения в производственной сфере, правильное проектирование и сопровождение такой системы способствует улучшению деятельности, увеличению «добавленной ценности» и стоимости нематериальных активов любой организации, что непременно приводит к повышению ее конкурентоспособности.

Более того, университет, осуществляя подготовку будущих специалистов, должен научить их всем приемам инновационного менеджмента, чтобы, придя на рынок труда, он мог динамично развивать предприятие, и сам постоянно и динамично развивать свои знания и умения. А среда обучения, по-

строенная в соответствии с принципами современного менеджмента качества, будет способствовать формированию таких навыков.

Однако проектирование и поддержание такой системы менеджмента требует внедрения значительных изменений в многие сферы деятельности университета. Например, в Украине необходимость переориентации управления с того, что нацеленного на результат образовательной деятельности, на управление процессами, влечет за собой значительные трудности. Одной из них является принятие решений касательно объекта управления, что невозможно без оценивания его состояния при применении управляющих воздействий. Таким образом, исследование направлено на разработку метода оценивания процессов в университете есть актуальным, и будет полезным для учебных заведений, которые только начинают свой путь в современном управлении качеством, и тех, которые желают поддержать и улучшить свои результаты.

Анализ литературных источников. Существует множество методик [1] для контроля и оценивания знаний и умений студентов, на основании которых принимаются решения относительно улучшения, однако университет – это сложная совокупность процессов, и необходимо изучать характеристики каждого из них.

Начиная с 2007 года проблема построения СМК в учебных заведениях вызывает активный интерес в ученых-исследователей [2], однако вопросы оценивания процессов не рассматриваются. Ряд работ [3 - 5] направлены на исследование данных вопросов, но они заключаются в качественной оценке соответствия или несоответствия требованиям ISO 9001:2008 при проведении аудитов. Такой подход есть необходимым условием, однако недостаточным, поскольку только на основании количествен-

ного значения принимаются объективные решения по управлению.

Методы количественного оценивания процессов за несколькими критериями рассматриваются в работах [6, 7], однако при оценивании деятельности в университетах необходимо учитывать их особенности, а именно разную значимость учебных кафедр в подготовке выпускников, разную значимость процессов, что осуществляются на кафедрах, а также, составляет интерес получение количественных плановых единичных показателей качества процессов.

1. Теоретические основы количественной оценки процессов в университете

Согласно проведенному анализу требований стандартов ISO серии 9000 [8] одной из существенных особенностей количественной оценки СМК является разнородность шкал и граничных значений показателей качества процессов.

С учетом данной особенности, для преобразования разнородных единичных показателей качества процессов x'_1, x'_2, \dots, x'_n в безразмерную шкалу $F(x)$, целесообразно использовать математическую зависимость, что относится к теории экстремальных статистик [9]:

$$F_1(x) = \exp(-\exp(-x)) . \quad (1)$$

Можно наблюдать ее применение касательно оценивания экономических объектов [10], качества продукции [11].

Данная зависимость отображает распределение наибольшего значения выборки данных, и ее применение к оцениванию качества объектов имеет несколько преимуществ:

1) как было указано выше, это возможность оценивать качество объектов за единичными показателями, что имеют разную размерность. Нет ограничений к количеству единичных показателей качества;

2) анализируя графическое представление данной зависимости можно утверждать, что что качество объекта при определенных условиях может быть равным нулю;

3) данная зависимость учитывает нестойкость понятия качества, что вызвано, как физическим, так и моральным «старением» (из-за быстро меняющихся требований потребителей). Функция не достигает максимального значения – 1, а только стремится к нему.

Данные преимущества соответствуют особенностям оценивания процессов, однако недостаточно иметь одну такую зависимость, поскольку процессы имеют разную весомость в составе СМК. Поэтому, в работе [12] на основании применения (1) и классификации показателей качества, была разработана

система из 20-ти зависимостей между единичными показателями качества и их оценками на безразмерной шкале, что позволяет учитывать разнородность единичных показателей качества по критерию оптимальности, а также варьировать весомостью процессов в составе системы.

Практика применения стандартов ISO серии 9000 показывает, что оценивание процессов СМК осуществляется на уровне функционирования процесса руководителем самого процесса или ответственным лицом, а также во время внутренних и внешних аудитов. Исследователи [13], различают аудит, когда оцениванию подлежит один процесс в нескольких подразделениях, и, когда одно подразделение оценивается по нескольким видам деятельности. Особенность университета в том, что здесь есть необходимость осуществлять данные два вида оценивания, поскольку в учебных кафедрах реализуется несколько видов процессов.

В случае оценивания определенного процесса, например «управление документацией» в университете, применима методика, представлена в работе [12]. Трудность составляет оценка качества деятельности учебных кафедр (что имеют разную значимость в структуре университета) за несколькими видами процессов, которые отличаются по своей весомости, и имеют заранее заданные требования.

2. Количественная оценка процессов в университете

Международные стандарты содержат требования к 4-м группам взаимосвязанных процессов: управленческой деятельности; обеспечения ресурсами; выпуска продукции (или предоставления услуг); измерения, анализа и улучшения.

Университет сложная организация, в которой осуществляются все эти виды деятельности. Процессы, связанные с предоставлением образовательных услуг реализовываются на кафедрах. Рассмотрим процессы, которые осуществляются на кафедрах, как структурных подразделениях университета:

1. Профориентационная работа. Преподаватели или воспитатели имеют непосредственную связь с потребителями образовательных услуг (студентами, родителями, работодателями), которые по данным [14] являются наиболее эффективным методом рекламы. Кроме того, наиболее подробно, точно и интересно о специальностях и специфике будущей деятельности абитуриентам могут рассказать люди, у которых есть значительный опыт в этой сфере, т.е. научно-педагогические сотрудники университета. Каждый сотрудник кафедры заинтересован в результате профориентационной работы, поскольку от принятых в университет абитуриентов зависит его будущая деятельность. Таким образом, процесс профориентационной работы есть важным в работе

кафедры, и показатели его функционирования необходимо учитывать для оценки качества работы кафедры, как структурного подразделения университета.

2. Учебный процесс направлен на реализацию содержания образования с применением компонентов обучения (методик, методов, форм и средств) для достижения поставленных целей. Задача преподавателя заключается не только в реализации содержания, а и в разработке данных компонентов, наиболее оптимальных для изучения определенной дисциплины, их адаптации к каждой учебной группе, а также совершенствовании с учетом требований внешних систем. Учебный процесс является ключевым в деятельности университета, от его функционирования зависит удовлетворение работодателей, мобильность выпускников на рынке труда, их уровень жизни, и, как результат дальнейшая заинтересованность потребителей в предоставлении данным университетом образовательных услуг.

3. Не менее важным является воспитательный процесс. Его реализация осуществляется как на уровне университета, так и на уровне кафедр – через работу кураторов групп. Куратор влияет на студенческую молодежь путем проведения разнообразных мероприятий, привлечением их к самовоспитанию, способствует формированию морально-этических качеств и др.

4. Научная деятельность. В рамках данного процесса осуществляется выполнение научно-исследовательских работ, подготовка научных и научно-педагогических кадров (PhD и докторов наук), научная работа с студентами (подготовка маги-

стров, студентов к участию в научных конкурсах и олимпиадах), патентно-лицензионная и инновационная деятельность, научно-издательская деятельность, организация и проведение научно-практических конференций и др. Данные виды работ осуществляют сотрудники учебных кафедр, и качество их выполнения следует оценивать с целью дальнейшего управления.

5. Международная деятельность. Основное задание данного процесса обеспечить реализацию образовательной и научно-исследовательской деятельности на международном уровне, а также формирование межкультурной коммуникации. Главные составляющие международной деятельности: академическая мобильность студентов или сотрудников кафедры (возможность международного обучения и обмена опытом), обучение иностранных граждан, международное сотрудничество (проведение и участие в конференциях, международные публикации, лекции, форумы, консультации и др.).

6. Учебно-методическое обеспечение каждой дисциплины также является обязанностью сотрудников кафедры. Функционирование данного процесса имеет влияние на другие в составе СМК, поэтому показатели качества данного процесса необходимо учитывать для оценивания деятельности кафедры.

Каждый из указанных процессов оценивается за единичными разноразмерными и разнородными показателями. Для каждого такого процесса на кафедре может быть установлена весомость и применима система зависимостей (рис. 1, [12]) для нахождения обобщенного показателя качества.

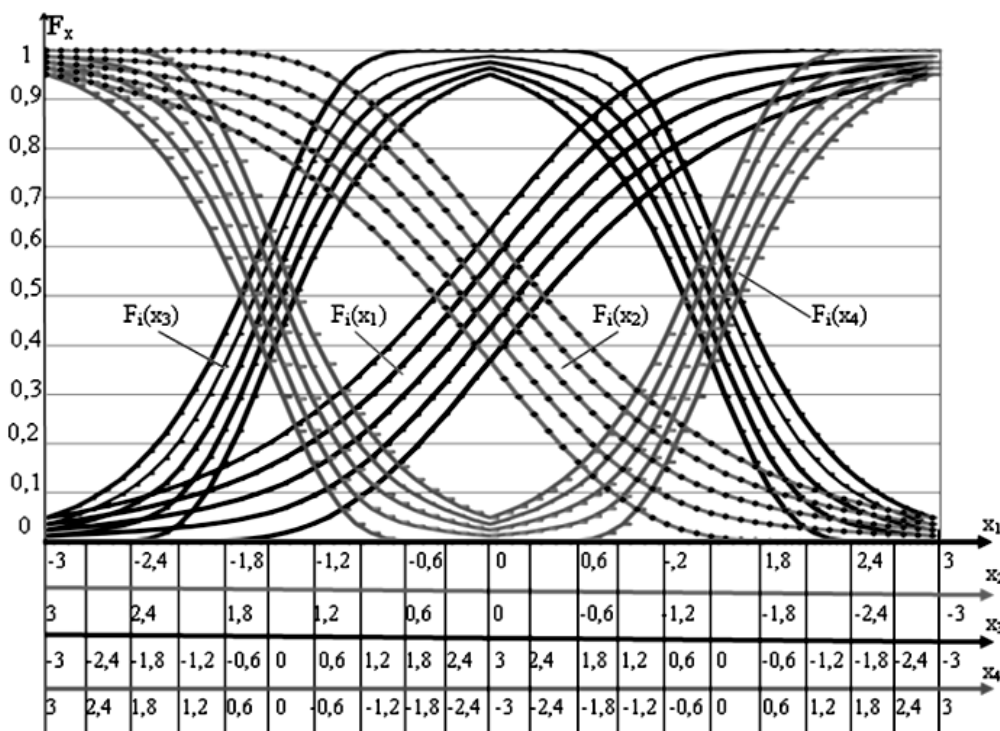


Рис. 1. Система зависимостей оценивания качества процесса

$$F_2(x) = \frac{F_1(x) + F_3(x)}{2} = \frac{3\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x))}{4}; \quad (2)$$

$$F_3(x) = \frac{(\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x)))}{2}; \quad (3)$$

$$F_4(x) = \frac{F_3(x) + F_5(x)}{2} = \frac{\exp(-\exp(-x)) + 3(1 - \exp(-\exp(x)))}{4}; \quad (4)$$

$$F_5(x) = 1 - \exp(-\exp(x)); \quad (5)$$

Такая совокупность зависимостей дает возможность получить не только точечную оценку по определенной функции, а также интервальную между 2-мя из 5-ти функциями. Это позволяет устанавливать предельные границы к качеству функционирования того или иного процесса.

Для получения значения обобщенного показателя качества процесса необходимо урегулировать шкалы единичных показателей x'_1, x'_2, \dots, x'_n . Для этого необходимо знать граничные значения каждого единичного показателя x'_{\min} и x'_{\max} , затем разделить на то количество интервалов, которое есть на соответствующей промежуточной шкале. Так для показателей качества, у которых:

- оптимальное (наилучшее) значение стремится к наибольшему граничному значению или наименьшему, т.е. оценка осуществляется с использованием зависимостей $F_1(x_1)$ и $F_1(x_2)$, таких интервалов будет 10;

- оптимальное (наилучшее) значение стремится к срединному или крайним граничным значениям, т.е. оценка осуществляется с использованием зависимостей $F_3(x_3)$ и $F_1(x_4)$, интервалов будет 20.

В дальнейшем, измеренные значения единичных показателей качества процессов необходимо сравнить с граничными на шкалах:

- если измеренное значение совпадает с граничным, то для определения оценки единичного показателя качества на безразмерной шкале применяется соответствующее значение на промежуточной шкале x_i ;

- однако, если измеренное значение находится между двумя граничными на шкале, то следует сделать переход от шкалы единичного показателя качества к промежуточной x_i . Для этого предлагаем использовать аффинные преобразования, которые позволяют сохранять отношения распределения отрезка одинаковыми. Т.е., если есть верхняя $x'_{jв}$ и нижняя $x'_{jн}$ границы измеренного значения еди-

ничного показателя качества x'_j и им соответствует верхнее $x_{iв}$ и нижнее $x_{iн}$ значение на промежуточной шкале x_i , то величины деления отрезка равны между собой:

$$x_i = \frac{x_{iв} + \lambda \cdot x_{iн}}{1 + \lambda}, \quad (6)$$

где

$$\lambda = \frac{x'_{jв} - x'_j}{x'_j - x'_{jн}}. \quad (7)$$

Следующим этапом есть нахождение обобщенного показателя качества, который и будет характеризовать качество процесса в целом. Для этого можно использовать одну из средних (арифметическую, геометрическую, гармоническую), которые дают возможность свести в единое значение отдельные оценки. Для оценивания качества процессов СМК, считаем целесообразным рассчитывать среднее геометрическое значение (8), поскольку, если в случае один из показателей будет равен нулю, то качество процесса в целом будет равняться нулю, а единицу, т.е. максимальное значение, можно получить только в случае, когда все единичные показатели будут равны 1.

$$F = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n F_i(x)}, \quad (8)$$

где n – количество единичных показателей качества процесса, $F_i(x)$ – значение i -го единичного показателя качества процесса на безразмерной шкале. Каждый из указанных выше процессов имеет место в деятельности кафедр университета. Однако, кафедры имеют разное значение в формировании будущего специалиста. Например, есть кафедры: социально-гуманитарного направления (кафедры: иностранных языков, истории и политологии, филологии и т.д.), фундаментального (физики, математики, теоретической механики, информатики и т.д.), и специального направления (кафедры, что осуществляют подготовку специалистов по определенной специальности).

Таким образом, недопустимо оценивать все кафедры по одной и той же зависимости, поскольку требования к их деятельности должны быть разными. Кроме того, каждая кафедра отличается количеством сотрудников, профессорским составом и др. В таком случае, можно регулировать требования к их деятельности, путем использования для их оценивания одной из 5-ти зависимостей рис. 3.

Одним из требований ISO 9001:2008 есть постановка целей в количественном выражении. Деятельность университета соответствует этому требованию, в начале учебного года устанавливаются количественные требования к видам деятельности и к учебным кафедрам. Т.е., в таком случае известно

значение обобщенного показателя качества F . Для того, чтоб определить желаемые значения единичных показателей предлагаем использовать обратные формулы к (1)-(5):

$$x_i = -\ln\left(\ln\left(\frac{1}{F_1(x_i)}\right)\right); \quad (9)$$

$$x_i = \ln\left(\ln\left(-\frac{1}{F_5(x_i) - 1}\right)\right); \quad (10)$$

$$x_i = -\frac{1}{2}\ln\left(\ln\frac{1}{F_1(x_i)}\right) + \frac{1}{2}\ln\left(\ln\left(-\frac{1}{F_5(x_i) - 1}\right)\right); \quad (11)$$

$$x_i = \frac{-3\ln\left(\ln\frac{1}{F_1(x_i)}\right) + \ln\left(\ln\left(-\frac{1}{F_5(x_i) - 1}\right)\right)}{4}; \quad (12)$$

$$x_i = \frac{3\ln\left(\ln\frac{1}{F_5(x_i)}\right) - \ln\left(\ln\frac{1}{F_1(x_i)}\right)}{4}. \quad (13)$$

Такой подход позволит осуществлять управление, как на уровне кафедры, так и на уровне университета путем решения прямой и обратной задачи – планирования и оценивания деятельности в количественном выражении.

3. Результаты оценивания процессов в университете

Рассмотрим результаты применения предложенных методов и методик оценивания деятельности кафедр университета, с целью дальнейшего управления, на примере Украинской инженерно-педагогической академии (Харьков, Украина). В деятельность данной организации внедрены требования международного стандарта ISO 9001:2008. В качестве примера в рамках данного научного исследования рассмотрим учебный процесс на кафедре охраны труда, стандартизации и сертификации (ОПСС). Установленные критерии для оценивания качества учебного процесса в данной организации следующие:

K1 – абсолютная успешность: количество студентов, которые сдали экзаменационную сессию на 60-100 баллов в строк;

K2 – качественная успешность: процентная составляющая количества студентов, которые сдали экзаменационную сессию на 85-100 баллов, от общего количества студентов;

K3 – количество жалоб от заказчика образовательных услуг (студентов, родителей, работодателей, предприятий, что принимают студентов на практику и др.);

K4 – количество случаев нарушения рабочей дисциплины преподавателями кафедры (опоздания, незадокументированный перенос занятий, сокраще-

ние времени на проведение занятий, отсутствие на рабочем месте в рабочее время и др.);

K5 – количество случаев, что свидетельствуют об отклонении учебного процесса от рабочей программы;

K6 – количество проведенных открытых лекций с применением интерактивных технологий;

K7 – уровень соответствия методики обучения содержанию образования;

K8 – уровень удовлетворения студентов деятельностью преподавателей;

K9 – затраты на совершенствование учебного процесса;

K10 – уровень трудоустройства выпускников кафедры.

Граничные и оптимальные значения для данных показателей задаются экспертным путем, поскольку зависят от количества сотрудников на кафедре, количества студентов, что изучают дисциплины на данной кафедре, периода оценивания и др. В табл. 1 представлены результаты оценивания кафедры ОПСС за указанными показателями в 2013/2014 учебном году. Для показателей K1, K4, K6 использовались преобразования (6)-(7), поскольку измеренные значения находятся между граничными на промежуточных шкалах.

Применения метода анализа иерархий [15] позволило установить требования к оцениванию кафедр разного направления, а именно для кафедр: специальной подготовки использовались зависимости – $F_1(x'_i)$; фундаментальной подготовки – $F_3(x'_i)$; социально-гуманитарной подготовки – $F_5(x'_i)$.

Аналогичные математические преобразования с применением программного обеспечения проводились для каждого процесса, что имеет место на кафедре, а также аналогичным образом оценивание осуществлялось по остальным кафедрам университета. Полученные данные позволили установить рейтинг кафедр за результатами выполнения указанных выше процессов, который является фактическим поводом для анализа причин возникновения данной ситуации и применения руководством университета управленческих действий.

При планировании деятельности кафедры на следующий учебный год были заданы следующие количественные значения показателей:

профориентационная работа – (0,75-0,8);

учебный процесс – (0,8-0,85);

воспитательный процесс – (0,8-0,85);

научная деятельность – (0,9-0,95);

международная деятельность – (0,75-0,8);

учебно-методическое обеспечение – (0,85-0,9).

Для оценивания учебного процесса применяется зависимость (1), поскольку она выдвигает

наиболее высокие требования к качеству. Используя (9) можно определить единичные плановые показатели качества данного процесса, что позволяет руководителю подразделения распределить обязанности в количественном выражении между сотрудниками.

Вывод

1. Разработана методика оценивания качества деятельности университетов, с применением системы зависимостей между единичными показателями качества и их оценками на безразмерной шкале, которая позволяет учитывать весомость процессов на учебных кафедрах, а также весомость кафедр различных направлений.

2. Для оценивания единичных показателей качества процессов в университете предложено использовать двойные экспоненциальные распределения.

3. Разработанные методики применялись для оценки качества, и планирования деятельности кафедр в украинском университете.

Список литературы

1. Сливка В.П. Принципи та методи оцінювання (американський досвід) / В.П. Сливка // Матеріали міжнародної науково-практичної конф. «Освітні вимірювання в інформаційному суспільстві». – Київ, 2010. – С. 50.
2. Морзе Н.В. Система методичної підготовки майбутніх вчителів інформатики в педагогічних університетах: дисертація д-ра пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2003.
3. Тавлуй І.П. Передумови впровадження системи управління якістю у вищому навчальному закладі / І.П. Тавлуй // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2011. – №4 (71).
4. Столярчук П.Г. Методи оцінювання систем управління якістю / П.Г. Столярчук, Р.І. Байцар, А.В. Гунькало // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2008. – №68. – С. 244-247.

5. Бичківський Р.В. СУЯ: оцінювання ефективності функціонування / Р.В. Бичківський, А.В. Гунькало // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 4. – С. 42-46.
6. Brauers, W.; Ginevičius, R.; Podviesko, A. 2014. Development of a Methodology of Evaluation of Financial Stability of Commercial Banks, *Panoeconomicus*, 61(3). – P. 349–367.
7. Ginevičius, R.; Suhajda, K.; Šimkūnaitė J. 2014. Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 110(2014). – P. 952–960.
8. Триш Г.М., Горбенко Н.А., Денисенко М.В., Камрич О.О. Особливості системи управління якістю підприємства з урахуванням вимог міжнародних стандартів. *Машинобудування. Збірник наукових праць. – УІПА, Харків, – 2013. – №12. – С. 77-82.*
9. Gnedenko, B. V. Sur la distribution limitée u terme maximum d'une serie aleatoire. *Ann. Math.* 1943, 23 – 53.
10. Harrington E.C.Jr. The desirability Function. "Industr. Quality Control", 1965, April.
11. Триш Р. М. Точечная и интервальная оценки качества изделий / Р. М. Триш, Е. А. Слитюк // Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. НТУ „ХПІ”. – 2006. – № 27 – С. 96-102.
12. Romualdas Ginevičius, Halyna Trishch & Vladislavas Petraškevičius Quantitative assessment of quality management systems' processes *Economic Research Ekonom-ska Istraživanja*, 2015 Vol. 28, No. 1. – P. 1096–1110
13. Тавлуй І. П. Моніторинг якості продукту на фазах життєвого циклу проекту. 10-річчя спеціальності «Якість, стандартизація, сертифікація» в НУБіП України: зб. матер. конф. – Київ, 2012.
14. Тавлуй І. П. Результаты обратной связи с абитуриентами НУБіП Украины. Менеджмент качества в образовании: тезисы докладов по матер. IV всероссийск. научно-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2011.
15. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

Надійшла до редколегії 19.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.С. Гордєєв, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

КВАЛІМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСІВ УНІВЕРСИТЕТУ

Г.М. Триш, Н.І. Кім, А.М. Денисенко

Для багатовимірного оцінювання показників якості процесів університету пропонується використовувати систему залежностей між поодинокими показниками і їх оцінками на безрозмірною шкалою. Розроблено методику оцінювання якості діяльності університетів, з урахуванням вагомості процесів на навчальних кафедрах, а також з урахуванням вагомості кафедр різних напрямків. Запропоновано перетворення, які дозволяють звертати вимірні значення одиничних показників якості в безрозмірні. Розроблено метод отримання планових одиничних показників якості процесів. Представлені результати застосування розроблених методів і методик у діяльності університету.

Ключові слова: управління університетом, система менеджменту якості, кількісна оцінка процесів, одиничні показники якості процесів, узагальнений показник.

QUALIMETRIC APPROACH TO QUALITY ASSESSMENT PROCESSES UNIVERSITY

G.M. Trishch, N.I. Kim, A.N. Denysenko

For multi-dimensional evaluation of the University of processes quality indicators it is proposed to use a system of dependencies between single figures and estimates on a dimensionless scale. A method for evaluating the quality of university activities, taking into account the weight of the processes in training departments, as well as the weight of departments in different directions. Proposed changes which allow to pay the measured values of individual quality indicators dimensionless. A method of producing single planning process performance quality. The results of the application of the developed methods and techniques in the activities of the university.

Keywords: university management, quality management system, quantitative assessment processes, individual processes of the quality indicators, generalized.

УДК 519.7

О.В. Чалая

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЗНАНИЕ-ЕМКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрена проблематика построения моделей знание - емких бизнес-процессов, связанная с необходимостью моделирования многовариантных бизнес- процессов, а также процессов, изменяющихся во время выполнения. Выполнен анализ подходов к выделению элементов таких процессов и связей между элементами. Рассмотрен состав таких процессов и предложено их структурированное описание. Предлагаемое описание знание - емких бизнес-процессов охватывает три аспекта: контекст; темпоральный аспект, знаниевый аспект. Контекст задает виртуальную среду для выполнения знание - емкого бизнес-процесса и описывает все элементы его ресурсной составляющей. Темпоральный аспект отражает последовательность действий процесса во времени с использованием отношений неразличимости, перехода, порядка, границы, а также детализации/обобщения. Аспект знаний задает выполнение действий, позволяющих достичь цели процесса в текущем контексте и включает в себя явные и неявные знания, которые отражают статические зависимости между элементами контекста и динамические зависимости между элементами контекста и действиями процесса, а также зависимости, определяющие порядок взаимодействия между подпроцессами .

Ключевые слова: бизнес-процесс, контекст, объект, неявные знания, workflow.

Введение

Знание - емкий процесс (ЗБП) представляет собой адаптируемый бизнес-процесс с изменяемым во время выполнения алгоритмом действий. Изменение последовательности действий происходит на основе организационных знаний с учетом состояния контекста, в котором выполняется ЗБП. При выполнении и адаптации такого процесса используются явные и неявные знания [1, 2]. Явные знания известны априорно, при построении модели процесса. Неявные знания – это личные знания человека, результат его персонального опыта. Поэтому такие знания не могут быть включены в модель без их экстернализации (преобразования в явную форму)[3-5].

Таким образом, при построении модели ЗБП необходимо учитывать как явную, так и неявную составляющие знаний.

Неявные знания в ЗБП отражают контекстно-зависимый опыт персонала и потому определяют необходимые и достаточные условия для реализации действий процесса в определенном контексте.

Результаты применения неявных знаний отражены в логике бизнес-процесса. Поэтому такие знания могут быть экстернализованы методами process mining [6, 7].

Традиционные подходы к построению моделей таких процессов направлены на отображение неявных знаний в виде ссылки на соответствующих исполнителей [4, 5, 8, 9], что требует учитывать квалификацию и мотивацию персонала, и не позволяет тиражировать модель бизнес-процесса.

Изложенное определяет актуальность проблемы построения моделей знание-емких бизнес-процессов с возможностями экстернализации неявных зависимостей.

Целью данной статьи является структуризация знание - емких бизнес-процессов с учетом явной и неявной составляющей знаний о процессе, а также взаимодействия этих составляющих.

Структура и основные элементы знание - емких бизнес-процессов

Существующие подходы к моделированию бизнес-процессов позволяют построить многоаспектное описание процесса, отражающее как последовательность его действий, так и условия, результаты и контекст исполнения таких последовательностей.

Обычно рассматриваются такие аспекты БП[10]: последовательность действий; данные; ресурсы.

Использование аспекта знаний при описании БП позволяет получить знание - емкие (knowledge-intensive) бизнес-процессы (ЗБП) [4, 5, 9]. При этом знание рассматривается как необъемлемый ресурс организации.

Бизнес-процессы, основанные на знаниях, представляют собой гибкие адаптируемые БП, которые характеризуются изменяемой последовательностью действий, наличием частных (однократных) реализаций (ad-hoc - процессы), а также возникновением непредвиденных исключительных ситуаций. Такие процессы используются при решении слож-

ных задач, требующих креативности, опыта и интуиции исполнителей. Конечный продукт либо услуга знание - емкого бизнес-процесса является результатом применения знаний исполнителями процесса.

Исполнители действий ЗБП наделяются возможностью изменить ход его выполнения, поскольку они обладают соответствующими знаниями. Это позволяет усложнить описание последовательности действий процесса и представить ЗБП в виде набора компонент, предназначенных для обработки соответствующих ситуаций либо их последовательностей.

Следовательно, действия ЗБП в каждой ситуации зависят как от общих формальных знаний, представленных в виде бизнес-правил, так и от персональных знаний исполнителей процесса. Последние представляют собой неявные знания [10].

Термин «неявное знание (tacit knowledge)» был впервые введен в работах М.Поланьи [1] для обозначения личностных знаний человека, которыми он легко оперирует, но не может напрямую передать другим.

Неявное знание может существовать в двух формах: знание, присущее непосредственно человеку; знание, «встроенное» в процессы, которые выполняют люди или в продукты, которые люди создают.

Знание первой формы связано с человеком - носителем, не всегда им озвучивается и осознается. Такое знание может принадлежать как одному человеку, так и группе людей.

Знание, присущее непосредственно человеку, может отражать свойства различных объектов, связи между ними, возможные действия над этими объектами, возможные взаимодействия между объектами.

При попытке извлечения данного знания человек обычно формулирует произвольные зависимости, которые не соответствуют предметной области и не могут быть использованы на практике. Неявное знание, распределенное между группой людей, обычно содержит специфические «know how», отражающие порядок протекания бизнес-процессов в организации, правила организации командной работы и т.п.

В целом такие знания о взаимодействии сотрудников входят в состав корпоративной культуры организации.

Неявное знание второй формы «встроено» в процессы и предметы (в том числе документы), с которыми люди оперируют в определенном контексте.

Для распознавания такого встроенного знания необходимо понимание неявного контекста, в котором реализуются процессы и используются предметы.

Например, в работе [11] показано, что используемые на практике прототипы позволяют команде разработчиков выявить и формализовать свои неявные знания в форме некоторых принципов, идей, предположений и в последующем применить их для усовершенствования прототипов. Сущность встроенного знания состоит в том, что при формировании процессов, создании и использовании объектов в конкретной предметной области используются и неявные знания. Эти знания определяют, например, способы использования предметов и процессов и поэтому могут быть выделены при решении задач, определяющих различные подходы к их применению.

Процессы также содержат встроенное знание. Модель выполняющихся процессов известна, однако знания, на основании которых были выстроены последовательности действий процесса, являются неявными.

В то же время эти знания используются при разработке новых процессов, их адаптации и оптимизации. Иными словами, явное представление бизнес-процессов, лишь частично отражает знания, используемые при их создании. Значительная часть знаний, необходимых для их построения, представлена в неявном виде.

Таким образом, неявное знание является неотделимой составляющей ЗБП, что и обуславливает необходимость его использования в модели такого процесса.

Существующие в настоящее время подходы к структуризации и описанию знание-емкого процесса основное внимание уделяют его отдельным особенностям, акцентируя внимание на применении встроенных неявных знаний, а также использовании опыта исполнителей для достижения цели процесса, отличиям в трассах процесса и сложности алгоритма, сотрудничеству исполнителей, а также адаптации процесса во время выполнения.

Подход определению ЗБП, основанный на выделении аспекта знаний, предполагает объединение методов управления бизнес-процессами и методов управления знаниями. Управление знаниями в данном случае рассматривается как организационный процесс, основанный интеграции преимуществ применения информационных технологий и творческих, основанных на неявных знаниях, возможностей человека.

Ключевая роль в использовании процессных знаний принадлежит исполнителям, которые создают, передают, разделяют и применяют знания с учетом контекста ЗБП для достижения его целей.

В соответствии с данным подходом ЗБП рассматривается как процесс, в котором осуществляется преобразование знаний между явной и неявной формами.

Согласно подходу, базирующемуся на использовании неявных знаний исполнителей, последние рассматриваются как сочетание человеческого опыта, человеческих рассуждений, интерпретации контекста.

При этом неявные закономерности более важны для успешного достижения целей процесса, чем информация и явные знания, представленные в документах.

ЗБП рассматривается как процесс, который создает ценности только при условии удовлетворения требований к знаниям участников БП.

Мультиэкземплярный подход к определению ЗБП выделяет в качестве ключевого признака существенные отличия между трассами реализации одного и того же процесса. Каждая трасса соответствует одному экземпляру процесса. Непосредственное преобразование такого процесса в классическую последовательность работ и реализация традиционного процессного управления связаны со значительными трудностями, поскольку результаты работы процесса зависят от уровня квалификации и знаний исполнителей.

Алгоритмический подход к определению ЗБП рассматривает сложность реализуемого процессом алгоритма.

Такая сложность зависит от используемых процессных знаний. Последние являются специализированными, могут быть получены с привлечением экспертов, и адаптируются в различных реализациях процесса.

Подход к определению ЗБП через сотрудничество исполнителей основан на свойствах связанных с ЗБП неявных знаний.

Во-первых, формализация таких знаний требует значительных временных затрат.

Во-вторых, полученные (экстернализованные) знания обычно являются актуальными в течение непродолжительного времени.

Поэтому они могут изменяться во время выполнения процесса в результате сотрудничества исполнителей.

ЗБП обладает существенным отличием от традиционных бизнес-процессов: изменение процесса во время выполнения на основе знаний. Применение знаний исполнителей в ходе выполнения ЗБП может приводить к его адаптации с учетом текущих целей процесса и состояния внешней среды. Тогда ЗБП включает в себя действия по принятию решений с использованием контекстного знания, что и обуславливает изменение такого процесса во время его выполнения.

Таким образом, знание-емкий процесс кардинально отличается от традиционных процессов в двух аспектах, допуская изменение последовательности работ путем применения знаний.

Характерные особенности знание-емкого бизнес-процесса в аспекте последовательности работ включают в себя:

- интеграция подходов к процессному управлению, основанных на использовании знаний, информации, данных;
- многовариантность, гибкость процесса[1] на этапе проектирования путем учета явных знаний о ходе процесса;
- изменение процесса во время выполнения (process drift) на основе знаний исполнителей.

Особенности знание-емкого бизнес-процесса в аспекте знаний включают в себя:

- исполнители процесса обладают различным опытом и знаниями;
- принятие решений при выполнении процесса является многоуровневым, интегрирующим знания исполнителей, находящихся на различных ступенях организационной иерархии;
- в рамках процесса создаются новые знания, которые реализуются в форме креативных, инновационных решений.

Выполненный анализ подходов к структуризации ЗБП показывают, что такие процессы целесообразно рассматривать в рамках трех аспектов:

- контекст, который задает виртуальную среду для выполнения ЗБП;
- темпоральный аспект, который отражает последовательность действий процесса во времени;
- аспект знаний, который задает выполнение действий, позволяющих достичь цели процесса в текущем контексте.

Контекст включает в себя цели процесса, набор допустимых действий (либо решаемых процессом задач), организационные ресурсы и ограничения, ограничения внешней среды, а также набор объектов, с которыми оперирует бизнес-процесс. Организационные ресурсы содержат информацию об исполнителях процесса, отражающие его роль (должность), уровень компетентности и т.п.

В целом контекст описывает все элементы ресурсной составляющей знание-емкого бизнес-процесса.

Темпоральный аспект отражает иерархию последовательностей действий бизнес-процесса. Данная иерархия связана с организационной структурой предприятия, в котором данный процесс выполняется. Поэтому она показывает подчиненность исполнителей процесса.

Отличительная особенность темпорального аспекта – грануляция времени. Последняя позволяет учитывать в различном масштабе времени действия процесса на разных уровнях иерархии. Это дает возможность разделить отношения между действиями процесса для подпроцессов на одном и различных уровнях.

Для действий процесса на одном уровне необходимо задать упорядоченность во времени. Это означает, что отношения неразличимости действий должны быть сведены к отношениям перехода, порядка и границы между действиями процесса. Отношение неразличимости свидетельствует совпадении действий различных экземпляров (различных вариантов реализации) процесса. Отношение перехода определяет связь между двумя последовательно выполненными действиями бизнес-процесса. Отношение упорядоченности задает последовательность действий процесса. Отношение границы позволяет разделить неразличимые действия при объединении в модель нескольких экземпляров процесса.

Для подпроцессов, соответствующих различным уровням организационной иерархии, задаются отношения обобщения (при переходе на уровень вверх)/детализации (при переходе на уровень вниз). Указанные отношения позволяют установить соответствие между действиями более высокого уровня и подпроцессами, находящимися на более низком уровне иерархии. Это дает возможность с одной стороны построить иерархию процессов предприятия, связав ее с иерархией исполнителей.

С другой стороны такой подход позволяет структурировать многовариантные ЗБП, разделив варианты по уровням иерархии и описав логику процесса на более высоком уровне. При этом упрощается и алгоритм реализации последовательности действий процесса.

Логика выбора уровня детализации, а также последовательности действий процесса на соответствующем уровне рассматривается на знаниевом аспекте ЗБП. Данный аспект учитывает статические и динамические зависимости, выражая их через процедурные и декларативные знания.

Статические зависимости отражают связи между элементами контекста ЗБП, которые не изменяются со временем.

Динамические зависимости отражают как связи между элементами контекста и действиями процесса, так и взаимовлияние подпроцессов/ЗБП в целом.

Динамические зависимости первого вида фактически задают условия для выполнения действий процесса, а второго – для изменения хода процесса. С учетом выделения явных и неявных знаний получаем 6 видов зависимостей.

Явные зависимости позволяют априорно задать варианты поведения процесса в зависимости от начального состояния контекста, а также последующего изменения его состояния. Явные статические зависимости задают начальные связи между уровнями иерархии темпорального аспекта. Динамические зависимости первого вида задают условия запуска подпроцессов на каждом уровне иерархии. Динами-

ческие зависимости второго вида определяют взаимодействие подпроцессов, относящихся к различным уровням иерархии темпорального аспекта ЗБП.

Априорное включение указанных зависимостей в модель позволяет решить задачу построения гибких многовариантных бизнес-процессом.

Неявные зависимости обладают теми же свойствами, что и явные, но они не входят в состав модели. Поэтому неявные зависимости позволяют изменить модель процесса во время выполнения, включив в нее необходимые при текущем состоянии контекста последовательности действий.

Обобщенно, без экстернализации, такие зависимости задают связь между такими элементами контекста как исполнители, и темпоральным аспектом процесса. Такой подход, как было показано ранее, реализован в KMDL.

Рассмотренное в данной работе разделение неявного знания на встроенное знание и принадлежащее человеку показывает возможность экстернализации встроенных зависимостей на основе анализа поведения соответствующих процессов. Например, отдельные экземпляры одного процесса, а также аналогичные процессы, которые функционируют на различных подразделениях одного и того же предприятия, обладают общим явным знанием. Различие в их поведении вызвано различиями действий исполнителей. Поэтому запись поведения процессов содержит встроенное неявное знание, и сравнительный анализ следов реализации таких ЗБП позволит найти искомые зависимости и включить их в модель процесса. Это дает возможность исключить эмоциональный и мотивационный факторы, присущие исполнителями и связанные с реализацией неявных знаний.

Изложенные особенности аспекта знаний бизнес-процесса показывают возможность преобразования знаний из неявной в явную форму. Полученные знания включаются в состав модели. Затем они используются персоналом – т.е. преобразуются в неявную форму. Поэтому в данный аспект ЗБП включаются также процессы экстернализации, интернализации, социализации и комбинации[3].

Выводы

В статье рассмотрена проблематика построения моделей знание - емких бизнес-процессов, связанная с необходимостью моделирования многовариантных бизнес процессов, а также ЗБП, изменяющихся во время выполнения.

Выполнена структуризация таких процессов. Предлагаемое описание знание - емких бизнес-процессов содержит три аспекта: контекст; темпоральный аспект; знаниевый аспект.

Контекст задает виртуальную среду для выполнения ЗБП. Темпоральный аспект отражает по-

следовательность действий процесса во времени. Аспект знаний задает правила выполнения действий, позволяющих достичь цели процесса в текущем контексте.

Отличительная особенность контекста ЗБП в рамках предлагаемой структуры состоит в том, что контекст включает в себя набор возможных действий процесса, цели, а также ресурсные ограничения на такие действия.

Предлагаемое представление темпорального аспекта отличается от существующих использованием отношений неразличимости, перехода, порядка, границы, а также детализации/обобщения.

Аспект знаний бизнес-процесса включает в себя явные и неявные знания, которые отражают статические зависимости между элементами контекста и динамические зависимости между элементами контекста и действиями процесса, а также зависимости, определяющие порядок взаимодействия между подпроцессами ЗБП.

Предлагаемое представление аспекта знаний также учитывает преобразования знаний между явной и неявной формами.

Список литературы

1. Polanyi M. *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy* / M. Polanyi. – University of Chicago Press, 1958. – 493 p.
2. Polanyi M. *The Tacit Dimension* / M. Polanyi. – University of Chicago Press, 1966. – 104 p.
3. Нонака И. Компания - создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / И. Нонака, Х. Такеучи - М., 2003. – 384 с.

4. Gronau N. *KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes* / N. Gronau, C. Müller, R. Korf // *Journal of Universal Computer Science*. - 2005. – №11(4). – pp. 452- 472.

5. Gronau N. *Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice* / N. Gronau –Taschenbuch . – 519 p.

6. W.M.P. van der Aalst. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes [Text]* / W.M.P. van der Aalst. Springer-Verlag, Berlin, 2011. – 352 p.

7. W.M.P. van der Aalst. *Process Mining in the Large: A Tutorial. [Text]* / In E. Zimnyi, editor, *Business Intelligence (eBISS 2013)*, volume 172 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, Springer-Verlag, Berlin, 2014. – P. 33-76.

8. Елиферов В.Г. Бизнес-процессы: Регламентация и управление / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 319 с.

9. Gronau N. *A Proposal to Model Knowledge in Knowledge-Intensive Business Processes* / N. Gronau, C. Thim, A. Ullrich, G. Vladova, E. Weber // *BMSD 2016*. 20-22 June, Rhodes, Greece. Volume 16.

10. La Rosa M. *Configurable multi-perspective business process models* // M. La Rosa, M. Dumas, Arthur H.M. ter Hofstede, J. Mendling // *Information Systems*. - 2011. – Vol.36 Issue 2. – pp. 313-340.

11. Leonard-Barton, D. *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation* / D. Leonard-Barton. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1995. – 334p.

Надійшла до редколегії 12.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Філатов, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ЗНАННЯ-ЄМНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

О.В. Чала

У статті розглянуто проблематику побудови моделей знання - ємних бізнес-процесів, пов'язана з необхідністю моделювання багатоваріантних бізнес-процесів, а також процесів, що змінюються під час виконання. Виконано аналіз підходів до виділення елементів таких процесів та зв'язків між елементами та запропоновано їх структурований опис. Запропонований опис знання - бізнес-ємних процесів охоплює три аспекти: контекст; темпоральний аспект, аспект знань. Контекст задає віртуальне середовище для виконання знання - ємного бізнес-процесу і містить всі елементи його ресурсної складової. Темпоральний аспект відображає послідовність дій процесу в часі з використанням відносин непомітності, переходу, порядку, межі, а також деталізації / узагальнення. Аспект знань задає виконання дій, що дозволяють досягти мети процесу в поточному контексті і включає в себе явні і неявні знання, які відображають статичні залежності між елементами контексту й динамічні залежності між елементами контексту і діями процесу, а також залежності, що визначають порядок взаємодії між підпроцесами.

Ключові слова: бізнес-процес, контекст, об'єкт, неявні знання, workflow.

THE STRUCTURING OF KNOWLEDGE INTENSIVE BUSINESS PROCESS

O.V. Chala

The article considers the problems of construction of models of knowledge - intensive business processes associated with the need for multivariate modeling of business processes as well as processes that change at runtime. Structured description of such processes is suggested. The proposed description of the knowledge - intensive business process encompasses three aspects: the context; temporal aspect; knowledge aspect. The context defines the virtual environment to perform knowledge - intensive business process and describes all elements of its resource component. Temporal aspect reflects the sequence in time of the process using the relationship indistinguishable, move, order, border and detail / generalization. Aspect of knowledge sets to perform actions that allow to achieve the goal of the process in the current context. That aspect includes explicit and implicit knowledge, which reflects the relationship between the static and dynamic elements of the context, between the elements of the context and process actions, between the subprocesses.

Keywords: business process context object, tacit knowledge, workflow.

УДК 65.014; 658.012.32

О.І. Шостак

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна

КВАЛІМЕТРИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВІАЦІЙНОГО ПРОФІЛЮ

Викладено підхід до оцінювання ефективності процесів, що пов'язані із реалізацією високотехнологічних проектів в частині формування команд виконавців. Методичною основою дослідження обрано низку засобів визначення окремих компетенцій та компетентності в цілому претендентів на включення до складу команди проекту. За приклад взято типове високотехнологічне підприємство авіаційного профілю, яке спеціалізується на створенні та виготовленні самохідних пасажирських трапів. Для оцінювання ефективності управління людськими ресурсами застосовано кваліметричну модель, що надає змогу порівняти характеристики претендента на включення до складу команди проекту з ідеальним портретом виконавця.

Ключові слова: високотехнологічний проект, команда виконавців проекту, управління людськими ресурсами, підприємство авіаційного профілю, кваліметрична модель.

Вступ

На даний час все більшого поширення набувають високотехнологічні проекти, що передбачають використання високих технологій, під якими прийнято розуміти новітні і прогресивні технології сучасності. Такі проекти являють собою унікальні комплекси дій, що мають початок і кінець, і призначені для отримання бажаного результату в певний момент часу, в рамках встановленого бюджету, у найбільш наукомістких галузях промисловості [1]. За характером організації виробництва [2] та номенклатурою продукції, яка випускається, безумовно авіабудівні підприємства, зокрема ті, на яких проектується та виробляються авіаційні трапи, мають бути віднесені до класу високотехнологічних підприємств (ВТП). В силу зазначеного вище, при організації бізнес процесів на ВТП, на перший план виходить проблема забезпечення та підтримки належного рівня компетенцій як окремих співробітників таких підприємств, так і компетентності персоналу ВТП в цілому.

Компетенція - це особистісна здатність фахівця (співробітника) вирішувати певний клас професійних завдань. Також під компетенцією розуміють формально описані вимоги до особистісних, професійних і т.п. якостей співробітників компанії. Сукупність компетенцій; наявність знань і досвіду, необхідних для ефективної діяльності в заданій предметній області прийнято називати компетентністю [3].

Ефективність управління кадрами ВТП визначається ступенем реалізації спільних цілей проекту. Ефективність використання кожного окремого члена команди залежить від його здатності виконувати необхідні функції і мотивації, з якою ці функції виконуються.

Здатність виконувати відповідні функції передбачає наявність у фахівця необхідних для виконання

своїх функцій професійних навичок, знань, досвіду, відповідної фізичної сили і витривалості, інтелектуальних можливостей, загальної культури.

Створення команди виконавців високотехнологічного проекту по своїй суті є багатоаспектною (тобто може бути розглянута з позицій часових, бюджетних обмежень, ризик-аналізу та ін.), в даній статті формування команди проекту розглянуто з позицій компетентнісного підходу.

Використання компетентнісного підходу при формуванні команди проекту по створенню об'єктів нової техніки надає змогу забезпечувати належний рівень ефективності даного бізнес-процесу. Такий ефект досягається шляхом визначення компетенцій окремих претендентів, а згодом і членів команди; та компетентності команди в цілому.

На сьогодні зазначений вище підхід до управління людськими ресурсами при організації функціонування підприємств авіабудівної галузі ще не застосовувався. В теоретичному плані, основою розробки стала методологія, яка використовується на високотехнологічних підприємствах за кордоном, та має назву Competency-Based Approach [4 – 8].

Метою статті є удосконалення процесів управління персоналом у проектах підприємств авіабудівної галузі за рахунок створення та впровадження спеціалізованої методики, яка базується на компетентнісному підході та оцінюванні ефективності процесів управління ресурсами при розробці та реалізації високотехнологічних проектів, кваліметричної моделі.

Формулювання проблеми та постановка задач дослідження

Проблема, яка безпосереднім чином пов'язана із даним дослідженням, полягає у недостатній ефективності засобів, що на даний час застосовуються при

управлінні людськими ресурсами на високотехнологічних підприємствах. Вирішення заявленої проблеми передбачало, зокрема, реалізацію таких задач:

- здійснити критичний огляд публікацій, які присвячено проблемам управління персоналом ВТП;
- виявити особливості організації управління високотехнологічними проектами на підприємствах авіабудівної галузі, використовуючи при цьому як типовий виробничий об'єкт ПФ «Спейс»;
- розробити методику кваліметричного оцінювання ефективності процесів, що пов'язані із формуванням команди виконавців проекту створення об'єктів нової техніки на ВТП.

Аналіз поточного стану проблеми підвищення ефективності процесу формування команд виконавців проектів на ВТП

В основі проблеми формування команд виконавців проектів на ВТП лежить протиріччя між динамічністю процесів виробничої діяльності даної фірми, та емпірико-евристичною природою методів оцінювання та підбору членів команди проекту, що застосовувались до теперішнього часу на підприємствах такого типу, зокрема авіаційного профілю. Динамічність процесів у даному випадку обумовлена специфікою виробництва об'єктів авіаційної техніки, а саме: типом виробництва (одиничне або дрібносерійне), високою долею ручної праці, частою кодифікованістю виробів. Зазначені особливості значно утруднюють формування безпомилкових рішень щодо призначення членів команди проектів.

Стандартні методи оцінювання та підбору членів команди, до яких відносяться, насамперед, «метод 360 градусів», Assessment Center, а також методика «Азимут», націлені, головним чином, на визначення рівня компетенцій окремих осіб, а не на оцінку компетентності колективу виконавців в цілому.

Конструктивним шляхом вирішення зазначеної проблеми є застосування компетентнісного підходу до визначення загальної компетентності колективу виконавців проекту або підприємства в цілому. Даний підхід пройшов апробацію у різних галузях, наприклад у програмній інженерії, маркетингових акціях, тощо. Застосування компетентнісного підходу до вирішення задачі формування команди виконавців проектів з виробництва авіаційної техніки є новим, і тому потребує проведення відповідних наукових досліджень.

Використання методів компетентнісного підходу при формуванні команд ВТП дасть такі ефекти: скорочення часу на прийняття рішень; скорочення фінансових витрат на підвищення кваліфікації персоналу підприємства; зниження ризику прийняття невірних рішень.

Характеристика ПФ «Спейс» як типового ВТП

Приватна фірма «Спейс» спеціалізується на виробництві і ремонті аеродромної техніки, пропонуючи при цьому пакет напрямків щодо взаємовигідної співпраці, а саме: постачання аеродромної техніки (запасні частини до СПТ, самохідні пасажирські трапи (СПТ), укриття до самохідних пасажирських трапів); поставку запасних частин до самохідних пасажирських трапів СПТ-114, СПТ-154; капітальний та поточний ремонт самохідних трапів (Ремонт СПТ); модернізацію та вдосконалення самохідних трапів. Загальна кількість працівників: 37 осіб, у тому числі апарат управління - 15 осіб. Таким чином, ПФ «Спейс» являє собою типове машинобудівне підприємство авіаційного профілю. Особливістю даної фірми є її організація в формі віртуального підприємства.

В якості джерел інформації при аналізі об'єкта дослідження були залучені як експерти (директор, головний бухгалтер, начальник виробництва, технолог, менеджер із зовнішньоекономічної діяльності і т. ін.), так і текстові джерела (навчальні та довідкові керівництва, нормативно - довідкова документація). Для вивчення бізнес процесів на фірмі «Спейс» було використано інтерв'ювання тих співробітників, стаж роботи яких становить не менше 15 років, що забезпечило в результаті достатню достовірність даних.

Специфікою діяльності даної фірми є, з одного боку, прагнення зберегти в конструкції авіаційного трапа класичні, перевірені часом конструктивні рішення, що визначає підвищену надійність і живучість даних виробів, а з іншого - задоволення сучасним вимогам комфорту, що характерно для виробів провідних західних фірм.

Стратегія розвитку ПФ «Спейс» полягає у максимально можливій присутності на ринку виробництва та збуту авіаційних трапів в СНД і країнах ближнього і далекого зарубіжжя. Головним завданням фірми є всебічне розширення виробництва при повноті портфеля замовлень на найближчі два роки.

До людських ресурсів, які може використовувати ПФ «Спейс» слід віднести: наявність на ринку праці Харківського регіону достатньої кількості висококваліфікованих робітників (зокрема, слюсарів механоскладальних робіт), а також інженерно-технічних працівників (насамперед, майстрів виробничих дільниць, а також технологів); можливість розміщення на підприємствах міста Харкова та в інших регіонах України, а також в Російській Федерації, основної маси замовлень на виготовлення деталей, агрегатів та комплектуючих. Проведений аналіз показав, що основною потенційною проблемою в діяльності даного підприємства є конкуренція на ринку авіаційних трапів з боку західних фірм.

Поряд із зазначеною вище, існує ряд проблем внутрішнього характеру, безпосереднім чином

впливаючих на ефективність діяльності фірми «Спейс». Зокрема, оскільки ПФ «Спейс» за характером організації виробництва та номенклатурою продукції, яка випускається, безумовно повинна бути віднесена до класу високотехнологічних підприємств. В силу зазначеного вище, на перший план виходить проблема забезпечення та підтримки належного рівня компетенцій як окремих співробітників фірми, так і компетентності персоналу ПФ «Спейс» в цілому.

В організаційній структурі ПФ «Спейс» є ряд функціональних елементів, призначених для вирішення низки задач, які пов'язані із так званими Human Resource, тобто персоналом фірми. До цих елементів відносяться: «Менеджер з персоналу» та «Менеджер з навчання та розвитку персоналу». Сукупність вказаних елементів за своїми функціями відповідає відділу кадрів у складі виробничого підприємства традиційної структури. На рис. 1 наведена організаційна структура ПФ «Спейс».



Рис. 1. Організаційна структура ПФ «Спейс»

Застосування компетентнісного підходу при управлінні людськими ресурсами у проекті створення самохідного пасажирського трапу СПТ-154 на ПФ «Спейс»

Постановка задачі передбачає формування тієї частини команди проекту, яку складають виконавці, що не є штатними співробітниками ПФ «Спейс». При цьому ці працівники є штатними співробітниками підприємств, які входять до складу віртуально-го підприємства по виробництву СПТ-154.

Нехай $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ – множина членів команди, які не є співробітниками ПФ «Спейс» ($d_i = 1$, якщо i -й співробітник входить до складу команди, і $d_i = 0$ у протилежному випадку), при якому для кожного $j = \overline{1, m}$:

$$\sum_{i=1}^m (d_i R_{ij}) \geq k_j; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m (d_i c_i) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Узагальнена форма вихідних даних задачі оцінки рівня компетенцій членів команди проекту наведена у табл. 1.

Наступним етапом процесу реалізації моделі аналізу і контролю компетентності претендентів до включення у команду проекту є пошук підмножини найменшої вартості у множині співробітників, де для будь якої ролі, що належить до множини ролей

проекту, знайдеться співробітник, який має змогу виконати дану роль в межах наявних в нього компетенцій, а також при цьому кількість членів команди, які спроможні виконувати цю роль, повинна відповідати коефіцієнтам резервування. Вихідні дані для даної задачі наведено в табл. 2, а узагальнений результат її вирішення – у табл. 3.

Таблиця 1

Оцінка рівня заданих компетенцій членів команди проекту

Ролі / Вимоги проекту	a_1	a_2	...	a_j	...	a_m
q_1	R_{11}	R_{12}	...	R_{1j}	...	R_{1m}
...
q_i	R_{i1}	R_{i2}	...	R_{ij}	...	R_{im}
...
q_n	R_{n1}	R_{n2}	...	R_{nj}	...	R_{nm}

Пошук претендентів з резерву доцільно проводити за прецедентним методом [9]. Оскільки прецедентний метод в даному випадку містить в своїй основі кваліметричне подання портрету «ідеального» виконавця, запропоновано для формування команди проекту СПТ-154 використати спеціальну кваліметричну модель [10]. Ця модель складається з таких елементів: множини операторів оцінювання θ , які ґрунтовані на логіці порівняння L і використанні K и O – множин оцінок порівняння (кваліметричну модель наведено на рис. 2).

Таблиця 2

Рівень компетенцій співробітників згідно профілю ролей у проекті

Ролі / Вимоги проекту	a ₁ Кон- струк- тор	a ₂ Слюсар-мон- тажник елект- ронних приладів	a ₃ То- карі	a ₄ Фрезеру- вальники	a ₅ Свердлува- льники	a ₆ Розкрій- ники ма- теріалів	a ₇ На- ладчи- ки
Освіта	1	1	1	1	1	0	0
Розряд (категорія)	1	0	1	1	1	0	0
Стаж	0	1	1	1	1	1	1
Кількість проектів, в яких брав участь	1	0	0	0	0	0	0
Ділові якості	1	0	0	0	0	0	0

Таблиця 3

Фактичний рівень компетенцій претендентів на включення до складу команди проекту «СПТ-154»

Ролі / Вимоги проекту	a ₁ Кон- струк- тор	a ₂ Слюсар-мон- тажник елект- ронних приладів	a ₃ То- карі	a ₄ Фрезеру- вальники	a ₅ Свердлува- льники	a ₆ Розкрій- ники ма- теріалів	a ₇ На- ладчи- ки
Освіта	1	1	1	1	1	0	0
Розряд (категорія)	1	0	0	0	1	0	0
Стаж	0	1	1	1	1	1	1
Кількість проектів, в яких брав участь	1	0	0	0	0	0	0
Ділові якості	1	0	0	0	0	0	0

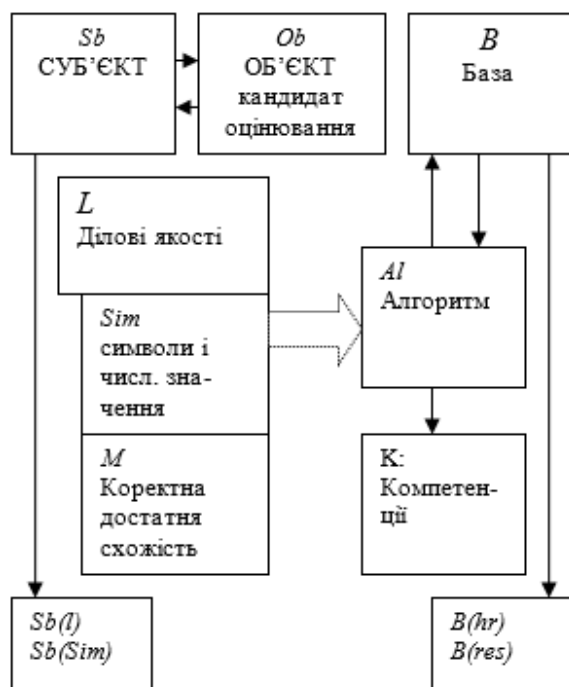


Рис. 2. Кваліметрична модель схожості співробітника з портретом «ідеального» виконавця

Реалізація кваліметричної моделі передбачає подання на вхід списку кандидатів до введення команду проекту, та їхні ділові і особисті характеристики з пронормованими кількісними показниками:

$$Al = \{0, L, K, O\}. \quad (3)$$

На виході моделі видається список претендентів, ранжований за ступенем близькості до портрету «ідеального» виконавця.

Кінцеве рішення приймає особа, що приймає рішення (директор ПФ «Спейс»).

На рис. 2 використано такі позначення:

Sb – суб'єкт (Sb(l), Sb(Sim) – суб'єкти для множини символів та ділових якостей);

Ob – об'єкт (кандидат оцінювання);

B – база, в якій зберігаються прецеденти;

B(hr), B(res) – відповідно база співробітників і резерву;

Al – алгоритм, що містить процедури формування та оцінювання компетенцій (K).

Значення складності виконуваних робіт отримується з бази прецедентів.

Застосування описаного вище підходу до задачі створення складу команди по виробництву самохідного пасажирського трапу СПТ-154 розпочалося з формування менеджером з персоналу сукупності фактичних характеристик, що притаманні претендентам у команду проекту (табл. 3). Зазначені у таблиці претенденти є штатними співробітниками підприємств (Чугуєвський агрегатний завод, АТ «Завод «Поршень»», ЗАТ «Завод ім.Шевченка»), які поряд із ПФ «Спейс», входять до складу віртуального підприємства по виробництву СПТ-154. Нижче наведено прізвища претендентів на входження в команду проекту:

a₁ – Тарасов І.Б., Чугуєвський агрегатний завод;

a₂ – Півень М.М., ЗАТ «Завод ім.Шевченка»;

a₃ – Сідельников М.В., Луценко І.С., Дудар В.А., Склярів О.Я., АТ «Завод «Поршень»»;

a₄ – Нікітенко О.В., Матросов І.Ф., Цима Ю.І., АТ «Завод «Поршень»»;

a₅ – Петренко А.В., Загребельний О.А., Чугуєвський агрегатний завод;

a₆ – Зібров С.Б., Чугуєвський агрегатний завод;

a₇ – Соколов М.Т., Чугуєвський агрегатний завод; Федорченко Л.А., АТ «Завод «Поршень»».

Порівняння фактичного рівня компетенцій з рівнем «ідеального» співробітника за допомогою кваліметричної моделі, надало змогу сформулювати рекомендації щодо підвищення рівня компетентності (шляхом донавчання та подальших кваліфікаційних випробувань) таких претендентів на входження до команди проекту:

- токарів Сідельнікова М.В., Луценко І.С., Дудара В.А. та Склярова О.Я.;
- фрезерувальників Нікітенка О.В., Матросова І.Ф., Циму Ю.І.

Таким чином, компетентнісний підхід у даному разі надав можливість обґрунтувати необхідність отримання вказаними вище робітниками 5го розряду для того, щоб рівень їх компетентності відповідав вимогам проекту.

Висновки

Викладено результати аналізу поточного стану проблеми підвищення ефективності управління людськими ресурсами високотехнологічного підприємства, які надали змогу встановити, що одним із критичних етапів є формування команди виконавців проекту.

Показано, що підприємства авіакосмічної галузі загалом можуть віднесені до класу високотехнологічних підприємств. Як типові ВТП авіаційного профілю розглянуто ПФ «Спейс», яка спеціалізується на створенні та виробництві самохідних пасажирських трапів.

Наведено сценарний приклад кваліметричного оцінювання претендентів, шляхом порівняння їх з ідеальним портретом виконавця за рівнем компетентності, на включення до складу команди виробників нової моделі трапу СПТ-154.

Список літератури

1. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд; Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004. – 472 с.
2. Бабушкин А.И. Техничко-экономическое обоснование изделий аэрокосмической отрасли / А.И. Бабушкин, В.П. Божко, В.А. Резчик, А.И. Лысенко, Я.В. Сафронов, В.А. Пильщиков, В.Н. Гавва. – Учеб. Пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». 2004г. – 130 с.
3. Morris, Peter W.G. Updating the Project Management Bodies of Knowledge // Project Management Journal, 32, No.3 (September 2001).
4. Ревкова Е.Г. Современная парадигма управления персоналом / Е.Г. Ревкова // Качество. Инновации. Образование. – 2004. – №1. – С. 17-20.
5. Дитхелм Г. Управление проектами. В 2 т. Т. II: Пер. с нем. – СПб.: Издательский дом «Бизнес - пресса», 2004. – 288 с.
6. Равен Д. Компетентность в современном обществе. Выявление, развитие и реализация. / Д. Равен. – М.: 2002. – 219 с.
7. Зимняя И.А. Ключевые компетенции — новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34-42.
8. Moore M. Learner autonomy: the second dimension of independent learning / M. Moore // Converguence. – 1992. – V.2. – P. 78 – 88.
9. Trow M. Lifelong Learning through the New Information Technologies / M. Trow // Higher Education Policy. – 1999. – №122. – P. – 22.
10. Азгальдов Г.Г. Методика кваліметричної оцінки технічних рішень / Г.Г. Азгальдов, Ф.З. Кича-тов, А.В. Ольшанский. – Калининград, 1979.

Надійшла до редколегії 12.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Є. Федорович, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВИАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ

Е.И. Шостак

Изложен подход к оценке эффективности процессов, связанных с реализацией высокотехнологических проектов в части формирования команд исполнителей. Методической основой исследования избран ряд способов определения отдельных компетенций и компетентности в целом претендентов на включение в состав команды проекта. В качестве примера взято обычное высокотехнологичное предприятие авиационного профиля, которое специализируется на создании и изготовлении самоходных пассажирских трапов. Для оценки эффективности управления человеческими ресурсами применена кваліметрическая модель, что дает возможность сравнить характеристики претендента на включение в состав команды проекта с идеальным портретом исполнителя.

Ключевые слова: высокотехнологичный проект, команда исполнителей проекта, управление человеческими ресурсами, предприятие авиационного профиля, кваліметрическая модель.

QUALIMETRIC EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT PROCESSES IN AVIATION PROFILE

E.I. Shostak

The approach to the evaluation of the effectiveness of the processes associated with the implementation projects in the formation of teams of artists. Methodical basis of the study selected a number of individual means of defining competencies and competency in general contenders for inclusion in the project team. For example a typical taken a high-profile air that on the creation and production of self-propelled passenger stairs. To evaluate the effectiveness of human resource management applied qualimetric model that allows you to compare characters, joints contender for inclusion in the project team with a perfect portrait of the artist.

Keywords: high-tech project, a team of project leaders, human resource management, aviation company profile qualimetric model.

УДК 681.3

Ю.М. Щєбланін

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ДЕРЖАВІ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЇЇ РОЗВИТКУ

У статті розглянуті проблеми функціонування систем технічного захисту інформації в Україні, проаналізовано її стан та перспективні напрямки розвитку.

Ключові слова: *державна таємниця, несанкціонований доступ, захист інформації.*

Вступ

В загальному комплексі заходів щодо забезпечення національної безпеки держави важливе місце займають заходи, пов'язані із безпосереднім захистом інформації від загроз, реалізація яких може нанести особі, суспільству та державі політичні, економічні, фінансові та інші збитки. Серед загроз, які можуть призвести до розголошення інформації, за своїми небезпечними наслідками особливе місце займають несанкціонований доступ до інформації, яка обробляється та циркулює на об'єктах інформаційної діяльності та в інформаційно-телекомунікаційних системах, а також витік інформації технічними каналами.

Саме з метою протидії зазначеним загрозам в Україні створена та функціонує система технічного захисту інформації, яка дозволяє вирішувати практично весь комплекс завдань з технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності та в інформаційно-телекомунікаційних системах державних органів, підприємств, установ та організацій.

Метою статті є моніторинг проблеми функціонування системи технічного захисту інформації в державі: її стан та напрямки розвитку.

Викладення основного матеріалу

Система технічного захисту інформації являє собою сукупність організаційних структур, поєднаних цілями і завданнями захисту інформації, нормативно-правовою та матеріально-технічною базою і спрямована на забезпечення інженерно-технічними заходами конфіденційності, цілісності та доступності інформації. Функції органу державного управління у сфері технічного захисту інформації виконує Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України, яка реалізує державну політику, здійснює управління захистом інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах та на об'єктах інформаційної діяльності, а також державний контроль за функціонуванням системи технічного захисту інформації [1].

На відомчому рівні в центральних органах виконавчої влади, інших державних органах, підпорядкованих ним підприємствах, установах та організаціях створюються або визначаються підрозділи, на які покладаються завдання із забезпечення технічного захисту

інформації. На сьогодні в країні створено відповідну нормативно-правову базу, яка визначає основні принципи технічного захисту інформації, норми та вимоги з технічного захисту інформації, порядок проведення робіт та здійснення контролю його ефективності. До неї входять [2] закони України; укази, постанови, розпорядження Верховної Ради України, Президента України, Кабінету Міністрів України, накази Адміністрації Держспецзв'язку, державні стандарти України, нормативні документи системи ТЗІ, стандарти та нормативні документи колишнього СРСР. Функціонування системи технічного захисту інформації здійснюється з урахуванням необхідності забезпечення гарантії відповідності рівня захищеності інформації вимогам нормативних документів. При цьому необхідну якість робіт з технічного захисту інформації можна забезпечити за умови залучення спеціалістів, які мають відповідну фахову підготовку та досвід роботи, при відповідному технічному оснащенні.

Суб'єкти господарської діяльності отримують ліцензію відповідно до Закону України "Про ліцензування певних видів господарської діяльності" та затверджених Ліцензійних умов.

Державні органи, які мають намір проводити роботи з технічного захисту інформації для власних потреб, отримують відповідний дозвіл Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. Як позитивний момент слід відзначити, що на сьогодні дозволи на проведення робіт з технічного захисту інформації для власних потреб отримали більше десяти державних органів.

Обов'язковою умовою забезпечення захисту інформації, яка циркулює в інформаційно-телекомунікаційних системах та на об'єктах інформаційної діяльності, є одержання об'єктивної оцінки рівня захищеності інформації. Це здійснюється через систему державної експертизи та атестації [3].

Ефективність робіт з технічного захисту інформації може бути досягнуто за умови застосування захищених засобів обробки інформації та засобів її захисту, які мають відповідні сертифікати та експертні висновки. Для цього засоби, які надходять на український ринок і споживачі яких належать до сфери державного управління, проходять перевірку на

відповідність вимогам технічного захисту інформації в Українській державній системі сертифікації продукції УкрСЕПРО, а також через державну експертизу у сфері технічного захисту інформації. Серед напрямків підвищення ефективності технічного захисту інформації в державних органах вбачається:

- створення дієво здатних підрозділів технічного захисту інформації та укомплектування їх фахівцями з відповідною підготовкою;
- розробка та впровадження відомих нормативно-правових актів технічного захисту інформації;
- визначення доцільності отримання дозволу на право провадження робіт з технічного захисту інформації для власних потреб залежно від обсягів робіт з захисту інформації та економічної доцільності;
- розробка органами, які мають дозвіл на право провадження робіт з технічного захисту інформації для власних потреб, документів, які дозволяють оптимізувати проведення робіт з захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах, в тому числі роботи з оцінки захищеності інформації.

Економічно обґрунтовані комплекси і системи захисту інформації будуються адекватно загрозам її безпеки, що описуються у відповідних моделях.

На конкретних об'єктах інформаційної діяльності (ОІД) створюються комплекси ТЗІ - комплекси захисту інформації з обмеженим доступом (ІЗОД) від витоку по технічних каналах.

При створенні комплексів ТЗІ досліджуються й аналізуються елементи ОІД, що можуть впливати на показники ефективності ТЗІ. Суб'єктами створення комплексу захисту можуть бути [2]:

- установа, яка є замовником створення комплексу захисту (далі - замовник або установа-замовник);
- структурний підрозділ установи, що обґрунтовує необхідність і заявляє створення комплексу захисту (далі - заявник);
- фахівець (фахівці), підрозділ, якому доручено організацію і супроводження робіт з ТЗІ в установі;
- суб'єкти господарської діяльності, що мають відповідні ліцензії на провадження діяльності у галузі ТЗІ.

Серед основних робіт, які проводяться та супроводжуються Держспецзв'язку для забезпечення подальшого розвитку системи технічного захисту інформації, можна відзначити роботи з:

- підвищення безпеки вітчизняних інформаційних ресурсів шляхом розроблення та впровадження в автоматизованих системах державних органів та установ вітчизняної захищеної операційної системи;

- визначення шляхів упорядкування та оптимізації заходів щодо створення, експертизи та впровадження в експлуатацію інформаційно-телекомунікаційних систем державних органів та установ, призначених для обробки секретної інформації;

- розробки сучасних нормативних документів з питань захисту інформації від витоку технічними каналами, створення та впровадження комплексів технічного захисту інформації і т. ін.

Висновок

Таким чином, розглянута система технічного захисту інформації в державі являє собою сукупність, а саме: Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, Служби безпеки України, матеріально – технічної бази, нормативно – правових актів, які визначають основні принципи технічного захисту інформації та спеціалістів високої кваліфікації, які мають відповідно фахову підготовку та досвід роботи. Робота даної системи спрямована на забезпечення інженерно – технічними заходами конфіденційності, цілісності та доступності інформації. Такий підхід забезпечить уникнення потенційних загроз національній безпеці держави в інформаційній сфері, а саме розгалуження інформації, яка становить державну та іншу, передбачену законом, таємницю, а також конфіденційної інформації, що спрямована на забезпечення національних інтересів держави.

Список літератури

1. Про Державну службу спеціального зв'язку та захисту інформації України: Закон України від 23 лютого 2006 р. № 3475-IV // Офіційний вісник України. – 2006. – № 13. – Ст. 856.
2. Рибальський О.В. Основи інформаційної безпеки та технічного захисту інформації / О.В. Рибальський, В.Г. Хахановський, Кудінов В.А. – К.: НАВСУ, 2012. – 104 с.

Надійшла до редколегії 15.08.2015

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

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ГОСУДАРСТВЕ И ПЕРСПЕКТИВ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Ю.Н. Шебланін

В статье рассмотрены проблемы функционирования систем технической защиты информации в Украине, проанализировано ее состояние и перспективные направления развития.

Ключевые слова: государственная тайна, несанкционированный доступ, защита информации

THE ANALYSIS OF SYSTEM OF TECHNICAL PROTECTION OF INFORMATION IN THE STATE AND PROSPECTS OF ITS DEVELOPMENT

Yu.N. Scheblanin

In the article were reviewed the problems of technical protection of information in Ukraine, were analyzed its status and future directions of development.

Keywords: state secret, unauthorized access, information security.

УДК 519.87 (045)

В.В. Козловский¹, Д.П. Чирва²¹ Інститут спеціальної зв'язи і захисту інформації НТУУ «КПІ», Київ² Інститут інформаційно-діагностических систем НАУ, Київ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

В статье разработана математическая модель распределённых магистралей передачи информации на основе нерегулярных линий передачи со случайным волновым сопротивлением.

Ключевые слова: волновое сопротивление; распределённые магистрали; передача информации.

Введение

В современных высокоскоростных информационных системах необходимо учитывать волновой характер процессов в магистралях передачи информации. В настоящее время в качестве моделей таких магистралей используются отрезки линий передачи с постоянным волновым сопротивлением (регулярные линии). Данная модель является весьма приближённой и позволяет учитывать в основном регулярные случайные ошибки в реализации постоянно-го номинального волнового сопротивления и ограниченный класс нерегулярных возмущений [1]. Данная модель не применима для анализа процессов в широкополосных информационных магистралях с переменным по длине волновым сопротивлением, поскольку процессы в этом случае описываются уравнениями нерегулярных линий [1].

При технической реализации нерегулярных линий из-за различных технологических неточностей неизбежно возникает ошибка в воспроизведении требуемого значения волнового сопротивления, что приводит к отклонению передаточных характеристик линии от заданных.

В общем случае эта ошибка является случайной величиной, рис. 1.

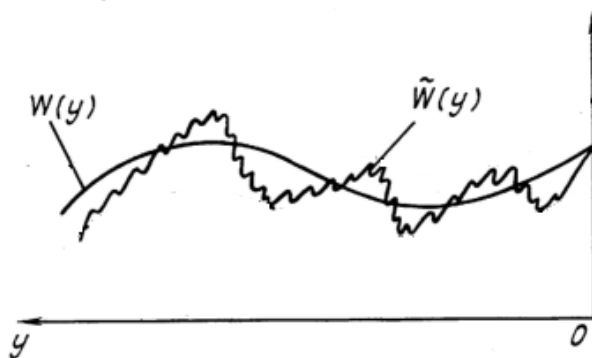


Рис. 1. Линия со случайным волновым сопротивлением $\tilde{W}(y)$, $W(y)$ – номинальное волновое сопротивление, y – геометрическая координата

Поэтому волновое сопротивление является не детерминированной функцией, а случайным процессом. В общем случае математическое ожидание этого процесса отличается от номинальных значений. Поэтому при изготовлении линий необходима технологическая коррекция (оптимизация) в реализации волнового сопротивления, которая компенсирует это различие.

В настоящей статье на основе теории марковских процессов [3] даётся стохастическое описание нерегулярных линий со случайными распределёнными неоднородностями.

Вывод стохастического уравнения для волнового сопротивления неоднородной линии

Известно [4], что процессы в неоднородных линиях полностью определяются перепадом волновых сопротивлений $N(\tau) = \frac{W'(\tau)}{2W(\tau)}$, где W – волновое сопротивление линии; τ – время задержки линии.

Из выражения для $N(\tau)$ следует, что все свойства линии определяются как значением волнового сопротивления $W(\tau)$ в данной точке τ , так и скоростью его изменения $W'(\tau) = \frac{\partial W(\tau)}{\partial \tau}$.

По своему характеру ошибки при реализации проводников линии весьма разнообразны. Например, при реализации коаксиальных линий возможны как непредвиденные резкие изменения диаметров проводников (скачки), так и довольно медленное изменение ошибки по координате. При реализации линий в виде полосковых конструкций случайным образом меняются ширины полосок и диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Поэтому, если за

исходную случайную функцию принять $N = \frac{W'}{2W}$, то диапазон ее изменения находится в пределах

$$-\infty < N(\tau) < \infty.$$

Ошибка в воспроизведении функции $N(\tau)$ является результатом воздействия большого количества различных несвязанных между собой факторов. Поэтому, согласно предельной теореме [3] можно считать, что ошибка распределена по нормальному закону. Интервал корреляции ошибки определяется особенностью технологического процесса изготовления линии и его величина как правило значительно меньше геометрической длины линии. Например, при шлифовке проводников интервал корреляции определяется размером зерна; при реализации полосковых линий интервал корреляции зависит от размеров микрочастиц, формирующих проводящий слой и т.д. Из сказанного следует, что ошибку в воспроизведении функции $N = W'/(2W)$ можно приближенно считать нормальным белым стационарным шумом с нулевым средним значением. Последнее утверждение следует из того, что вероятность появления положительной и отрицательной ошибки одинакова.

В дальнейшем для удобства используются следующие обозначения: случайные величины обозначены сверху знаком " \sim ", y - текущая геометрическая длина, ось ou направлена влево. Для детерминированных функций (для номинальных значений) обозначения оставлены прежними.

Таким образом, на основании вышеизложенного можем записать стохастическое уравнение для волнового сопротивления

$$\tilde{N}(y) = N(y) + \Delta_1(y), \quad \tilde{N}(y) = \frac{\tilde{W}'(y)}{2\tilde{W}(y)}, \quad (1)$$

где $N(y) = \frac{W(y)}{2W(y)}$ - детерминированная функция,

$\tilde{W}(y)$ - случайная функция волнового сопротивления,

$$\Delta_1(y) = g(y)\Delta(y), \quad (2)$$

$\Delta(y)$ - нормальный стационарный белый шум с корреляционной функцией

$$K_{\Delta}(y_1, y_2) = \frac{N_0}{2} \delta(y_2 - y_1),$$

и нулевым математическим ожиданием

$$m\{\Delta\} = 0,$$

$g(y)$ - некоторая функция, характеризующая статистические свойства процесса реализации линии, $g(y) \geq 0$.

Из (1) и (2) находим волновое сопротивление

$$W(y) = A(y)X, \quad A(y) = \exp\left\{2\int_0^y N(y)dy\right\}, \quad (3)$$

$$X = \tilde{W}(0)\exp\left\{2\int_0^y \Delta_1(y)dy\right\}.$$

Представим процесс X в виде

$$X = \exp\{2V\}, \quad (4)$$

где

$$V = \int_0^y \Delta_1(y)dy + \frac{1}{2} \ln \tilde{W}(0). \quad (5)$$

Из (5) следует, что V является марковским процессом с коэффициентом диффузии

$$b(y) = \frac{N_0 g^2(y)}{2}, \quad (6)$$

и нулевым коэффициентом сноса [3]. Вместо (5) часто бывает удобным пользоваться другой формой записи

$$\frac{dV}{dy} = \Delta_1(y),$$

$$V(0) = \lambda_0 = \frac{1}{2} \ln \tilde{W}(0),$$

$V(0) = \lambda_0$ - начальное случайное значение.

Из соотношений (3), (4) следует, что статистические характеристики волнового сопротивления

$$\tilde{W}(y) = A(y)e^{2V} \quad (7)$$

полностью определяются марковским процессом V . Перейдем к изучению основных свойств этого процесса.

Определение плотности вероятности марковского процесса V , заключенного между двумя отражательными границами

Плотность вероятности $P(v, y)$ марковского процесса $V(y)$ удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка-Колмогорова [3]. В нашем случае это уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial y} P(v, y) = \frac{1}{2} b(y) \frac{\partial^2}{\partial v^2} P(v, y). \quad (8)$$

Уравнение (8) допускает разделение переменных. Поэтому полагая

$$P(v, y) = V(v)Y(y), \quad (9)$$

из (8) получим

$$\frac{1}{b(y)Y(y)} \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{1}{2} \frac{1}{V(v)} \frac{\partial^2 V(v)}{\partial v^2} = -\lambda^2, \quad (10)$$

где λ^2 - некоторое положительное число. Поскольку равенство (10) справедливо при любых y и v , то вместо (10) можно рассматривать пару уравнений

$$V'' + \lambda^2 V = 0, \quad (11)$$

$$Y' + \frac{\lambda^2}{2} b(y)Y = 0. \quad (12)$$

Решением (12) является функция

$$Y(y) = Y(0) \exp \left\{ -\frac{1}{2} \lambda^2 \int_0^y b(y) dy \right\}. \quad (13)$$

Будем считать, что отражательные границы расположены в точках $V = 0$ и $V = 2h$. Условием отражения является равенство нулю функции потока $G(v, y)$ [3]. Для рассматриваемого процесса $V(y)$.

$$G(v, y) = -\frac{1}{2} \frac{d}{dV} [b(y)P(v, y)].$$

Отсюда находим, что плотность вероятности $P(v, y)$ должна удовлетворять граничным условиям

$$\frac{\partial}{\partial V} P(v, y) \Big|_{v=0} = \frac{\partial}{\partial V} P(v, y) \Big|_{v=2h} = 0.$$

Учитывая (9), находим

$$V'(0) = V'(2h) = 0. \quad (14)$$

Решением (11) при условиях (14) является, как известно, система ортонормированных функций ϕ_k :

$$\phi_0(V) = \frac{1}{\sqrt{2h}}, \quad \phi_k(V) = \frac{1}{\sqrt{h}} \cos \lambda_k V, \\ \lambda_k = \frac{k\pi}{2h}.$$

Поэтому, согласно методу разделения переменных [3], общее решение, удовлетворяющее (6), равно

$$P(v, y) = \sum_{k=0}^{\infty} C_k e^{-\frac{1}{2} \lambda_k^2 \int_0^y b(y) dy} \cos \lambda_k V.$$

Постоянные C_k определяются начальными условиями. Например, если процесс V в точке $y = 0$ детерминирован, т.е. $V(0) = \lambda_0$, то

$$P(V, 0) = \delta(V - \lambda_0),$$

где $\delta(v)$ - дельта-функция Дирака. В этом случае из разложения [3]

$$\delta(V - \lambda_0) = \sum_{k=0}^{\infty} \phi_k(V) \phi_k(0),$$

следует, что

$$C_0 = \frac{1}{2h}, \quad C_k = \frac{1}{h} \cos k\pi \frac{\lambda_0}{2h}.$$

Следовательно,

$$P(v, y, \lambda_0) = \frac{1}{2h} + \frac{1}{h} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \cos \left[\frac{k\pi}{2h} \lambda_0 \right] \cos \left[\frac{k\pi}{2h} v \right] \exp \left\{ -\frac{k^2 \pi^2}{8h^2} \int_0^y b(y) dy \right\}; \\ 0 < \lambda_0 < 2h, \quad 0 < v < 2h.$$

Если процесс рассматривать в области $-h, h$, то

$$P_{-h,h}(v, y, \lambda_0) = \frac{1}{2h} + \frac{1}{h} \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \left[\cos \left[\frac{k\pi}{2h} (\lambda_0 + h) \right] \cos \left[\frac{k\pi}{2h} (v + h) \right] \times \right. \\ \left. \times \exp \left\{ -\frac{k^2 \pi^2}{8h^2} \int_0^y b(y) dy \right\} \right], \quad (15) \\ -h < \lambda_0 < h, \quad -h < v < h.$$

При рассмотрении процесса v между произвольными границами $c, d, c < d$, в (15) следует произвести известную замену переменных [3]:

$$P_{c,d}(v, y, \lambda_0) = P_{\frac{d-c}{2}, \frac{d-c}{2}}(v, y, \lambda_0 - \frac{c+d}{2}); \\ c < \lambda_0 < d, \quad c < v < d.$$

Если начальное условие $\lambda_0 = v(0)$ является случайной величиной, то согласно методу разделения переменных [3] общее решение будет равно:

$$P_{c,d}(v, y) = \int_c^d P_{c,d}(v, y, \lambda_0) P_0(\lambda_0) d\lambda_0, \\ c < v < d,$$

где $P_0(\lambda)$ - плотность вероятности величины λ_0 .

Определение вероятности невыхода марковского процесса за пределы заданных границ

Для определения вероятности невыхода процесса v за пределы заданных границ $q_{c,d}$ воспользуемся методом [3], основанным на решении прямого уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. Для процесса V это уравнение принимает вид

$$\frac{\partial}{\partial y} \tilde{P}(v, y, \lambda_0) = \frac{1}{2} b(y) \frac{\partial^2}{\partial V^2} \tilde{P}(v, y, \lambda_0), \quad (16)$$

где $\tilde{P}(v, y, \lambda_0)$ - плотность, вероятности перехода процесса v из первоначальной точки $\lambda_0 \in (c, d)$ в какую-либо внутреннюю точку интервала (c, d) для траекторий процесса $V(y)$, которые ни разу не достигли границ c, d при меньших координатах.

Для определения вероятности $q_{c,d}$ в точках c и d должно быть соблюдено условие поглощения [3]

$$\tilde{P}(c, y, \lambda_0) = \tilde{P}(d, y, \lambda_0) = 0.$$

Уравнение (16) по виду совпадает с уравнением (8). Поэтому соотношения (11) - (13) остаются справедливыми. Условие поглощения при этом записывается в виде

$$V(c) = V(d) = 0.$$

Следуя методу разделения переменных [3] при $c = -h$, $d = h$ и детерминированном начальном условии, находим вероятность невыхода процесса V за границы $-h$, h :

$$q_{-h,h}(y, \lambda_0) = \frac{4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{(-1)^n}{2n+1} \cos \left[\frac{(2n+1)\pi\lambda_0}{2h} \right] \times \exp \left\{ -\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{8h^2} \int_0^y b(y) dy \right\} \right); \quad (17)$$

$$-h < \lambda_0 < h.$$

При рассмотрении произвольной области c, d :

$$q_{c,d}(y, \lambda_0) = q_{\frac{d-c}{2}, \frac{d-c}{2}}(y, \lambda_0 - \frac{c+d}{2}). \quad (18)$$

Если λ_0 – случайная величина с плотностью вероятности $P_0(\lambda_0)$, то

$$q_{c,d}(y) = \int_c^d q_{c,d}(y, \lambda_0) P_0(\lambda_0) d\lambda_0. \quad (19)$$

При выводе соотношений (17) - (19) весь ход рассуждений остается таким же, как и в параграфе 2.

Заметим, если в выражении для коэффициента диффузии $b(y)$ (6) принять $g(y)=1$, то все формулы, полученные в параграфах 2 и 3, перейдут в соответствующие формулы винеровского процесса [3].

Пример. Случайная величина λ_0 в интервале c, d распределена равномерно

$$P_0(\lambda_0) = \frac{1}{d-c}. \quad (20)$$

Из (17) - (19) находим вероятность невыхода процесса V за пределы границ c, d :

$$q_{c,d}(y) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{(2n+1)^{-1}}{2(d-c)^2} \times \exp \left\{ -\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{2(d-c)^2} \int_0^y b(y) dy \right\} \right). \quad (21)$$

Таким образом, полученные формулы (17) – (21) определяют вероятность того, что при случайной реализации распределённых цепей волновое сопротивление (7) не выйдет за заданные пределы, то есть данные формулы характеризуют процент выхода годных изделий.

Кроме того, используя выражения (17) - (19), при заданном проценте брака можно определить необходимую точность реализации волнового сопротивления нерегулярных линий.

Выводы

На основе теории марковских процессов, получено стохастическое описание нерегулярных линий со случайными распределениями неоднородностей.

Например, мы можем видеть, что полученные формулы определяют вероятность того, что не будет превышать установленные границы, то есть, эти формулы описывают процент выхода продукта волнового сопротивление при случайной реализации распределённых схем.

Кроме того, за определенный процент брака может определить необходимую точность реализации волнового сопротивления нерегулярной линии

Список литературы

1. *Технология гибридных интегральных схем СВЧ* / Бушминский И.П., Морозов Г.В. // -М.: Радио и связь, 1987. – 285 с.
2. *Стохастические уравнения: теория и её приложения к акустике, гидродинамике и радиопизике. Том 2* / Клячкин В.И. – М. Физматлит, 2008. – 344 с.
3. *Буллинский А.В. Теория случайных процессов.* / А.В. Буллинский, А.Н. Ширяев. – М. : Физматлит, 2005. – 548 с.
4. *Бударагин Р.В. Расчет плавных переходов в коаксиальной линии передачи* / Р.В. Бударагин, А.А. Радионов, А.А. Титаренко // *Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* – 2001. – №2. – С. 53-57.

Надійшла до редколегії 22.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Н. Беркман, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

В.В. Козловський, Д.П. Чирва

Розроблено математичну модель розподілених магістралей передачі інформації на основі нерегулярних ліній передачі з випадковим хвильовим опором.

Ключові слова: хвильовий опір; розподілені магістралі; передача інформації.

MATHEMATICAL MODEL OF DISTRIBUTED TRANSFER INFORMATION HIGHWAYS

V.V. Kozlovskyi, D.P. Chyryva

A mathematical model of distributed information transmission highways based on the irregular transmission lines with a casual wave resistance is developed

Keywords: wave resistance; distributed transfer; information highways.

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 551.5

Аль-Тамімі Рахім Касім Насер, Ламі Діа Джухі Хуссейн

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ОСНОВІ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗНИМКІВ

Стаття передбачено один з варіантів побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі використання багатоспектральних зображень космічного моніторингу, що дозволяє надати більш об'єктивну оцінку стану навколишнього природного середовища. При цьому показано, що одним з напрямків удосконалення існуючої методики створення екологічної карти антропогенного змін є динаміка її змін.

Ключові слова: екологічна карта, моніторинг, довкілля, антропогенні зміни.

Вступ

Ефективний і стійкий розвиток регіону неможливий без актуальної інформації про її поточний екологічний стан [1]. Це пов'язано в першу чергу визначенням міри впливу на біологічні організми тих, що знаходяться на цій території, а також умовами їх мешкання. Рішення екологічних завдань пов'язане з реалізацією сучасних методів екологічного моніторингу території і якісного контролю параметрів довкілля [1]. На загальному фоні використання різних методів оцінки стану параметрів природного середовища відособлене місце займають дистанційні методи і в першу чергу з використанням космічних систем дистанційного зондування Землі. При цьому проведення екологічного моніторингу стану території традиційними, наземними засобами вимагає багато сил і засобів, а методи дистанційного зондування Землі допомагають спростити процедуру екологічного моніторингу [1, 2].

Це пов'язано з розвитком науково-технічних напрямів отримання інформації, з новими знаннями детальних просторових і тимчасових характеристик атмосфери, поверхні землі і води, що призводить до необхідності розробляти і використати нові засоби контролю параметрів і обробки отриманих вимірів. При цьому, досить успішно нині застосовуються космічні методи для оцінки стану природного довкілля [2]. Окрім цього, використання нових можливостей дистанційних методів дозволяє отримувати оперативну інформацію про стан території, а громадськості підвищити рівень контролю за діяльністю підприємств і організацій, які можуть завдати збитку середовищу життєдіяльності.

На сьогодні з використанням космічних знімків можна отримати досить детальну карту природного середовища регіону, яке дозволяє визначити параметри на основі їх знімання в різних спектральних

діапазонах через певні інтервали часу, а також за допомогою ряду допоміжних матеріалів, які дозволяють визначити міру впливу і їх особливості [2]. Таким чином, створення екологічних карт природного середовища регіону є інструментом для забезпечення стійкого розвитку території, яка дозволяє здійснювати пошук змін що сталися в регіоні в плинні певного часу.

Постановка завдання. Використання космічних систем і дистанційних методів моніторингу довкілля досить складні і пов'язані різноманітністю засобів отримання і обробки інформації, що обумовлюють необхідність практичного вивчення відповідних питань. У зв'язку з ці в статті розглянуті особливості проведення космічного моніторингу і визначені основні напрями розвитку і їх можливості при побудові антропогенних карт.

Тому **метою статті** є вдосконалення методики побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі використання дистанційних методів космічного моніторингу.

Аналіз літератури [2 ÷ 4], показав що створення екологічних карт, на якій відображаються межі ділянок земної поверхні, зелених насаджень флори, водних ресурсів, а також дія антропогенного характеру досить детально описана. При цьому, в основу створення екологічних карт покладено "зображення з різницевою зміною", яка є растровим зображенням, створеним шляхом спеціальної обробки двох (і більше) космічних знімків, отриманих через деякий часовий інтервал [3, 4].

Для використання цих карт в практичній діяльності здійснюється обробка конкретних тематичних особливостей картографічних матеріалів. На рис 1. представлені основні етапи обробки і формування космічних знімків. Їх основним тематичним навантаженням є межі ділянок території, що піддаються дії природного або антропогенного характеру, що

призводить до довготривалої зміни виду (типу) ландшафту. Додатковим тематичним навантаженням карт динаміки є ділянки території, для яких встановлені обмеження ведення господарської діяльності. Це дозволяє вирішувати завдання для контролю параметрів за діяльністю природокористувачів [4]. Що б не поглиблюватися в основні етапи формування космічних знімків представимо основні їх особливості при створенні екологічної карти.



Рис. 1. Основні етапи формування космічного знімку

Виклад основного матеріалу

Проте хотілося зупинитися на особливостях побудови екологічних карт або карт динаміки ґрунтованих на спектральних характеристиках. Так космічні знімки мають бути представлені в цифровому виді, у формі сітки або матриці. При цьому, космічний знімок складається з набору окремих зображень, отриманих у вузьких діапазонах довжин хвиль (спектру). Такий знімок називається багатоспектральним, а окреме зображення - спектральним каналом. Кожен спектральний канал характеризується смугою пропускання, що виражається в одиницях довжин хвиль - мікрометрах (мкм). Ширина смуги пропускання, як правило, не перевищує 1 мкм. Початкові знімки повинні містити однакові набори спектральних каналів. При цьому формування багатоспектрального знімку і етапи обробки зміняться. В цьому випадку необхідно працювати із спектральними сигнатурами і спектральними характеристиками об'єкту і фону. Основні етапи обробки багатоспектрального космічного знімка представлено на рис. 2. При це, рекомендується використати знімки, отримані одним і тим же сенсором і сімейством сенсорів. Якщо використовуються знімки різних сенсорів, рекомендується, щоб смуги пропускання не відрізнялися по центральній довжині хвилі і ширині смуги пропускання більш ніж на 0.2÷0.4 мкм. Переважна більшість знімків, наявних, задовольняють цим вимогам. Таким чином, процес створення екологічних карт динаміки підрозділяється на декілька послідовних етапів, впродовж яких формуються її основні частини.

1. Підготовчий етап: формулювання вимог до створюваної карти, збір і обробка початкової інформації.



Рис. 2. Основні етапи формування багатоспектрального космічного знімку

2. Етап формування растрової карти динаміки: за допомогою засобів автоматизованої обробки знімків, на основі початкових знімків, формується спеціальне зображення, що відображає вірогідність того, що та або інша ділянка території піддавалася зміні.

3. Етап формування векторних елементів змісту, розробки легенди і компоновання: перенесення елементів місцевості з карт, оціфрування картографічних матеріалів, що містять регламенти або розрахунок обмежень, пов'язаних з об'єктами, розробка легенди, компоновання друкарського варіанту карти.

У основі процесу дистанційного визначення змін, що сталися в території, лежить порівняння двох або декількох космічних знімків, отриманих через деякі інтервали часу. Порівняння може бути умовно представлене як віднімання одного знімка з іншого. При цьому ті ділянки території, на яких змін немає, і, отже, їх характеристики сигнатур залишилися колишньою, в результаті віднімання зникнуть, а ті ділянки, яскравість яких значно змінилася, стануть ще помітніші. У даній випадку на рис. 3 представлена структурна схема виділення антропогенного впливу на загальному фоні за спектральними ознаками, яка представляє один з безлічі можливих способів створення різницевого зображень з використанням простого підходу, який може бути легко реалізований у будь-якому програмному продукті, призначеному для обробки зображень, і в якому є елементарна можливість програмування власний алгоритм обробки (рис.3).

4. Складання пояснювальної записки: в ній перераховуються початкові матеріали, відомості про регламенти і їх джерела, коротко описується технологія і детально розглядаються конкретні завдання і прийняття їх рішення з використанням створеної карти динаміки. При необхідності екологічна карта може формуватися в друкарському і електронному (цифровому) видах. У будь-якому разі проведення усіх робіт здійснюється за допомогою геоінформаційних систем і засобів автоматизованої обробки зображень.

Висновки

За допомогою вдосконаленої методики, в якій використовуються два окремі знімки, що створюють різницеве зображення, на якому ділянки території, що піддалися зміні і, отже, що змінили свої спектральні відбивні характеристики, мають значний контраст в

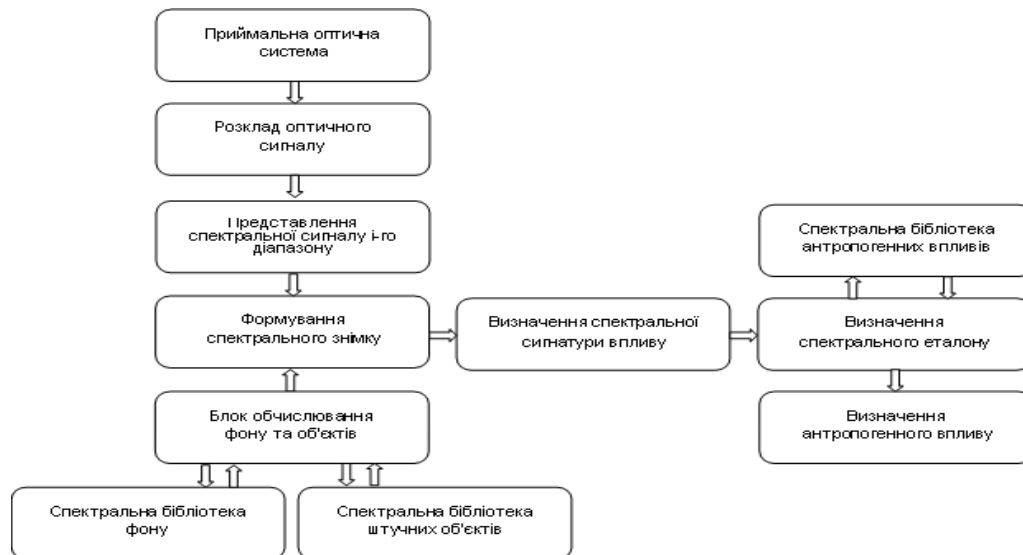


Рис. 3. Структурна схема виділення антропогенного впливу на загальному фоні за спектральними ознаками

порівнянні з ділянками, які не піддавалися змінам і, отже, не змінювали свої відбивні характеристики. Таким чином, карта містить різницеве зображення, елементи місцевості, меж ділянок території, відносно яких встановлені обмеження господарської діяльності, називається картою динаміки. На карті динаміки відображаються результати моніторингу і зокрема окрім ділянок території, які зазнають зміни того або іншого виду, наносяться основні об'єкти місцевості і, що найбільш важливо, обмеження господарської діяльності, що "накладаються" на певні її ділянки.

При цьому за даними на карті повинні відображатися основні компоненти, такі як [5]:

- різницеве растрове зображення, яке створюється на основі космічних знімків і містить відображення ділянок території, що змінилися з часом;
- основні елементи місцевості, такі як дороги, річки, болота, населені пункти;
- обмеження господарської діяльності території (регламенти), що є картографічним відображенням ділянок території, для яких встановлені вказані обмеження;
- елементи оформлення, такі як легенда, поверхневе оформлення, координатна сітка;

- пояснювальна записка, до складу якої входять супровідні відомості, технічні характеристики і опис основних принципів роботи з картою.

Список літератури

1. Бондар О.І. Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту і здоров'я людини / [О.І. Бондар, О.І. Тимченко, О.Г. Тараріко та ін.]; під ред. О.І. Бондаря – К.: Інрус. – 2006. – 288 с.
2. Космические методы экологического мониторинга / Толмачева Н.И., Шкляева Л.С. // Перм. ун-т. – Пермь, 2006. – 296 с.
3. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Шовенгердт Р.А. – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.
4. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи / С.С. Кохан, А.Б. Востоков. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.
5. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера. 2008. – 312 с.

Надійшла до редколегії 22.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Машков, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ

Аль-Тамими Рахим Касим Насер, Лами Диа Джухи Хуссейн

В статье предложен один из вариантов построения экологических карт антропогенного влияния на основе использования многоспектральных снимков космического мониторинга, что позволяет дать более объективную оценку состояния окружающей природной среды. При этом показано одно из направлений совершенствования существующей методики построения экологических карт антропогенных изменений и динамику ее изменения.

Ключевые слова: экологическая карта, мониторинг, окружающая среда, антропогенные изменения.

IMPROVEMENT OF METHODS OF CONSTRUCTION OF ECOLOGICAL MAPS ANTHROPOGENIC INFLUENCE BASED MULTI-SPECTRAL IMAGES

Al-Tameemi Raheem Qasim Naser, Lami Dheyaa Juhi Hussein

The article proposed a variant of the construction of ecological maps of human influence through the use of space monitoring multispectral imagery that allows us to give a more objective assessment of the state of the environment. This illustrates one of the areas of improvement of the existing methods to build environmental maps of anthropogenic changes and trends.

Keywords: environmental map, monitor, environment, anthropogenic changes.

УДК 656.71.053.7(045)

Л.О. Левченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ, УТВОРЮВАНОВОГО ПОВІТРЯНИМИ СУДНАМИ

Проблема шкідливого впливу шумового навантаження, утворюваного повітряними суднами, потребує проведення певних заходів з метою оцінки акустичного чинника як одного з найбільш вагомих показників стану навколишнього середовища. В роботі запропоновано методичний підхід щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту з урахуванням національних гігієнічних нормативів. Наведено схему компонентів програмного забезпечення для моделювання шумового навантаження в районі аеропорту. Представлено результати розрахунку сценарію етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни».

Ключові слова: моделювання, шумове навантаження, повітряні судна, критерії оцінювання, програмне забезпечення.

Вступ

Проблема боротьби з акустичним забрудненням навколишнього середовища від повітряних суден в зоні аеропорту та прилеглих територіях залишається загальною та актуальною.

Постановка проблеми. Поява нових видів літаків, вибір режимів зльоту і посадки, поява нових та реконструкція старих аеропортів, збільшення інтенсивності пасажирських та вантажних перевезень потребує вирішення проблеми шкідливого впливу авіаційного шуму як на людей, які безпосередньо проживають біля зони аеропорту, а саме місця, де знаходиться парк повітряних суден, так і фахівців, які його обслуговують. *Мета роботи* – розроблення методичного підходу щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту шляхом моделювання з урахуванням санітарно-гігієнічних нормативів впливу шуму відповідно до національних та міжнародних законодавчих актів.

Виклад основного матеріалу

Процес забруднення навколишнього середовища характеризується наявністю інформації про його стан, об'єкти, що його забруднюють. До такої інформації відносяться: результати спостережень щодо шкідливого впливу авіаційного шуму; результати аналізу та оцінки фактичного стану навколишнього середовища; результати прогнозу показників стану навколишнього середовища та надання відповідної оцінки.

Таким чином, визначено склад підсистем системи моніторингу, яка забезпечує спостереження, оцінку та прогноз стану навколишнього середовища.

Розрізняють інструментальні системи моніторингу та інформаційні. В інструментальних системах моніторингу підсистема спостереження щодо акустичного фактору ґрунтується на системі датчиків, розташованих в районі та біля аеропорту, що є забруднювачем навколишнього середовища. Інформаційна система отримує та оперує інформацією, що

надходить в процесі звітності підприємства про стан та відповідні показники функціонування об'єктів – забруднювачів. Головною задачею інструментальної та функціональної підсистем є забезпечення об'єктивною та достовірною інформацією.

Системи контролю шуму встановлені у багатьох аеропортах. Їх різновиди достатньо широкі – від простих систем, які вимірюють рівні шуму індивідуальних прольотів, до складних комплексних систем, які накопичують, аналізують дані щодо рівнів шуму, контролюють траєкторії польоту літаків, мають ГІС-системи для візуалізації просторових даних на карті. Для систем моніторингу авіаційного шуму, які функціонують в районі аеропорту, визначені такі цілі

- контроль відповідності показників шуму визначеним законодавством вимогам,
- визначення методів зниження шуму,
- отримання інформації щодо визначення компенсації, платежів або штрафів за збитки, завдані шумом,
- накопичення об'єктивних статистичних даних про рівні авіаційного шуму в районі аеропорту та його околицях,
- використання отриманих даних про рівні шуму для планування і забудови земельних ділянок,
- підтвердження результатів моделювання та розрахунків рівнів авіаційного шуму в аеропорту вимірюваним значенням протягом тривалого часу.

Для досягнення поставлених цілей розроблені міжнародні стандарти та рекомендовані практики, національні стандарти, які визначають вимоги щодо процедур вимірювання, складу вимірювальної апаратури, процедур обробки акустичних сигналів, відображення результатів вимірювання. До основних нормативних документів Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), пов'язаних з авіаційним шумом в аеропортах і яких необхідно дотримуватися є:

- «Керівництво по проектуванню аеропортів» [1],
- «Інструктивний матеріал по збалансованому у підходу до управління авіаційним шумом» [2],

- «Керівництво з виконання польотів» [3],
- «Керівництво з рекомендованого методу розрахунку контурів шуму навколо аеропорту» [4],
- «Додаток 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Авіаційний шум» [5],
- «Методика сертифікації повітряних по шуму» [6].

До основних директив Євросоюзу, які стосуються шумового забруднення, відносяться:

- «Встановлення правил і процедур впровадження експлуатаційних обмежень, пов'язаних з шумом на аеродромах» [7],
- «Оцінка та контроль шуму навколишнього середовища» [8].

Важливими міжнародними документами також є:

- ISO 1996/1 R "Акустика. Опис та вимірювання шуму навколишнього середовища» [9],
- «Рівні шуму для сертифікованих США та іноземних повітряних суден», [10],
- «Попередньо затверджений список заміни літаків» [11].

До основних національних нормативних документів належать:

- Повітряний кодексу України [12],
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря» [13],
- Постанова Кабінету міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» [14],
- Закону «Про екологічну експертизу» [15],
- Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [16],
- Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів (далі - Правила) [17],
- ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення [18],
- ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги [19].

На 38-й Сесії Асамблеї ICAO у жовтні 2013 року прийнято резолюцію «А-38-17» [20] - новий узгоджений стандарт зі зниження шуму, який на 7 EPNдБ нижче за діючого стандарту. Цей стандарт буде застосовуватися до повітряних суден нової конфігурації, що вводяться у експлуатацію у 2017 році та до повітряних суден меншої ваги – до 2020 року.

Слід зазначити, що основним документом, яким повинні керуватися розробники різних країн при моделюванні рівнів авіаційного шуму, є DOC 9911 [4], який розглядає етапи зльоту, посадки літаків, але не враховує наземні операції руління, використання допоміжних силових, «гонок» авіаційних двигунів.

Основними методами, які використовуються при реалізації алгоритму розрахунку рівнів шуму є метод сегментації для побудови моделі поширення контурів авіаційного шуму та метод розрахунку рівня звуку при одиночному прольоті літака для оцінювання рівня шуму. Рівні шуму визначаються на основі

використання критеріїв, які визначені у національних та міжнародних гігієнічних нормативах. В Україні застосовуються два критерії щодо рівнів шуму з урахуванням зон забудови (А - територія без обмежень для будівництва споруд будь-якого призначення, Б та В - території з обмеженнями, Г - непридатна територія до житлової забудови)[17], а саме:

- L_{Amax} – максимальний рівень шуму з коригованою частотною смугою відповідно до шкали «А» стандартного вимірювача шуму;

- L_{Aeq} – еквівалентний рівень шуму.

На відміну від національного нормативу по шуму в міжнародному документі DOC 9911 використовується тільки один критерій - L_{Amax} . Так в Україні для денного періоду (від 07.00 до 23.00) для зони А встановлені нормативи - $L_{Aeq} \leq 60$ дБА, $L_{Amax} \leq 80$ дБА, для нічного періоду (від 23.00 до 07.00) - $L_{Aeq} \leq 50$ дБА, $L_{Amax} \leq 70$ дБА. Для порівняння з іншими країнами нормативні максимальні рівні шуму від окремих прольотів літаків у денний / нічний періоди становлять для: США – 99/89 дБА, Великобританії – 97/89 дБА, Нідерландів – 98/98 дБА, Швейцарії – 100/95 дБА, України та Росії – 85/75 дБА.

Для здійснення моделювання процесів, які відбуваються на території аеропорту та прилеглих територіях, вихідними параметрами є:

- парк літальних апаратів та їх акустичні характеристики для відповідних режимів на етапах зльоту та посадки (режими роботи двигуна, аеродинамічні конфігурації, маса літака тощо, база даних характеристик повітряних суден);
- номінальні маршрути прильоту та вильоту повітряних суден з урахуванням процедур пілотування і діючих обмежень (встановлюються інструкцією по проведенню польотів), база даних маршрутів повітряних суден;
- профілі польоту окремих літаків (або окремих типів літаків) у вигляді координат висоти та відстані до злітної смуги, швидкості руху;
- метеорологічні параметри (температура, тиск, вологість повітря, швидкість на напрямок вітру);
- інтенсивність польотів повітряного транспорту конкретних типів, особливо шумних видів літаючих апаратів в денну, вечірню і нічну частину доби;
- розташування місць випробування для проведення форм технічного обслуговування двигунів, час випробування двигунів у злітному та номінальному режимах, аеродромні засоби захисту, які застосовують для захисту від шуму (екрани, глушники шуму);
- розташування населених пунктів в околицях авіапідприємства і чисельність населення, що проживає в них.

Вихідна інформація по характеристиках шуму, що створюється на місцевості літаками і вертольотами при їх льотній і наземній експлуатації за наслідками узагальнення даних по шуму при сертифікації представлена в базі даних Aircraft and Noise Performances (ANP) Database (база даних

літаків і вертольотів зарубіжного виробництва для методу розрахунку контурів шуму) та базі даних ЦЕБ ГА(база даних літальних апаратів, зібраних на території СНД) [21]. Ця база містить поточні значення залежностей Noise-Power-Distance (NPD) - «Шум-Режим-Відстань» літаків. Рівні шуму обчислюються у вузлах координатної сітки, яку наносять на досліджувану поверхню на околиці аеропорту з фіксованим кроком між вузлами. Центр координатної сітки розташовується у точці старту

повітряних суден під час розбігу по злітній полосі. Вісь абсцис системи координат направляють за основним курсом руху літака в районі аеропорту.

Розрахунковий алгоритм оцінювання шуму здійснюється відповідно до Рекомендацій ICAO Візуалізація результатів розрахунку здійснюється у середовищі NMPlot [21], яке відповідає за побудову контуру авіаційного шуму відповідно отриманих розрахунків. Схему компонентів програмного забезпечення наведено на рис. 1.

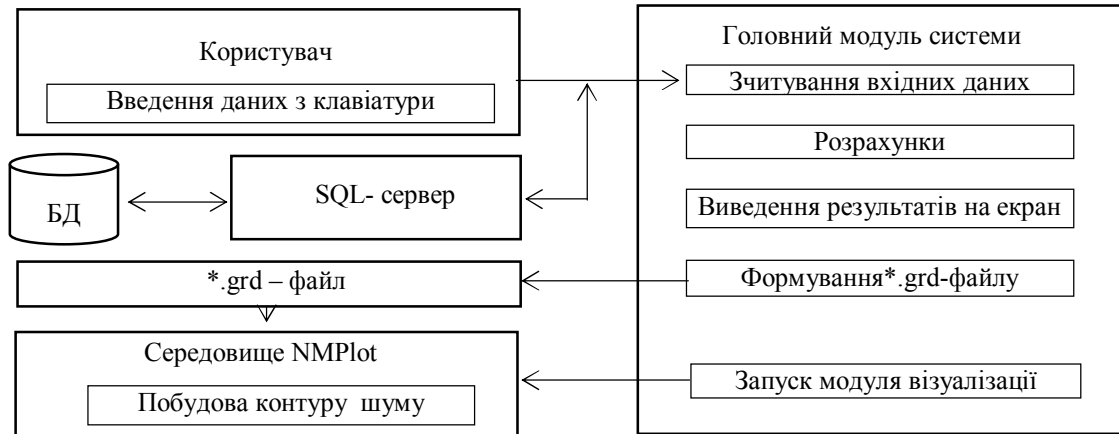


Рис. 1. Схема компонентів програмного забезпечення

У якості операційної системи обрано сімейство Windows (Windows XP, Windows 7, Windows 8, Windows 10). Як СКБД обрано MySQL (версія 5.5.8), для доступу до сервера MySQL необхідно встановити інтегрований сервер пакет для Apache та MySQL – mysql-connector-net-6.7.4. Головним програмним середовищем розробки обрано інтегроване

середовище Microsoft Visual Studio 12.0. Програмну систему було реалізовано мовою C#. Для побудови контурів шуму обрано середовище NMPlot.

Сценарій етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни» наведений на рис. 2. Контури шуму, отримані в результаті розрахунку вище наведеного сценарію, представлені на рис. 3.

Рис. 2. Сценарій зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни»

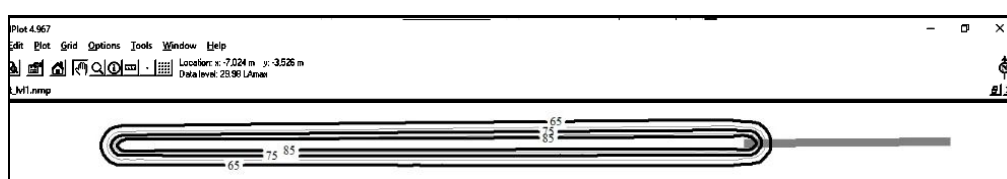


Рис. 3. Контури шуму при зльоті літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни»

Висновки

1. Запропоновано методичний підхід щодо оцінювання шумового навантаження у зоні аеропорту з урахуванням національних гігієнічних нормативів.
2. Визначено схему компонентів програмного забезпечення для моделювання шумового навантаження у зоні аеропорту.
3. Наведено результати розрахунку сценарію етапу зльоту літака Boeing 737-400 в аеропорту «Київ-Жуляни».

Список літератури

1. Руководство по проектированию аэропортов. Ч.2: Использование земельных участков и контроль над окружающей средой. - Монреаль: ИКАО, Doc. 9184-AN/902/3, изд. 3, 2004. - 35с.
2. Інструктивний матеріал по сбалансованому підходу к управлению авиационным шумом ИКАО Doc. 9829 AN/451, 2-е изд., 2008. - 64с.
3. Руководство по выполнению полетов. OPS. T.1: Процедуры выполнения полетов. - Монреаль: ИКАО, Doc.8168-1, 4-е изд., 1993. - 116 стр.
4. Doc 9911, Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. ИКАО. - 2008. - 131 с.
5. Environmental protection. Annex 16 to the convention on international civil aviation. Aircraft noise. - Montreal: ICAO, Vol. 1, 1993.
6. Техническое руководство ИКАО по окружающей среде, регламентирующее использование методик при сертификации воздушных судов по шуму. - Монреаль: ИКАО, Doc. 9501-AN/929, изд.2, 1995. - 112с.
7. Директива 2002/30/ЕС Европейского Парламента і Ради від 26 березня 2002 р. із встановлення правил і процедур впровадження експлуатаційних обмежень, пов'язаних з шумом на аеродромах Співтовариства (Directive 2002/30/EC of the European Parliament and of the Council of 26 March 2002 on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports).
8. Директива 2002/49/ЕС Европейского Парламента і Ради від 25.06.2002 г. стосовно оцінки та контролю шуму навколишнього середовища (Directive

2002/49/EC Of The European Parliament and of The Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise).

9. ISO R 1996/1 "Acoustics - Discription and measurement on environmental noise. Part 1. Basic quantities and procedures". Part 2: "Acquisition of data pertinent to land use". Part 3: "Application to noise limits", 1987.
10. Advisory Circular 36-1G, Noise Levels for U.S. Certificated and Foreign Aircraft, dated 8/27/97.
11. INM Pre-approved List of Aircraft Substitutions. March 10, 1998. P.P. 1 – 6.
12. Закон України «Повітряний кодекс України». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 48-49, ст.536 зі змінами від 23.12.2015.
13. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, N 50, ст.54 зі змінами від 16.10.2012.
14. Постанова Кабінету міністрів України від 28 серпня 2013 р. № 808 «Про затвердження переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку».
15. Закон України «Про екологічну експертизу». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, N 8, ст.54 зі змінами від 16.10.2012.
16. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546 зі змінами від 2016.
17. Державні санітарні норми і правила планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 № 173. - К.: Укрбудінформ, 2002. - 59 с.
18. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення.
19. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумонавантаження. Загальні вимоги.
20. Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации: девятое совещание; Доклад; реком. № 3/2, реком. № 3/4; 4-15 февраля 2013 года – Канада, Монреаль. – 260 с.
21. Aircraft and Noise Performances (ANP) Database <http://www.aircraftnoisemodel.org>.
22. NMPlot [Electronic resource] – Access mode:

Надійшла до редколегії 26.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Запорожець, Національний авіаційний університет, Київ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМОВОЙ НАГРУЗКИ, СОЗДАВАЕМОЙ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ

Л.А. Левченко

Проблема вредного воздействия шумовой нагрузки, создаваемого воздушными судами, требует проведения определенных мероприятий для оценки акустического фактора как одного из наиболее весомых показателей состояния окружающей среды. В работе предложен методический подход к оценке шумовой нагрузки в зоне аэропорта с учетом национальных гигиенических нормативов. Приведена схема компонентов программного обеспечения для моделирования шумовой нагрузки в районе аэропорта. Представлены результаты расчета сценария этапа взлета самолета Boeing 737-400 в аэропорту «Киев-Жуляны».

Ключевые слова: моделирование, шумовая нагрузка, воздушные суда, критерии оценки, программное обеспечение.

MODELING OF THE NOISE LOAD CREATED BY AIRCRAFT

L.O. Levchenko

The problem of the harmful effects of noise pollution generated by aircraft, requires certain measures to assess the acoustic factor as one of the most tangible indicators of the environment. The paper presents a methodical approach to the evaluation of noise pollution in the area of the airport in accordance with national hygiene standards. The software component scheme for modeling the noise pollution in the vicinity of the airport is showed. The results of the calculation of the take-off stage of the script Boeing 737-400 aircraft at the airport "Kiev - Zhulyany" are presented.

Keywords: modeling, noise pollution, aircraft, evaluation criteria, software.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Аль-Джанаби Акіл		Кім Н.І.	145	Прохоров О.В.	134
Бахп Тархан	51	Козелкова К.С.	25	Рожков С.О.	44
Аль-Тамімі Рахім		Козловський В.В.	163	Сакало С.М.	139
Касім Насер	167	Константинова Л.В.	98	Самсонов Ю.В.	77
Барабаш О.В.	54	Косовець М.А.	25	Свид І.В.	41
Бараннік В.В.	57	Ламі Діа Джухі		Семенов С.Г.	142
Бондарчук С.В.	11	Хуссейн	167	С'єдіна Ю.В.	34
Борозенець І.О.	128	Левченко Л.О.	170	Сіманенков А.Л.	44
Бортнікова В.О.	107	Лимаренко В.В.	85	Сокіріна В.О.	8
Буран Т.Р.	18	Лисенко Д.Е.	91	Сотніков О.М.	77
Варфоломеева О.Г.	63	Литка Є.В.	63	Тимошук О.М.	14
Власенко Г.М.	3	Мальцев І.С.	31	Тімочко О.О.	21
Войцехівський О.Л.	131	Махонин Є.І.	3	Товстенко Л.М.	25
Волосяк В.К.	14	Машков О.А.	95	Тріш Г.М.	145
Вонсович М.А.	34	Мелешко С.В.	98	Улічев О.С.	98
Денисенко А.М.	145	Миронець І.В.	142	Фролов В.Ф.	48
Дмітрієв О.Н.	18	Мордвінов І.С.	3	Чала О.В.	151
Довженко Н.М.	63	Мул Д.А.	131	Чирва Д.П.	163
Довженко Т.П.	66	Мусін Р.Р.	95	Чумак О.І.	63
Дорожінський В.В.	70	Невлюдов І.Ш.	107	Шило С.Г.	128
Дудко О.В.	21	Нелюба Д.М.	8	Шостак О.І.	156
Євсєєв В.В.	107	Нікіфоров І.А.	113	Штих І.А.	41
Єрьоміна Н.С.	77	Онищенко В.В.	117	Шувалова Л.А.	51
Жебка В.В.	80	Пальоний А.С.	120	Шульга О.В.	8
Жолткевич Г.М.	70	Печенін В.В.	34	Шульгін С.С.	57
Захарченко Р.В.	83	Пилипович Г.Г.	95	Щебланін Ю.М.	161
Зоценко В.С.	54	Полонський Ю.І.	128	Щербина К.О.	34
Зуєв П.П.	21	Прокопенко Є.В.	131		

Наукове видання

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Збірник наукових праць

Випуск 3 (35)

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. Ільїна*

Свідцтво про державну реєстрацію КВ № 19512-93/2ПР від 16.11.2012 р.

Формат 60×84/8. Ум.-друк. арк. 21,25. Тираж 150 прим. Зам. 923-15

Адреса редакції: Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, тел. (066) 706-18-30
Полтавський національний технічний університет імені Юрія КондратюкаВіддруковано 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