

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ ДРУКАРСТВА

АНДРУНИК ВАСИЛЬ АДАМОВИЧ



УДК 004.9:376.091.33-056.3](043.3)

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПРОВОДУ
ПРОЦЕСІВ НАВЧАННЯ ОСІБ З АУТИЗМОМ**

05.13.06 – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі інформаційних систем та мереж в Національному університеті «Львівська політехніка» та на кафедрі автоматизації і комп'ютерних технологій Української академії друкарства Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Пасічник Володимир Володимирович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри інформаційних систем та мереж,
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Коробчинський Максим Володимирович,
Воєнно-дипломатична академія ім. Євгенія Березняка
Міністерства оборони України (м. Київ),
професор п'ятої кафедри

доктор технічних наук, доцент
Пасєка Микола Степанович,
Івано-Франківський Національний технічний університет
нафти і газу,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення

Захист відбудеться «26» квітня 2021 р. о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.101.01 в Українській академії друкарства за адресою: 79020, м. Львів, вул. Під Голоском, 19, ауд. 101.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української академії друкарства за адресою: 79006, м. Львів, вул. Підвальна 17.

Автореферат розіслано «25» березня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.Ц. Жидецький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних публікаціях авторитетні науковці та дослідники стверджують, що принаймні 1% населення планети має ознаки аутизму. Останніми роками це число невпинно зростає, здебільшого завдяки підвищенню загальної поінформованості щодо особливостей та ідентифікаційних ознак аутизму. Вітчизняна офіційна статистика щодо діагностування аутизму є в значній мірі недостовірною, що обумовлено недостатньою кількістю профільних фахівців, а кваліфікована допомога зазвичай таким людям найчастіше надається лише у великих населених пунктах та містах.

Особа з аутизмом в переважній більшості випадків має ускладнення в спілкуванні та встановленні соціальних зв'язків. Дослідженням аутизму присвячені роботи в галузях медицини, психології і педагогіки та ряду інших. В Україні дослідження процесів інклюзивного навчання учнів з аутизмом проводяться, зокрема, А. Колупаєвою, О. Таранченко, К. Островською та іншим. Фахівці обґрунтовано визначають процеси навчання одним із ефективних методів соціалізації таких осіб. Таке навчання, зазвичай, ґрунтується на принципах структурованості та візуальної підтримки. Ці ж принципи доцільно застосовувати, в контексті розроблення та використання інформаційних технологій, які покликані супроводжувати процеси навчання учнів з аутизмом. Вагомим аргументом на користь застосування у навчанні таких учнів інформаційних технологій є особливість сприйняття ними навколишнього середовища. Візуальна складова таких інформаційних технологій навчання набуває щораз вагомішого значення та все частіше застосовується при побудові систем супроводу навчання для учнів з аутизмом, котрі як відомо мають суттєві проблеми у вербальному спілкуванні.

Інформаційні технології в сучасній системі інклюзивного навчання набувають щораз більшого поширення. Ефективність різноманітних навчально-методичних підходів та особливості інформаційних технологій системи інклюзивної освіти досліджувались як українськими так і зарубіжними науковцями. У цій царині працюють Р. Джордан (Великобританія), Ш. Гроссард (Франція), К. Лофланд (США), Н. Аресті-Бартолом (Іспанія). Під керівництвом вітчизняних дослідників професорів В. Пасічника (Національний університет "Львівська політехніка"), Ю. Крака (Київський Національний університет імені Тараса Шевченка) та О. Бармака (Хмельницький Національний університет) проводяться наукові розвідки в галузі інформаційно-технологічного супроводу навчання осіб з інвалідністю.

Проте слід зазначити, що застосування інформаційних технологій в процесі навчання учнів з аутизмом як за кордоном, так і в Україні, зазвичай, є не системними та слабо інтегрованими. Доступні інформаційні технології є різнотиповими, класично наділені різноманітним функціоналом, який слабо компонується та поєднується в цілісних технологічних послідовностях. В багатьох випадках інформаційні технології, призначені для супроводу процесів інклюзивного навчання, розробляються або некомплексно та безсистемно, або – фахівцями методистами та дидактами, що не мають достатнього досвіду розроблення таких видів інформаційно-технологічних систем. Це додатково підтверджує та генерує необхідність залучення системних фахівців готових до роботи на стику таких дисциплін як медицина, психологія, комп'ютерні науки, які фахово розробляли б інформаційні технології, зорієнтовані на

вирішення широкого спектру завдань інклюзивного навчання та супроводу відповідних освітніх процесів. Необхідність комплексного та системного запровадження сучасних інформаційних технологій, які дозволяють кардинально удосконалити навчальний та корекційний процеси для осіб з аутизмом зумовило постановку та вирішення сформульованого в даній дисертаційній роботі актуального наукового завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» в межах планових комплексних наукових досліджень за науково-дослідною темою: «Інформаційно-технологічна підтримка освітніх процесів, зорієнтованих на людей з особливими потребами» у 2016–2020 рр. (номер державної реєстрації 0116U007752). Автор розробив інформаційні та комунікаційні освітні технології для учнів з аутизмом, рекомендаційну систему синтезу інформаційно-технологічних комплексів навчання учнів з аутизмом, метод аналізу ієрархій для знаходження найкращої мультимедійної освітньої технології.

Мета і задачі дослідження. Метою наукового дослідження інформаційних технологій, зорієнтованих на удосконалення процесів супроводу навчання осіб з аутизмом є системне розроблення, запровадження та використання нових ефективних інформаційних технологій підтримки відповідних освітніх процесів.

Для досягнення поставленої мети дослідження слід було розв'язати такі задачі:

- дослідити теоретичні і методологічні основи навчання осіб з аутизмом з використанням сучасних інформаційних технологій;
- розробити структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом з урахуванням результатів психофізичного діагностування;
- розробити формальну модель інформаційної технології супроводу уроку на основі доступних допоміжних інформаційних технологій інклюзивної школи;
- розробити метод персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом з урахуванням персоналізованих потреб такого учня;
- розробити інформаційні технології супроводу навчання осіб з аутизмом з використанням технологій доповненої та віртуальної реальності.

Об'єктом дослідження є процеси інформаційно-технологічного забезпечення освіти осіб з аутизмом.

Предметом дослідження є методи і засоби інформаційних технологій супроводу процесів навчання осіб з аутизмом.

Методи дослідження, які використовувались для вирішення задач моделювання та розроблення комплексної інформаційної технології процесу навчання особи з аутизмом. Для моделювання інформаційної технології супроводу уроку використано уніфіковану мову моделювання UML. Модель вибору віртуального асистента подано формальними засобами апарату мереж Петрі. Для прийняття рішення щодо вибору інформаційної технології супроводу уроку використано метод аналізу ієрархій. Для формування експертної оцінки в процесі вибору віртуального асистента використано метод семантичного диференціалу. Для виокремлення найбільш релевантних

характеристик персонального віртуального асистента було застосовано факторний аналіз.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримані автором основні результати, що складають наукову новизну, полягають в наступному:

вперше:

- розроблено структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом, яка спирається на модель ІТ-супроводу інклюзивного навчання і передбачає залучення фахівців психолого-медико-педагогічної консультації, як постійних учасників процесу навчання, що дає змогу системно підтримувати зв'язки між компонентами процесів навчання учня з аутизмом;
- розроблено формальну модель інформаційної технології супроводу уроку, що ґрунтується на методі організації та аналізу складних рішень, яка враховує суб'єктивні та об'єктивні характеристики інформаційних технологій доступних інклюзивній школі, що, в свою чергу, дало змогу персоналізувати ІТ-супровід уроку учня з аутизмом;
- розроблено метод процесу персоналізації віртуального контенту, що використовує модель процесу експертного оцінювання віртуального асистента і дає змогу врахувати індивідуальні особливості психофізичного розвитку учня з аутизмом;

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

- розроблено алгоритм оцінювання віртуального асистента, який передбачає розпізнавання та оцінювання емоцій учня з аутизмом під час взаємодії з віртуальним асистентом;
- розроблено алгоритм консолідації даних експертного оцінювання для формування інформаційної технології супроводу уроку, який передбачає розподіл критеріїв допоміжних ІТ на суб'єктивні і об'єктивні. Оцінювання за об'єктивними критеріями відбувається під час оновлення бібліотеки допоміжних інформаційних технологій, а оцінювання за суб'єктивними критеріями проводиться експертами з урахуванням персональних потреб кожного учня з аутизмом;
- розроблено інформаційні технології супроводу навчання осіб з аутизмом з підтримкою технологій доповненої та віртуальної реальності.

Результати дисертаційних досліджень використано при розробленні окремих програмних застосунків з дисципліни "Соціально-побутове орієнтування" в Навчально-реабілітаційному центрі І-ІІ ступенів "Довіра" (м. Львів) та в Центрі розвитку дитини "Янголятко" (м. Мукачево); під час виконання на кафедрі інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» в межах планових комплексних наукових досліджень за науково-дослідною темою: «Інформаційно-технологічна підтримка освітніх процесів, зорієнтованих на людей з особливими потребами» у 2016–2020 рр. (номер державної реєстрації 0116U007752), в освітньому процесі кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій Українській академії друкарства, Львівському державному університеті внутрішніх справ, зокрема при викладанні навчальних дисциплін "Загальна психологія", "Психодіагностика" та "Практикум допомоги різним категоріям громадян".

Окремі результати дисертаційного дослідження використовуються у Національному університеті «Львівська політехніка» (кафедра інформаційних систем і мереж) як навчально-методичне забезпечення під час виконання студентами курсових робіт, кваліфікаційних бакалаврських та магістерських робіт в Інституті комп'ютерних наук та інформаційних технологій за спеціальностями 122 "Комп'ютерні науки", 124 "Системний аналіз" та 126 "Інформаційні системи та технології", а також при викладанні дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Візуалізація даних», «Інтелектуальний аналіз даних», «Методи обчислень», «Методи опрацювання великих даних».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача наступний: розроблено алгоритм застосування доповненої та віртуальної реальності в інформаційній технології супроводу уроку [4]; проаналізовано особливості дотримання вимог універсального дизайну та доступності веб-контенту в інформаційних технологіях супроводу навчання учнів з аутизмом, розроблено структурну модель оцінювання дотримання таких вимог [9, 5, 23]; проаналізовано критерії оцінювання та запропоновано ієрархію рішень в методи аналізу ієрархій щодо експертного оцінювання допоміжних інформаційних технологій [10, 8, 21]; розроблено прототип дорадчої системи формування інформаційної технології супроводу уроку, розроблено елементи 3D-контенту та віртуальної реальності інформаційної технології супроводу уроку соціально-побутового орієнтування [11, 12, 14, 16, 17, 25]; розроблено алгоритм формування рекомендацій для наповнення бібліотеки допоміжних інформаційних технологій – [13]; обґрунтовано структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом [15]; розроблено інформаційну модель та алгоритм оцінювання прототипів віртуального асистента [7, 18]; досліджено методи опрацювання природномовного тексту [1]; досліджено інформаційну модель аналізу матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу [2]; проаналізовано особливості застосування інформаційні технології супроводу процесів навчання осіб з аутизмом, обґрунтовано доцільність розроблення сучасних інформаційних технологій супроводу навчання таких учнів [3, 20, 22, 24]; проаналізовано методи інтелектуального аналізу даних для розпізнавання емоцій [19];

Апробація результатів дисертації. Основні наукові та практичні результати роботи оприлюднено та обговорено на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях: Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту" ISDMCI (Залізний порт, 2018, 2019); VII Науково-практична конференція "Математика. Інформаційні технології. Освіта" (Луцьк-Світязь, 2018); V науково-технічна конференція "Інформаційні моделі, системи та технології" (Тернопіль, 2018); Міжнародна науково-технічна конференція "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" CSIT (Львів, 2019; Збараж, 2020); Перший міжнародний воркшоп "Цифровий контент та розумні мультимедіа" DCSSmart (Львів, 2019); IV Міжнародна науково-технічна конференція "Комп'ютерна лінгвістика та інтелектуальні системи" COLINS (Львів, 2020); Другий Міжнародний воркшоп "Сучасні технології машинного навчання та наука про дані" MoMLeT+DS (Львів-Шацьк, 2020), Третя міжнародна наукова конференція "Інформатика та медицина, керована даними" IDDM 2020 (Векше, Швеція, 2020).

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 25 наукових праць, в тому числі: 3 статті у наукових фахових виданнях України, що входять до переліку, затвердженого МОН України [1 – 3]; 5 статей у наукових періодичних виданнях інших держав [4 – 8]; 7 статей у виданнях, що включені у міжнародні наукометричні бази даних Scopus та Web of Science [9 – 15]; 10 публікацій у збірниках наукових конференцій [16 – 25].

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 190 найменувань та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 170 сторінок, у тому числі основного тексту 139 сторінок. Дисертація містить 20 таблиць і 47 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційного дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, визначено мету та задачі дослідження, розглянуто предмет та об'єкт дослідження, наведено перелік методів дослідження, які застосовувались для досягнення мети роботи. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача у їх отриманні. Подано відомості про апробацію та публікації результатів дисертаційного дослідження.

У **першому** розділі подано означення термінів, що використовувались в роботі: *Аутизм*, розлад аутистичного спектру (скорочено *РАС* (укр.), autism spectrum disorder, *ASD* (англ.) – це стан, який виникає внаслідок порушення розвитку головного мозку і характеризується вродженим та всебічним дефіцитом соціальної взаємодії та спілкування. За Міжнародною статистичною класифікацією хвороб та споріднених проблем, пов'язаних зі здоров'ям (МКХ-10), і Настановами з діагностики, статистики і класифікації психічних порушень (DSM-V), особливостями аутизму є: ускладнена соціальна *комунікація*, обмежена *соціальна взаємодія*, специфічні *навчальні потреби*, *повторювана* (проблемна) поведінка, інші (тривожність, сенсорна чутливість, незвичні моделі запам'ятовування, тощо). Національне аутистичне товариство Великобританії стверджує, що аутизм неможливо «вилікувати», проте можна скоригувати і адаптувати особу з аутизмом до соціального життя та навчання.

За приблизними даними, в Україні більше 100 000 дітей мають розлади аутистичного спектру, МОЗ України визнає щорічне зростання кількості діагностувань аутизму на 30%. Одні з найвищих показників кількості діагностованих розладів аутистичного спектру серед дітей у 2020 році мають США (1 дитина з 54-х) та Великобританія (1 дитина зі 100). Наведені показники слід приймати як результат дії більш досконалих національних стандартів щодо діагностування аутизму. Визначальним для соціалізації таких осіб є їхнє залучення до загальноосвітнього процесу, забезпечення доступності освітніх програм, навчання з урахуванням персоналізованих потреб та можливостей, отримання додаткових освітніх послуг та організаційно-методичної підтримки. Впровадження нових корекційно-розвивальних та навчальних програм в освітніх закладах передбачає, зазвичай, застосування сучасних інформаційних технологій.

Грунтовні наукові та практичні дослідження в галузі інформаційних технологій для навчання осіб з аутизмом проводяться в численних наукових установах різних

країн світу, зокрема: **Великобританія** – Бірмінгемський, Кембриджський, Единбурзький, Бат, Хартфордшир університети; **США** – Академія STEM, університети Флориди, Техасу, Далласа, Сан-Антоніо, Нью-Джерсі, Коледж Колумбійського університету; **Франція** – університет Париж-Сакле; **Данія** – Ольборгський університет; **Нідерланди** – Радбоуд університет Неймеген; **Італія** – Політехнічний університет Марке; **Португалія** – Коїмбрський університет; **Канада** – університет Вікторії; **Японія** – університет Чубу; **Сінгапур** – Наньянський технологічний університет; **Тайланд** – Громадський університет в Бангкоку; **Індонезія** – університет Північної Суматри.

Дослідники фіксують, що в порівнянні з традиційними, комп'ютерні методики навчання учнів та студентів з аутизмом, демонструють більшу ефективність, у порівнянні з традиційними методами навчання. Особи з аутизмом вважають взаємодію з комп'ютером чи планшетом менш стресовою і більш привабливою, ніж взаємодія з людьми, демонструють при цьому більшу точність і працездатність. Фахівці стверджують, що основними напрямками розвитку інформаційних технологій супроводу навчання таких осіб є *комунікаційні навички, соціальне спілкування та академічне навчання*.

Загальновідомо, що близько 25% усіх осіб з аутизмом спілкуються виключно невербально, що обумовлює складність *комунікації* та суттєво впливає на якість життя, освіти та нездатність взаємодіяти. Загальновизнаними засобами подолання цих труднощів є **PECS** (Picture Exchange Communication System) – система комунікаційного обміну зображеннями, **MAKATON** – спрощена жестова мова; а також **VOCAs** (Voice Output Communication Aids) – портативні електронні пристрої синтезу мови.

Для подолання проблем *соціальної взаємодії* використовують роботів з підтримкою функцій штучного інтелекту. Застосування технологій віртуальної реальності та доповненої реальності дає змогу контролювано практикувати соціальні навички з мінімальною кількістю "небезпечних" середовищ.

Для *академічного навчання* перспективним є застосування інформаційних технологій, 3D-голограм, а також технологій змішаної, доповненої та віртуальної реальності.

Вітчизняні фахівці в галузі навчання дітей з аутизмом на рівні початкової школи інтенсивно використовують системи комунікаційного обміну зображеннями. Проте, системне забезпечення інформаційними технологіями освітніх процесів для таких учнів практично відсутнє. Для подолання зазначеного протиріччя використовується підхід інтегрування освітніх інформаційних технологій в нові навчальні програми. Комплексне використання інформаційно-технологічного супроводу дозволяє залучити до процесу навчання учня з аутизмом, його/її батьків, спеціалістів психолого-медико-педагогічної консультації (ПМПК), парафахівців (вчителя, асистента вчителя інклюзивного класу, адміністрацію школи), громадські об'єднання та організації.

Аналіз розроблених, як за кордоном, так і в Україні інформаційних технологій, проведений автором в рамках цього дисертаційного дослідження, виявив відсутність системної підтримки процесів навчання осіб з аутизмом. У цьому контексті розроблення персоналізованої інформаційно-технологічної підтримки та супроводу процесів навчання таких учнів є актуальним науковим завданням.

У **другому** розділі подано структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом, а також модель вибору віртуального асистента та модель інформаційної технології супроводу уроку.

Структурна модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом подано як діаграму діяльності, що дає змогу візуально подати процеси у досліджуваній системі (рис. 1).

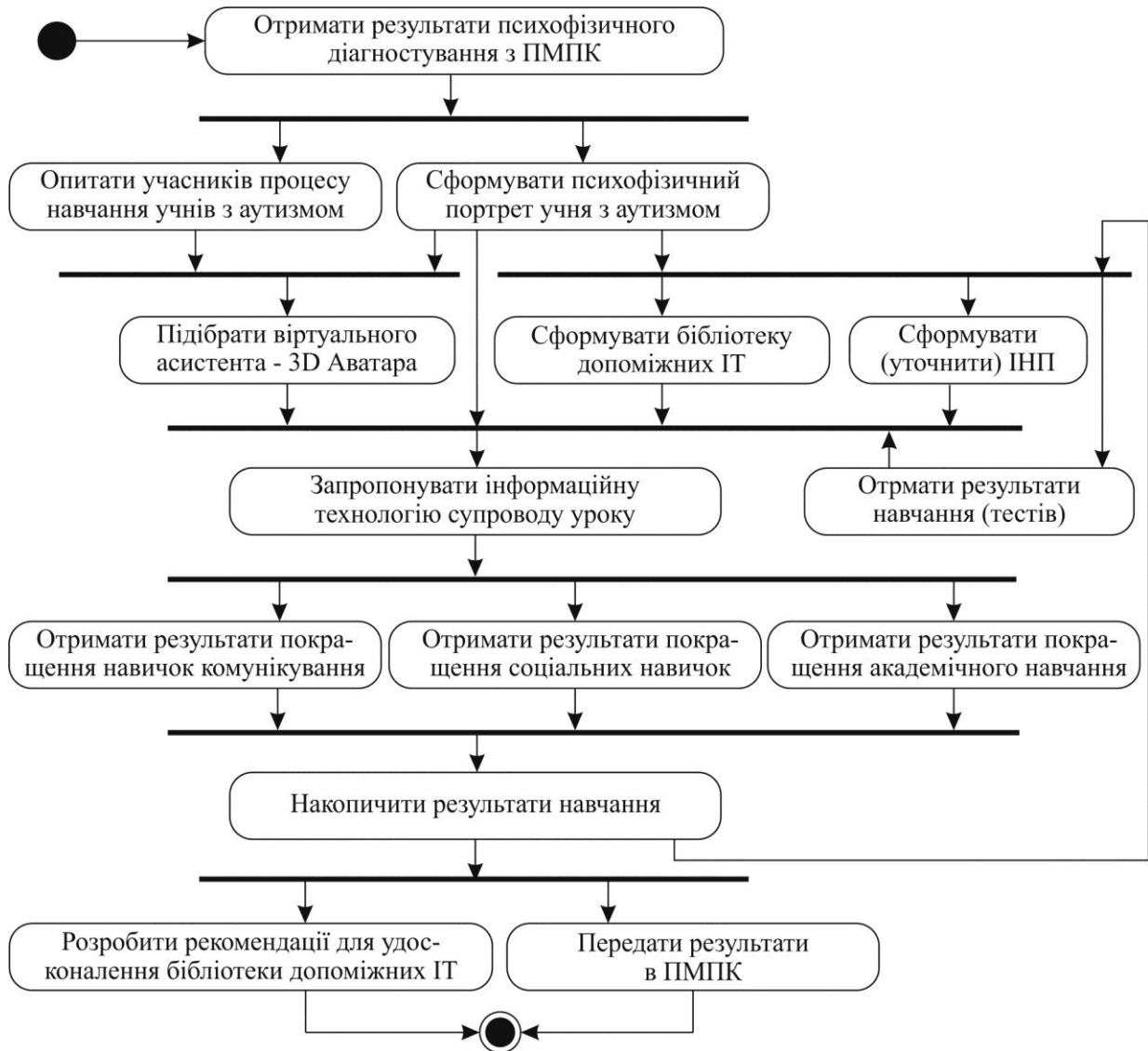


Рис.1. Діаграма діяльності комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання особи з аутизмом

Така структурна модель, на відміну від моделі інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, передбачає постійну взаємодію з фахівцями ПМПК протягом усього часу навчання учня з аутизмом, а також підкреслює ґрунтовніше використання методів та засобів візуалізації інформаційної технології супроводу навчання.

Фахівці Ресурсного центру аутизму зі США зазначають, що діти з аутизмом – це **"візуальні освітяни"**. Комп'ютерна графіка захоплює і підтримує їхню увагу». Формування віртуального асистента навчання учня з аутизмом доцільно реалізовувати на основі опитування учасників процесу навчання учнів з аутизмом а також за результатами психофізичного діагностування учня в ПМПК. Формалізація такого процесу виконана з використанням засобів мереж Петрі, яка є зручним

інструментом відображення причинно-наслідкових зв'язків та унаочнення паралельних явищ в процесі вибору персоналізованого віртуального асистента (рис. 2, таблиця 1, таблиця 2). Мережа Петрі $C = (P, T, I, O)$, де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_6\}$ – позиції, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_4\}$ – набір переходів; початкове маркування μ_0 та одна фішка у позиції p_1 .

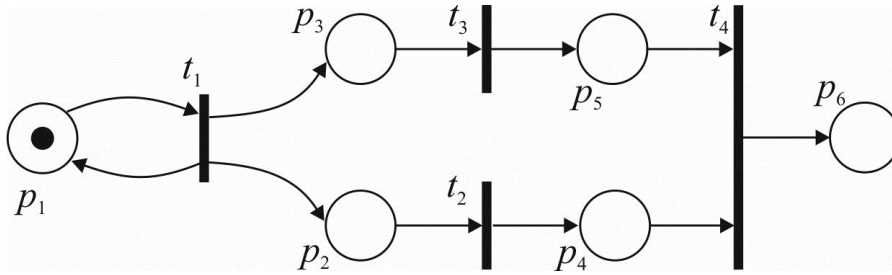


Рис. 2. Модель процесу вибору персоналізованого віртуального асистента

Переходи в такій мережі Петрі за змістом є подіями та інтерпретуються, як процеси.

Таблиця 1

Переходи мережі Петрі

t_1	Активация множини прототипів 3D-аватарів, відібраних на основі результатів психофізичного діагностування учня з аутизмом
t_2	Проведення експертної оцінки прототипів 3D-аватарів парафахівцями
t_3	Консолідація результатів суб'єктивного оцінювання прототипів 3D-аватарів батьками та учнем з аутизмом
t_4	Формування комплексної оцінки 3D-аватара

Позиції в такій мережі Петрі є умовами настання подій. Події в процесі інформаційно-технологічного супроводу навчання учнів з аутизмом полягають у вирішенні навчальних завдань, результати їх реалізації – це умови настання наступних подій. Послідовність вирішення відповідних завдань задається спрацьовуванням переходів мережі Петрі.

Таблиця 2

Позиції мережі Петрі

p_1	Множина прототипів 3D-аватарів, відібраних на основі результатів психофізичного діагностування учня з аутизмом
p_2	Проведення експертного оцінювання прототипів 3D-аватарів
p_3	Багатовимірні дані результатів взаємодії учня з прототипами 3D-аватарів
p_4	Оцінки прототипів 3D-аватарів, отримані від парафахівців
p_5	Суб'єктивна оцінка прототипів 3D-аватарів учнем з аутизмом
p_6	Персоналізовані характеристики 3D-аватарів

Така модель підкреслює необхідність одночасного залучення до оцінювання віртуального асистента та учня з аутизмом, батьків і парафахівців.

Персоналізований 3D-аватар, психофізичний портрет учня, результати попереднього навчання, індивідуальний навчальний план учня є підґрунтям формування інформаційної технології супроводу уроку. Спираючись на вищевказані складові, а також на доступні в інклюзивній школі допоміжні ІТ на кожен урок формується відповідна інформаційна технологія. Прототип запропонованої до реалізації дорадчої системи подано на рис. 3.



Рис.3. Прототип дорадчої системи формування інформаційної технології супроводу уроку

Така дорадча система на вході отримує мету навчання, зазначену в індивідуальному навчальному плані, а також персоналізовані освітні характеристики учня з аутизмом. Враховуючи ці дані, з множини наявних в інклюзивній школі допоміжних ІТ формується інформаційна технологія супроводу уроку, що відповідає персональним потребам і можливостям конкретного учня. Результати навчання накопичуються у сховищі даних. У разі, якщо у

множині допоміжних ІТ відсутні необхідні програмні компоненти, формується запит на розроблення такого застосунку з дотриманням вимог доступності (ISO/IEC 40500:2012) та універсального дизайну.

В роботі подано **формальну модель** дорадчої системи формування інформаційної технології супроводу уроку для учня з аутизмом:

$$\varphi: U \times T \times Q \longrightarrow M,$$

де U – мета навчання, зазначена в індивідуальному навчальному плані, $U = \{u_{l,z}^k \mid l = \overline{1, L}, z = \overline{1, Z}, k = \overline{1, K}\}$, де $u_{l,z}^k$ залежить від теми k уроку l для класу z ; T – сукупність персоналізованих вимог до програмного та апаратного забезпечення, $T = \{t_w^{i,r} \mid i = \overline{1, I}, r = \overline{1, R}, w = \overline{1, W}\}$, де $t_w^{i,r}$ – це вимога до r -го компонента i -го типу допоміжної технології для учня w , W – кількість учнів у класі z .

Набір X отримано в результаті аналізу психофізичної та педагогічної діагностики, яка подана функцією $\phi: X \longrightarrow T$, де $X = \{x_s^{h,g} \mid h = \overline{1, H}, g = \overline{1, G}, s = \overline{1, S}\}$, і $x_{h,g}^w$ є h -м результатом g -го тесту (психофізіологічного чи навчального) для учня w ; S – це кількість записів у сховищі даних результатів психофізичних та освітніх результатів, і $S \geq W$;

M – сформована інформаційна технологія супроводу уроку, $M = \{m_w \mid w = \overline{1, W}\}$, де m_w – бібліотека допоміжних інформаційних технологій, запропонованих для учня w ; Q – бібліотека допоміжних інформаційних технологій, наявних в інклюзивній школі і доступних для парафахівця. Таку бібліотеку зручно подати як множину $Q = Q_1 \cup Q_2 \cup Q_3$, $Q = \{q_{i,j} \mid i = \overline{1, 3}, j = \overline{1, J}\}$, де $q_{i,j}$ – j -та допоміжна інформаційна технологія i -го типу.

Для представлення загальних робочих процесів, потоків даних та інших пов'язаних з ними заходів у дорадчій системі, використана діаграма діяльності (рис. 4).

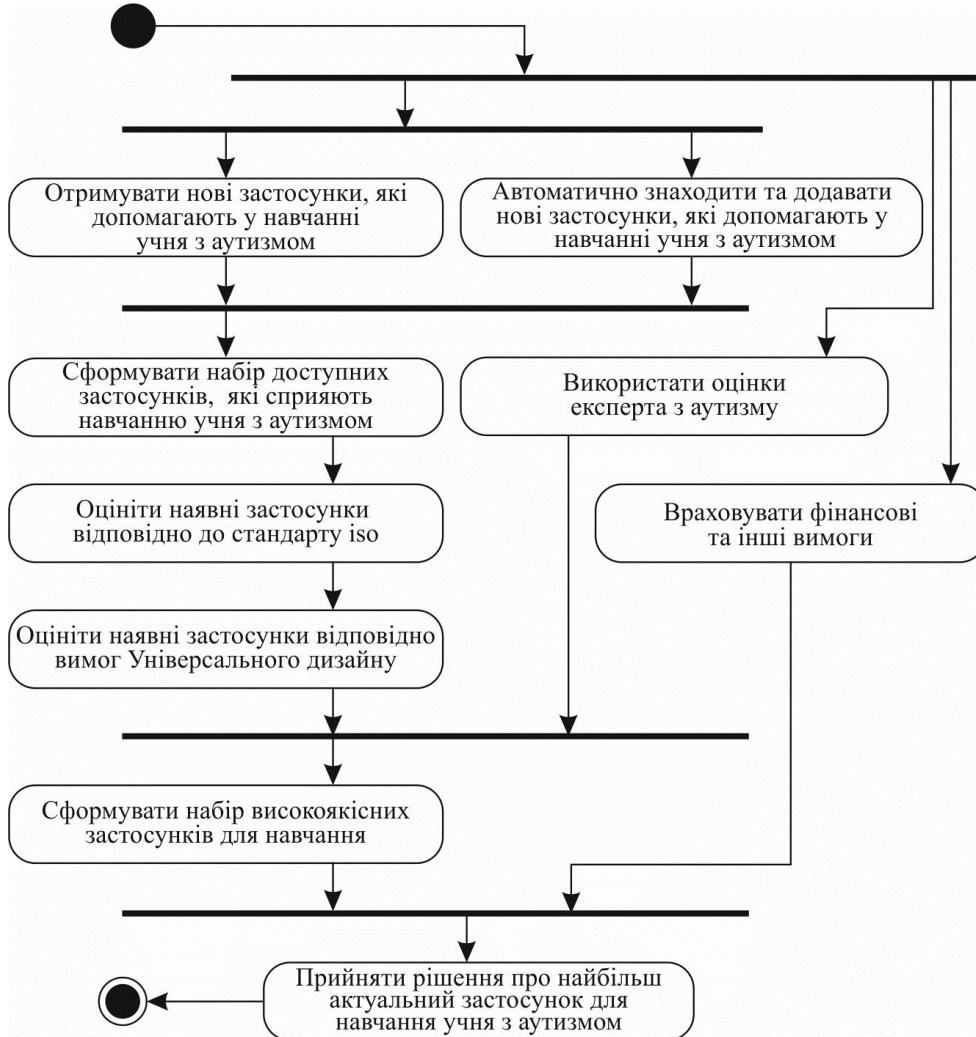


Рис. 4. Діаграма діяльності процесу формування інформаційної технології супроводу уроку для підтримки навчання учня з аутизмом

У **третьому розділі** подано метод персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом (структурне подання методу на рис. 5).

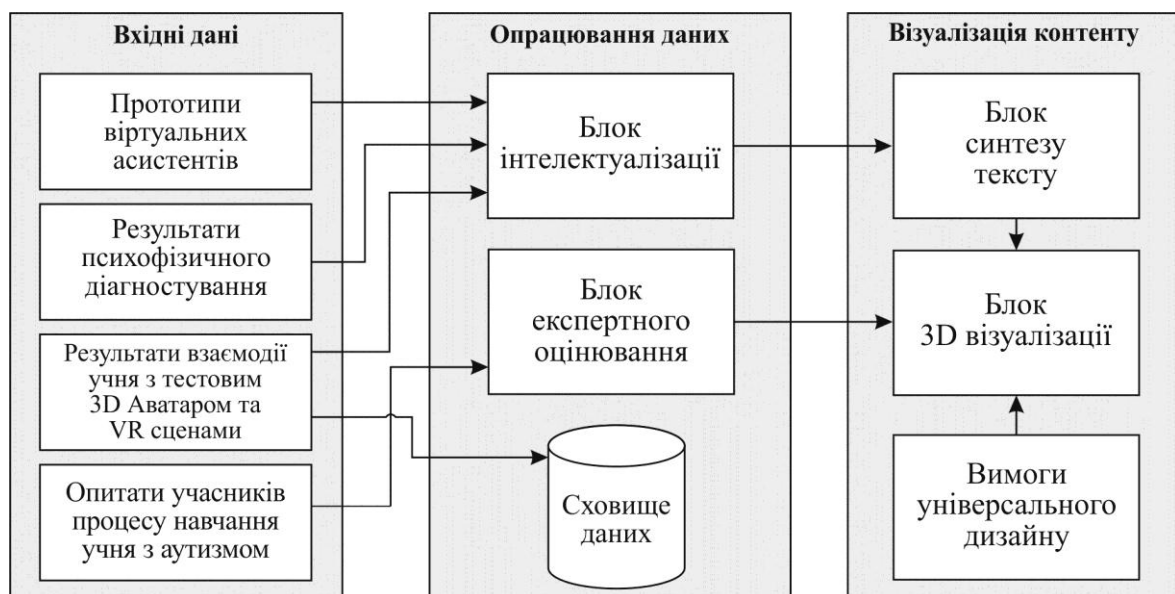


Рис. 5. Структурне подання методу персоналізації віртуального контенту

Метод персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом складається з наступних кроків (відповідна мережа Петрі подана на рис. 2):

Крок 0. Сформуванню бібліотеку прототипів віртуальних асистентів;

Крок 1. Підібрати прототипи віртуальних асистентів на основі аналізу психофізичного портрету, створеного за результатами психофізичного діагностування учня та кількісних характеристик його наукованості;

Крок 2. Провести експертне оцінювання прототипів віртуальних асистентів. Консолідувати результати суб'єктивного оцінювання прототипів віртуального асистента та учня з аутизмом.

Крок 3. Змоделювати персонального віртуального асистента для навчання учня з аутизмом.

Крок 4. Оцінити особливості наукованості учня та оновити бібліотеку прототипів віртуальних асистентів.

Формування бібліотеки віртуальних асистентів відбувається з джерел відкритого доступу (наприклад, ресурс Turbosquid) а також зусиллями 3D-художників.

У випадку ускладненої взаємодії, відсутності вербальних навичок, для проведення оцінювання прототипів віртуального асистента розроблено алгоритм, який ґрунтується на інтелектуальному розпізнаванні емоцій (рис. 6).



Рис. 6. Алгоритм оцінювання прототипів віртуального асистента учнем з аутизмом

Одним з етапів формування інформаційної технології супроводу уроку є експертне оцінювання наявних в інклюзивній школі допоміжних інформаційних технологій. В якості методу експертного оцінювання допоміжних інформаційних технологій обрано метод аналізу ієрархій (MAI, метод Сааті), використання якого дає змогу персоналізувати інформаційну технологію супроводу уроку. Враховуючи особливості процесу навчання учнів з аутизмом, критерії оцінювання допоміжних інформаційних технологій розділено на дві групи: об'єктивні і суб'єктивні. За суб'єктивними критеріями допоміжні інформаційні технології оцінюються персоналізовано для кожного учня з аутизмом. До об'єктивних критеріїв належать, наприклад, вимоги універсального дизайну та сполучуваність допоміжних інформаційних технологій (рис. 7).

Розроблено алгоритм консолідації даних при оцінюванні експертами за об'єктивними та суб'єктивними критеріями: оцінки за об'єктивними критеріями змінюються з появою нової допоміжної інформаційної технології. Експертне оцінювання за суб'єктивними критеріями проводиться для кожного учня під час формування інформаційної технології супроводу уроку (рис. 8).

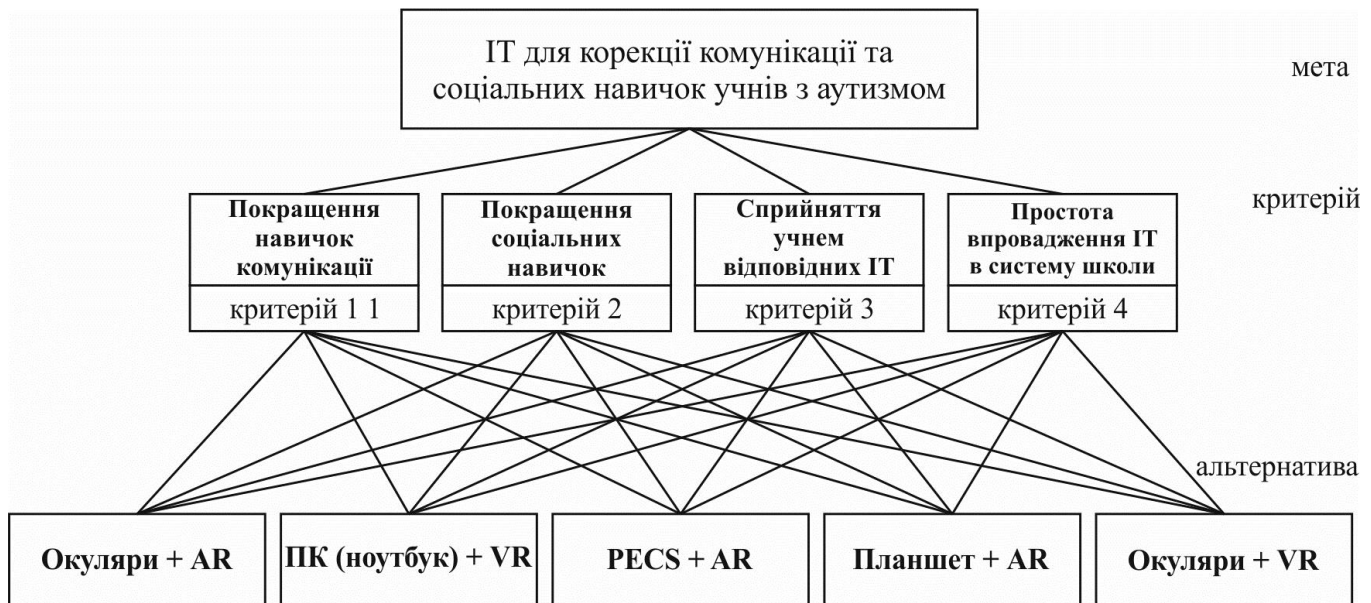


Рис. 7. Ієрархія рішень в МАІ, щодо експертного оцінювання допоміжних інформаційних технологій

Завдання з розроблення рекомендацій для наповнення бібліотеки додаткових інформаційних технологій в роботі сформульоване, як комбінаторна задача оптимізації:

$$F(x) = \sum_{j=1}^m z_j x_j \rightarrow \text{Max}, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, k, \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j = 1, \dots, m, \quad (3)$$

m – кількість допоміжних інформаційних технологій для комунікації та корекції соціальних навичок;

k – кількість типів ресурсів, доступних для впровадження допоміжних інформаційних технологій в ІТ-систему навчального закладу;

b_i – i -та ресурсна ємність;

z_j – корисність j -ї допоміжної інформаційної технології

a_{ij} – кількість одиниць i -го ресурсу для кожного елемента j . Ці дані екстраговано з технічної документації на допоміжні інформаційні технології.

Для розв'язування задачі (1)-(3) використано метод гілок та границь. Розв'язки дають змогу прийняти рішення щодо вибору додаткових інформаційних технологій, які задовольняють обмеженням (вартість, час і т.п.) при впровадженні такої інформаційної технології.

У **четвертому** розділі на основі структурної моделі комплексної інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом розроблено ряд допоміжних інформаційних технологій. Для вивчення окремих розділів дисципліни "Соціально-побутове орієнтування" у Навчально-реабілітаційному центрі "Довіра" було розроблено програмні застосунки, в яких реалізовані спеціальні сценарії – "Перехід дороги" (рис. 9а) та "Поведінка в класі" (рис. 9б). При цьому використано технологію віртуальної реальності. Проходження уроку відбувається як на ПК з підтримкою відповідного браузера, так і з використанням окулярів віртуальної реальності. Учень

керує неігровим персонажем, який допоможе своїм прикладом зрозуміти, коли можна переходити дорогу, а коли ні. Якщо урок вдало пройдено, формується статистика тестування і учень переходить до наступного уроку.

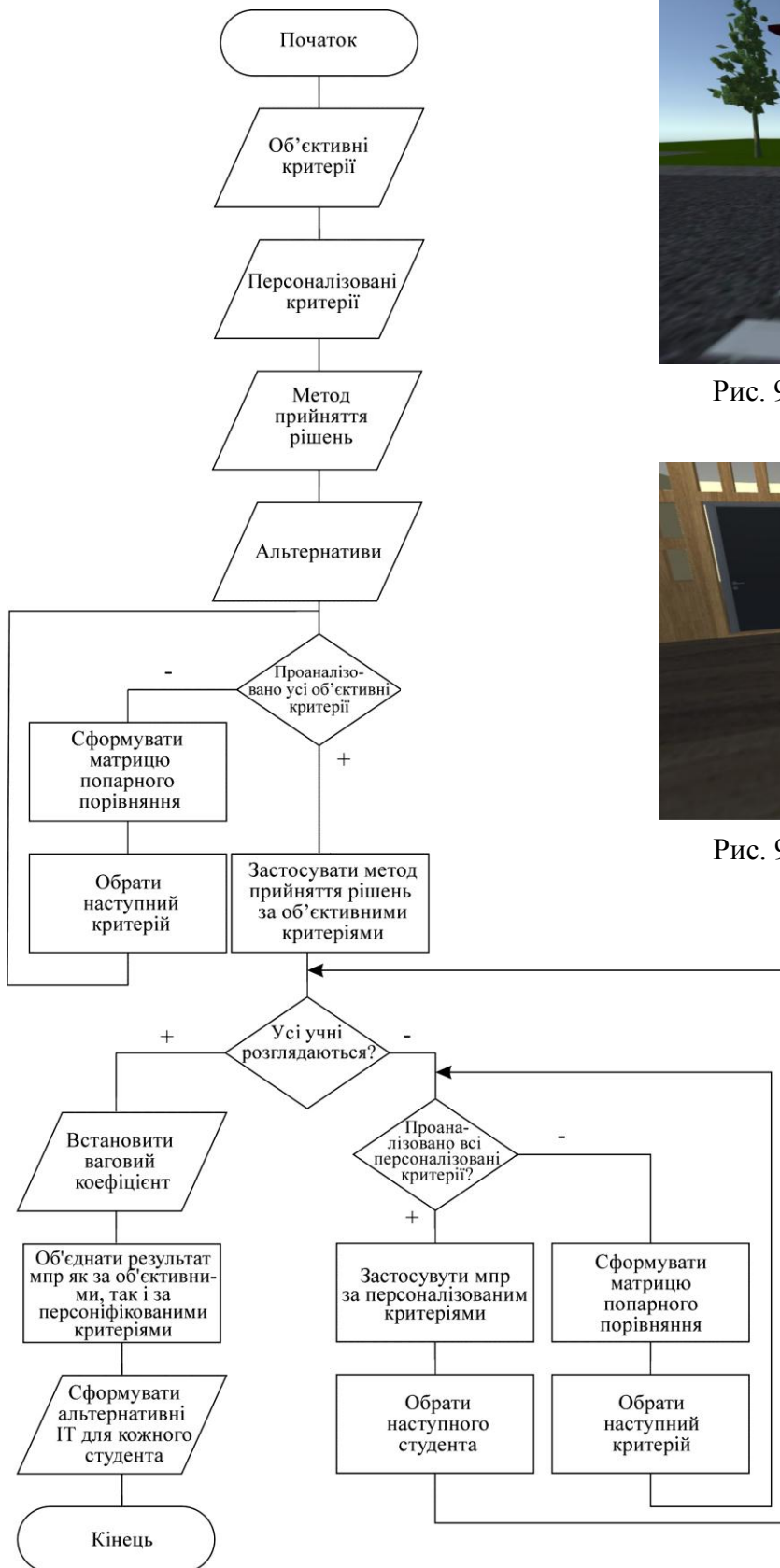


Рис. 8. Алгоритм консолідації даних експертного оцінювання



Рис. 9а. Приклад програмного застосунку "Перехід дороги"



Рис. 9б. Приклад програмного застосунку "Поведінка в класі"

Для розроблення прототипів персоналізованих віртуальних асистентів було створено концепт персонажа, проведено поетапне 3D моделювання, налаштовано матеріали та текстури для прототипу, підібрано освітлення, створено анімацію (рис. 10).

Для моделювання віртуального асистента (Совенятко) використано програмне забезпечення для 3D-моделювання та візуалізації Autodesk 3ds MAX, а також програмне забезпечення для воксельного

3D-модельовання MagicaVoxel. Підготовку та редагування текстур аватарів здійснено з використанням програмного продукту Adobe Photoshop. Анімацію віртуальних асистентів виконано засобами за стосунку для моделювання та анімації Autodesk Maya. Розроблення додаткової інформаційної технології доповненої реальності було виконано в середовищі розробки Unity 3D (мова C#), з використанням програмної платформи Vuforia Engine 9.0.12. Під час розроблення інформаційних технологій супроводу процесів навчання учнів з аутизмом було дотримано вимог універсального дизайну: *сприятливість, працездатність, зрозумілість, надійність*.

Усі розроблені інформаційні технології розроблені для операційної системи Android. Відтворення сцен віртуальної реальності передбачено на персональному комп'ютері з базовими вимогами: процесор: Intel® Core™ i3-6100 3.7 ГГц; оперативна пам'ять – 4 Gb і вище, відеоадаптер NVIDIA GTX 960 або AMD Radeon R9 290; для забезпечення взаємодії між операційною системою і драйвера відеоадаптера – DirectX в.11 і вище. Взаємодія в режимі доповненої реальності рекомендовано для смартфонів з оперативною пам'яттю 2 Gb і вище, чотириядерним процесором з частотою від 2 ГГц і вище.



Рис. 10. Етапи створення прототипу віртуального асистента (3D-аватара)

Розроблені прототипи 3D-аватарів формують бібліотеку віртуальних асистентів для супроводу навчання. Персоналізований віртуальний асистент підбирається під час експертного оцінювання (крок 2 методу персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом).

Експертне оцінювання віртуальних асистентів парафахівцями проведено за методом семантичного диференціалу (метод Осгуда), який дає змогу кількісно та якісно оцінити взаємодію віртуального асистента та учня з аутизмом за допомогою біполярних шкал. Віртуального асистента було оцінено 9 антонімічними парами, сформованими за трьома основними характеристиками: активність, сила та відношення. Суб'єктивне оцінювання відбувалося за семибальною шкалою, де: "0" – респондент не може співставити якість вказаної характеристики: "-1" "1" – якість, що притаманна віртуальному асистенту в незначній мірі; "-2" "2" – якість, що присутня в

середній мірі; "-3" "3" – найвищий степінь вказаної характеристики. Результати оцінювання подано у вигляді семантичного простору подано на рис. 11.

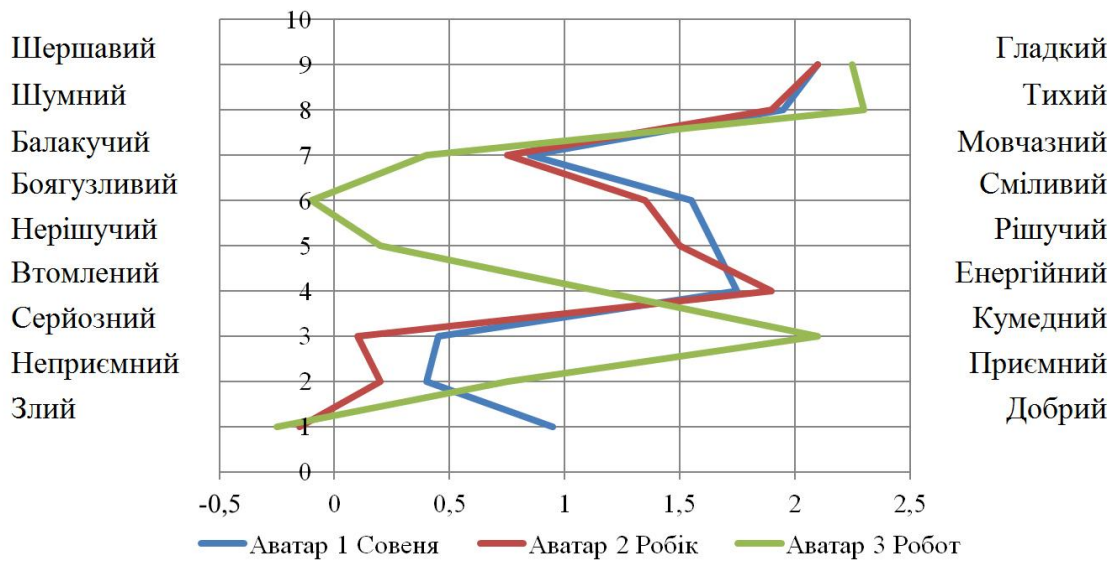


Рис. 11. Семантичний простір оцінок експертів характеристик персональних віртуальних асистентів

Для виокремлення найбільш релевантних характеристик персонального віртуального асистента, оцінюваного за методом семантичного диференціалу, було застосовано факторний аналіз. На кроці експертного оцінювання прототипів віртуальних асистентів було опитано 20-ть респондентів і отримані результати опрацьовано за допомогою засобів статистичного аналізу даних в середовищі IBM SPSS. Значення критерію Бартлетта ($p < 0,05$) та величина критерію Кайзера-Мейєра-Олкіна ($0,677 > 0,5$) свідчать про доцільність проведення процедури факторного аналізу.

Таблиця 3

Пояснення загальної дисперсії

Компонуента	Початкові власні значення			Суми обертання квадратних навантажень		
	Разом	% дисперсії	Кумулятивний %	Разом	% дисперсії	Кумулятивний %
1	3,648	40,534	40,534	2,759	30,652	30,652
2	1,423	15,810	56,344	2,040	22,664	53,316
3	1,238	13,760	70,104	1,511	16,788	70,104
4	,971	10,787	80,891			
5	,569	6,318	87,209			
6	,472	5,246	92,455			
7	,305	3,384	95,838			
8	,255	2,833	98,672			
9	,120	1,328	100,000			

Для Аватара "Совенятко" оптимальними є три фактори (таблиця 3 – пояснення загальної дисперсії). Така модель зберігає 70,104% вихідної інформації, при цьому кількість факторів скорочується більше ніж у три рази.

Згідно з даними матриці обернених компонентів (таблиця 4), пара Мовчазний-Балакучий найбільше пов'язана з фактором 1 (0,916), а пара Неприємний-Приємний пов'язана з фактором 2 (0,914).

Таблиця 4

Матриці обернених компонентів

	Компоненти		
	1	2	3
Шершавий - Гладкий	0,771	0,253	0,158
Шумний - Тихий	0,903	0,087	0,157
Балакучий - Мовчазний	0,916	-0,009	0,085
Боягузливий - Сміливий	0,045	0,010	0,821
Нерішучий - Рішучий	0,384	0,499	0,381
Втомлений - Енергійний	0,172	0,141	0,764
Серйозний - Кумедний	0,569	0,589	-0,064
Неприємний - Приємний	0,061	0,914	-0,044
Злий - Добрий	0,049	0,719	0,213

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне науково-прикладне завдання удосконалення інформаційно-технологічного супроводу процесів навчання учнів з аутизмом. Отримано наступні наукові та практичні результати:

1. Проаналізовано процес навчання учнів з аутизмом для виявлення основних методологічних засад такого процесу, що дало змогу визначити основні групи інформаційних технологій супроводу навчання таких учнів: інформаційні технології для підтримки комунікації, соціальних навичок та академічного навчання.

2. Розроблено структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом; така модель враховує необхідність залучення фахівців психолого-медико-педагогічної консультації до процесу навчання, що дає змогу враховувати психофізичні характеристики учня для персоналізації інформаційної технології його навчання.

3. Розроблено формальну модель інформаційної технології супроводу уроку на основі доступних допоміжних інформаційних технологій інклюзивної школи. Модель передбачає оцінювання допоміжних інформаційних технологій за суб'єктивними та об'єктивними критеріями. У формуванні відповідного інформаційно-технологічного супроводу уроку враховується індивідуальний навчальний план, результати психофізичного діагностування, наявні допоміжні інформаційні технології. Завдання з наповнення бібліотеки додатковими інформаційними технологіями було сформульоване, як комбінаторна задача оптимізації, розв'язана методом гілок та границь.

4. Розроблено метод персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом з урахуванням персоналізованих потреб такого учня. Модель вибору віртуального асистента передбачає залучення учня з аутизмом до експертного оцінювання шляхом застосування технології

інтелектуального аналізу даних для розпізнавання та інтерпретації емоцій учня під час взаємодії з прототипом віртуального асистента.

5. Розроблені програмні застосунки зорієнтовано на операційну систему Android, взаємодію в режимі доповненої реальності рекомендовано для смартфонів з оперативною пам'яттю 2 Gb і вище, чотири ядерним процесором з частотою від 2 ГГц і вище. Відтворення сцен віртуальної реальності передбачено також на персональному комп'ютері з операційною системою Windows 10 та базовими вимогами: процесор: Intel® Core™ i3-6100 3.7 ГГц; оперативна пам'ять – 4 Gb і вище, відеоадаптер NVIDIA GTX 960 або AMD Radeon R9 290; для забезпечення взаємодії між операційною системою і драйвера відеоадаптера – DirectX в.11 і вище. Для моделювання віртуального асистента використано програмне забезпечення для 3D-моделювання та візуалізації Autodesk 3ds MAX і MagicaVoxel. Редагування текстур здійснено засобами Adobe Photoshop. Анімацію віртуальних асистентів виконано засобами Autodesk Maya. Технологію доповненої реальності реалізовано в середовищі розробки Unity 3D (мова C#), з використанням програмної платформи Vuforia Engine 9.0.12.

6. Сформовано та апробовано інформаційні технології супроводу окремих уроків дисципліни "Соціально-побутове орієнтування" для учнів з аутизмом на онові технологій доповненої та віртуальної реальності в Навчально-реабілітаційному центрі I-II ступенів "Довіра" (м. Львів) та в Центрі розвитку дитини "Янголятко" (м. Мукачево). Результати дисертаційних досліджень впроваджені та використовуються в навчальному процесі Національного університету "Львівська політехніка" (кафедра інформаційних систем та мереж), Українській академії друкарства (кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій) та Львівському державному університеті внутрішніх справ (кафедра психології).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список публікацій у наукових фахових виданнях України, що входять до переліку, затвердженого МОН України:

1. Андруник В.А. Структурне моделювання процесів аналізу та синтезу технічного тексту / Андруник В.А., Бекеш Р.Р., Чирун Л.Б. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2014. – № 805: Інформаційні системи та мережі. - С. 237–257.

2. Андруник В.А. Інтелектуальний аналіз матеріально-технічного забезпечення структурної одиниці навчального закладу / Андруник В.А., Чирун Л.Б., Чирун Л.В. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2015. – № 814: Інформаційні системи та мережі. – С. 364-379.

3. Інформаційні технології навчання учнів з аутизмом / Андруник В.А., Шестакевич Т.В., Пасічник В.В., Кунанець Н.Е. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2018. – № 901: Інформаційні системи та мережі. – С. 76-88.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав:

4. Andrunyk V. The technology of augmented and virtual reality in teaching children with ASD / Andrunyk V., Shestakevych T., Pasichnyk V. // Econtechmod: scientific journal, Lublin. – 2018. – Vol. 7, No 4. – P. 59-64.

5. Accessibility analysis of scientific libraries web resources / Pasichnyk V., Shestakevych T., Kunanets N., Rzheuskyi A., Andrunyk V. // *Econtechmod : scientific journal*, Lublin. –2019. – Vol. 8. No 4. – P. 9–16.

6. Andrunyk V. Visualization of the content of information technologies: supporting the education of students with autism / V. Andrunyk // *Econtechmod. an international quarterly journal* – 2020 – Vol. 09, No. 2. – P. 11 – 18.

7. Andrunyk V. AI system in monitoring of emotional state of a student with autism / Andrunyk V., Yaloveha O. // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2021. – Vol. 1293: Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2020, September 23–26, 2020, Zbarazh, Ukraine. – P. 102–115.

8. Andrunyk V. Modeling an IT for decision-making in education of students with autism / Andrunyk V., Prystai Y., Shestakevych T. // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2021. – Vol. 1293: Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2020, September 23–26, 2020, Zbarazh, Ukraine. – P. 1116–1127.

Публікації у виданнях, що включено у міжнародні наукометричні бази даних (Web of science, Scopus):

9. Analysis of completeness, diversity and ergonomics of information online resources of diagnostic and correction facilities in Ukraine / Pasichnyk V., Shestakevych T., Kunanets N., Andrunyk V. // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2018. – Vol. 2105 : 14th International conference on ICT in education, research and industrial applications. Integration, harmonization and knowledge transfer. Vol. I: Main conference. ICTERI 2018, Kyiv, Ukraine, May 14–17, 2018. – P. 193–208.

10. Multimedia educational technologies for teaching students with autism / Andrunyk V., Pasichnyk V., Kunanets N., Shestakevych T. // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2019. – Vol. 2533: Proceedings of the 1st International workshop on digital content & smart multimedia (DCSMart 2019), Lviv, Ukraine, December 23–25, 2019. Vol. 1. – P. 237–248.

11. Supruniuk K. AR interface for teaching students with special needs / Supruniuk K., Andrunyk V., Chyrun L. // *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2604: Computational linguistics and intelligent systems: proceedings of the 4th International conference, COLINS 2020. Vol. I: Main conference. Lviv, Ukraine, April 23–24, 2020. – P. 1295–1308.

12. Andrunyk V. Virtual reality platform using ML for teaching children with special needs / Horbova M., Andrunyk V., Chyrun L. // *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2631 : Modern machine learning technologies and data science workshop : proceedings of the 9th International conference on “Mathematics. Information Technologies. Education”, MoMLeT&DS workshop 2020. Lviv-Shatsk, Ukraine, June 2–3, 2020. Vol. I: Main conference. – P. 209–220.

13. Shestakevych T. A two-step approach in expert evaluation of correctional information technologies for students with autism spectrum disorders / Shestakevych T., Andrunyk V. // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2020. – Vol. 2753 : Proceedings of the 3rd International conference on informatics & data-driven medicine (IDDM 2020), Växjö, Sweden, November 19–21, 2020. – P. 448–457.

14. Information technologies for teaching children with ASD / Andrunyk V., Shestakevych T., Pasichnyk V., Kunanets N. // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2020. – Vol. 938 : Advances in computer science for engineering and education II. Proceedings of the Second international conference on computer science, engineering and education applications ICCSEEA 2019 (Kiev, Ukraine; January 26 – 27, 2019). – P. 523–533.

15. A complex system for teaching students with autism: the concept of analysis. Formation of IT teaching complex / Andrunyk V., Pasichnyk V., Antonyuk N., Shestakevych T. // *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)*. – 2020. – Vol. 1080 : Advances in intelligent systems and computing IV. Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2019, September 17–20, 2019, Lviv, Ukraine. – P. 721–733.

Публікації у збірниках наукових конференцій:

16. Modeling the recommender system for the synthesis of information and technology complexes for the education of students with autism / Andrunyk V., Pasichnyk V., Shestakevych T., Antonyuk N. // Комп'ютерні науки та інформаційні технології, CSIT-2019 : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 17–20 вересня 2019, Львів, Україна.– Львів, 2019. – С. 183–186.

17. Andrunyk V. Design of AR interface for learning students with special needs / Supruniuk K., Andrunyk V. // *Computational Linguistics and Intelligent Systems. Proceedings* : Proceedings of the 4th International conference "Computational linguistics and intelligent systems" COLINS 2020 (Lviv, Ukraine; June 23–24, 2020). – Vol. II: Workshop. – P. 178–183.

18. Andrunyk V. Development of information system for monitoring the emotional state of a student with special needs / Yaloveha O., Andrunyk V. // *Computational Linguistics and Intelligent Systems. Proceedings*: Proceedings of the 4th International conference "Computational linguistics and intelligent systems" COLINS 2020 (Lviv, Ukraine; June 23–24, 2020). – Vol. II: Workshop. – P. 184–190.

19. Andrunyk V. Information system for monitoring the emotional state of a student with special needs using AI / Andrunyk V., Yaloveha O. // Комп'ютерні науки та інформаційні технології : матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції (Збараж, 23–26 вересня 2020 р.). – Львів, 2020. – С. 66–69.

20. Andrunyk V. Development of virtual reality platform for teaching children with special needs / Horbova M., Andrunyk V. // *Computational Linguistics and Intelligent Systems. Proceedings*. 2020. Proceedings of the 4th International conference "Computational linguistics and intelligent systems" COLINS 2020 (Lviv, Ukraine; June 23–24, 2020). – Vol. II: Workshop. – P. 170–177.

21. Andrunyk V. Analytic hierarchy process for personalization of education IT (for students with autism) / Andrunyk V., Prystai Y., Shestakevych T. // Комп'ютерні науки та інформаційні технології : матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції (Збараж, 23–26 вересня 2020 р.). – Львів, 2020. – С. 301–305.

22. Андруник В. А. Візуалізація навчального контенту для дітей з аутизмом як складова універсального дизайну / Шестакевич Т. В., Андруник В. А., Пасічник В. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту :

матеріали міжнародної наукової конференції, 21–27 травня 2018 р., м. Залізний Порт. – Херсон, 2018. – С. 20–22.

23. Ергономічність довідкових онлайн ресурсів для осіб з особливими потребами / Пасічник В.В., Кунанець Н.Е., Шестакевич Т.В., Андруник В.А. // Інформаційні моделі, системи та технології: матеріали V науково-технічної конференції, 1-2 лютого 2018 р., Тернопіль.– Тернопіль, 2018 – С. 116.

24. Андруник В. А. Інформаційно-технологічний інструментарій формування освітніх інформаційних продуктів для осіб з розладами аутистичного спектру / Пасічник В. В., Андруник В. А., Шестакевич Т. В. // Математика. Інформаційні технології. Освіта : тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції (Луцьк-Світязь, 3-5 червня 2018 р.). –Луцьк, 2018. – С. 89–91.

25. Андруник В. А. Дорадча система формування ІТ-комплексів навчання учнів з аутизмом / Андруник В. А., Демчук А. Б., Шестакевич Т. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту : матеріали Міжнародної наукової конференції (с. Залізний Порт, 21–25 травня 2019 р.). – Херсон, 2019. – С. 3–4.

АНОТАЦІЇ

Андруник В. А. Інформаційні технології супроводу процесів навчання осіб з аутизмом. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Українська академія друкарства Міністерства освіти і науки України, Львів, 2021.

У дисертаційній роботі розв’язане актуальне науково-прикладне завдання створення нових методів та засобів удосконалення процесу супроводу навчання осіб з аутизмом шляхом розроблення, запровадження та використання інформаційних технологій підтримки освітніх процесів для таких осіб. Розроблено структурну модель комплексної інформаційної технології супроводу процесів навчання учнів з аутизмом, формальну модель інформаційної технології супроводу уроку на основі доступних допоміжних інформаційних технологій інклюзивної школи. Модель передбачає оцінювання допоміжних інформаційних технологій за суб’єктивними та об’єктивними критеріями. У формуванні відповідного інформаційно-технологічного супроводу уроку враховується індивідуальний навчальний план, результати психофізичного діагностування, наявні допоміжні інформаційні технології. Завдання з наповнення бібліотеки додатковими інформаційними технологіями сформульоване, як комбінаторна задача оптимізації, розв’язана методом гілок та границь. Розроблено метод персоналізації віртуального контенту інформаційної технології супроводу навчання учнів з аутизмом з урахуванням персоналізованих потреб такого учня. Модель вибору віртуального асистента передбачає залучення учня з аутизмом до експертного оцінювання шляхом застосування технології інтелектуального аналізу даних для розпізнавання та інтерпретації емоцій учня під час взаємодії з прототипом віртуального асистента. Створено інформаційні технології супроводу окремих уроків дисципліни "Соціально-побутове орієнтування" для учнів з аутизмом на основі технологій доповненої та віртуальної реальності.

Ключові слова: інформаційна технологія навчання, учень з аутизмом, метод аналізу ієрархій, метод семантичного диференціалу, віртуальний асистент, доповнена реальність, віртуальна реальність, соціально-побутове орієнтування.

Андруник В.А. Информационные технологии сопровождения процессов обучения лиц с аутизмом. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - информационные технологии. - Украинская академия книгопечатания Министерства образования и науки Украины, Львов, 2021.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача создания новых методов и средств совершенствования процесса сопровождения обучения учеников с аутизмом путем разработки, внедрения и использования информационных технологий поддержки образовательных процессов для таких учеников. Разработана структурная модель комплексной информационной технологии сопровождения процессов обучения учащихся с аутизмом, а также формальная модель информационной технологии сопровождения урока на основе доступных вспомогательных информационных технологий инклюзивной школы. Модель предусматривает оценивание вспомогательных информационных технологий по субъективным и объективным критериям. В формировании соответствующего информационно-технологического сопровождения урока учитывается индивидуальный учебный план, результаты психофизического диагностирования, имеющиеся вспомогательные информационные технологии. Задача по наполнению библиотеки дополнительными информационными технологиями сформулирована как комбинаторная задача оптимизации и решена методом ветвей и границ. Разработан метод персонализации виртуального контента информационной технологии сопровождения обучения учащихся с аутизмом с учетом персонализированных потребностей такого ученика. Модель выбора виртуального ассистента предусматривает привлечение ученика с аутизмом к экспертной оценке путем применения технологии интеллектуального анализа данных для распознавания и интерпретации эмоций ученика при взаимодействии с прототипом виртуального ассистента. Созданы информационные технологии сопровождения отдельных уроков дисциплины «Социально-бытовое ориентирование» для учеников с аутизмом на обновит технологий дополненной и виртуальной реальности.

Ключевые слова: информационная технология обучения, ученик с аутизмом, метод анализа иерархий, метод семантического дифференциала, виртуальный ассистент, дополненная реальность, виртуальная реальность, социально-бытовое ориентирование.

Andrunyk VA Information technologies of teaching support of students with autism. - On the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, speciality 05.13.06 - Information Technologies. – Ukrainian Academy of Printing of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2021.

In modern researches, reputable scientists claim that at least 1% of the world's population has signs of autism. In the vast majority of cases, a person with autism has difficulty communicating and establishing social connections, so teaching students with autism is usually based on the principles of structure and visual support. While identifying

the main methodological foundations of teaching processes of students with autism, the main groups of information technologies to support the teaching of such students were determined: information technology to support communication, social skills, and academic teaching. The creation of new methods and means of improving the process of supporting the teaching of students with autism through the development, implementation, and use of information technology is an urgent scientific task. To solve it, a structural model of complex information technology for supporting the teaching processes of students with autism was developed, which, in contrast to the existing model of information technology support for inclusive education, provides constant interaction with specialists of psychological and medical institutions throughout the process of student's with autism education, together with more thorough use of methods and means of visualization of such information technology.

The developed method of personalization of virtual content of information technology of support of teaching of students with autism consists in formation of a library of virtual assistants prototypes, selection of such assistants based the analysis of the psychophysical portrait of a student (created by analyzing the results of his/her psychophysical diagnosing), and implementation of a personal virtual assistant in the system of information and technological support of teaching students with autism. In the case of complicated interaction, lack of verbal skills, an algorithm based on intellectual recognition of emotions has been developed to evaluate the prototypes of a virtual assistant.

The formation of a virtual assistant for teaching a student with autism should be implemented on the basis of a survey of participants of the process of teaching students with autism, as well as the results of psychophysical diagnosis of a student in the psychological, medical, and pedagogical institution. The formalization of this process is done using Petri nets, which is a convenient tool for mapping and illustrating parallel phenomena in the process of choosing a personalized virtual assistant, emphasizes the need for simultaneous involvement in the assessment of virtual assistant the student with autism, his/her parents, and paraprofessionals.

The personalized 3D-avatar, the psychophysical portrait of the student, the results of previous training, the individual curriculum of the student are the basis for the formation of information technology for lesson support. Based on the above components, as well as on the available in the inclusive school auxiliary IT for each lesson, the appropriate information technology is formed. One of the stages of the formation of information technology of lesson support is an expert evaluation of assistive information technologies available in an inclusive school, for their expert evaluation the analytic hierarchy process was chosen, the use of which allows personalizing information technology of lesson support. Taking into account the peculiarities of the learning process of students with autism, the criteria for assistive information technology evaluation are divided into two groups: objective and subjective. Objective criteria include, for example, the requirements of universal design and the compatibility of assistive information technologies. Expert assessment according to subjective criteria is conducted for each student during the formation of information technology for lesson support. If the set of assistive ITs does not have the necessary software components, a request is made to develop such an application in compliance with the requirements of accessibility (ISO / IEC 40500: 2012) and universal design.

The task of developing recommendations for filling the library of assistive information technologies was formulated as a combinatorial optimization problem, to solve which the method of branches and bound was used.

Based on the structural model of complex information technology to support the teaching of students with autism, a number of assistive information technologies have been developed. To teach certain sections of the discipline "Social and domestic orientation" for the Training and Rehabilitation Center, the software applications based on virtual reality technology were developed.

To develop prototypes of personalized virtual assistants, a character concept was created, step-by-step 3D modeling was performed, materials and textures for the prototype were adjusted, lighting was selected, and animation was created. Expert assessment of virtual assistants by paraprofessionals was carried out by the method of semantic differential, which allows to quantitatively and qualitatively assess the interaction of virtual assistant and student with autism using bipolar scales.

Factor analysis was used to identify the most relevant characteristics of a personal virtual assistant, evaluated by the method of semantic differential.

Key words: information technology of teaching, student with autism, analytic hierarchy process, semantic differential method, virtual assistant, augmented reality, virtual reality, social orientation.