

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

На правах рукопису

ШЕСТАКЕВИЧ ТЕТЯНА ВАЛЕРІЇВНА

УДК 376-056.2:004.416:37.014.61

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ
ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ**

01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних
машин і систем

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
доктор технічних наук, професор
Пасічник Володимир Володимирович

Львів – 2017

Зміст

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПРОВОДУ НАВЧАННЯ ОСІБ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ.....	16
1.1. Інформаційні технології для освіти	16
1.1.1. Інформатизація освітнього процесу	16
1.1.2. Інклюзія – світова інноваційна освітня концепція.....	17
1.1.3. Поступ інклюзивної освіти в Україні	19
1.2. Понятійна складова процесу інклюзивного навчання та його інформаційно-технологічного супроводу	20
1.3. Концептуальна схема етапів інклюзивного навчання	22
1.3.1. Етап 1. Визначення особливостей психофізичного розвитку.....	24
1.3.2. Етап2. Персоналізація мети навчання	24
1.3.3. Етап 3. Формування персональної траєкторії навчання.....	27
1.3.4. Етап 4. Аналіз реалізації навчальної траєкторії	29
1.4. Інформаційно-технологічний супровід навчання осіб з особливими потребами	30
1.4.1. Світовий досвід математичного та інформаційно-технологічного супроводу навчання осіб з особливими потребами	31
1.4.2. Вітчизняні напрацювання в математичному забезпеченні інформаційних технологій супроводу інклюзивного навчання	33
1.4.3. Класифікація реалізованих засобів ІТ-супроводу навчання осіб з особливими потребами.....	36
1.5. Висновки до Розділу 1	42
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ	44
2.1. Формалізування процесу інклюзивного навчання.....	44

2.1.1. Моделювання порядку слідування освітніх завдань	44
2.1.2. Урахування контексту реалізації освітніх завдань інклюзивного навчання.....	48
2.1.3. Моделювання паралелізму в інклюзивному навчанні	52
2.2. Моделювання інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання	54
2.2. Висновки до Розділу 2	61
РОЗДІЛ 3. МЕТОД АНАЛІЗУ ДАНИХ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ПСИХОФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ ОСОБИ	
63	
3.1. Концептуальна схема бази даних результатів діагностування у ПМПК ..	63
3.4. Модель сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку...	64
3.2. Концепція аналізу даних за результатами діяльності ПМПК	66
3.4. Розроблення методу встановлення формату навчання особи з особливими потребами.....	71
3.4.1. Попереднє опрацювання даних	71
3.4.2. Таблиця прийняття рішення	78
3.4.3. Аналіз попередньо опрацьованих даних	78
3.4.4. Виявлення залежностей у даних, оцінювання та інтерпретація результатів	79
3.4.5. Метод встановлення формату навчання особи.....	79
3.5. Алгоритм аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання.....	81
3.5.1. Формування корпусу текстів інклюзивного навчання.....	82
3.5.2. Аналіз корпусу текстів інклюзивного навчання.....	84
3.5.3. Модель аналізу даних навчальної траєкторії.....	87

3.6. Алгоритм вибору додаткових навчальних заходів.....	89
3.7. Висновки до Розділу 3	93
РОЗДІЛ 4. АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ В ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ	
4.1. Вимоги до програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання	96
4.1.1. Вимоги до програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання	96
4.1.2. Специфікація блоку вимог «Особливості психофізичного розвитку»	97
4.1.3. Специфікація блоку вимог «Персоналізована мета навчання»	98
4.1.4. Специфікація блоку вимог «Індивідуальна освітня траєкторія»	99
4.1.5. Специфікація блоку вимог «Аналіз навчальної траєкторії»	100
4.2. Архітектура програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання	100
4.3. Даталогічна модель та схема бази даних результатів психофізичного діагностування ПМПК.....	102
4.4. Реалізація алгоритмів аналізу даних.....	105
4.4.1. Алгоритм багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних показників моделі	105
4.4.2. Алгоритм аналізу області значень	107
4.4.3. Алгоритм аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множину розв'язків	108
4.4.4. Аналіз статистичних властивостей коду програмного забезпечення	109
4.4.5. Алгоритм Джонсона аналізу попередньо опрацьованих даних.....	118

4.5. Система ефектів впливу від впровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.....	120
4.6. Висновки до Розділу 4	133
ВИСНОВКИ.....	136
Література	138
Додаток 1. Акти про впровадження результатів дисертаційної роботи	160
Додаток 2. Моделювання порядку слідування освітніх завдань для етапу 2-4 процесу інклюзивного навчання	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток 3. Моделювання урахування контексту реалізації освітніх завдань для етапу 2-4 інклюзивного навчання.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне розуміння освіти як особистісно орієнтованого процесу вимагає пристосування навчальних впливів до індивідуально-психологічних особливостей та можливостей кожного учня та студента, створення сприятливих умов для розвитку його здібностей і можливостей, що набуває особливого значення для навчання осіб з особливими потребами. Порушення психофізичного розвитку, відхилення від нормального фізичного чи психічного розвитку, зумовлені вродженими чи набутими розладами, називають *особливостями психофізичного розвитку*. Комплексний процес забезпечення рівного доступу до якісної освіти особам з особливостями психофізичного розвитку шляхом організації їх навчання у загальноосвітніх навчальних закладах із застосуванням особистісно-орієнтованих методів навчання, з урахуванням індивідуальних особливостей навчально-пізнавальної діяльності таких осіб та належним медико-соціальним, психолого-педагогічним та організаційно-технологічним супроводом, в умовах масових загальноосвітніх закладів за місцем проживання, називається *інклюзивним навчанням*.

Традиційно супровід процесів навчання осіб з особливими потребами здійснюється за технологічним, педагогічним, психологічним, медико-реабілітаційним, спортивним та соціальним напрямками. Розроблення та впровадження сучасного комплексного інформаційно-технологічного супроводу всіх етапів інклюзивного навчання, який ураховує національну специфіку такого процесу, сприяє повнішому та якіснішому доступу до освіти та соціальній інтеграції осіб з особливими потребами. Цим питанням присвячено роботи закордонних фахівців: особливості моделювання систем допоміжних технологій викладено у роботах М. Херш; дослідження питань розроблення рекомендаційних систем персонального е-навчання відображене у роботах А. Істенік Старсік та Р. Дж. Паркса; дослідження Дж. Бейкера та К. Ромеро стосуються видобування знань з освітніх даних з метою кластеризації та

виявлення взаємозв'язків; у напрацюваннях Дж. Луана, Дж. Мостова досліджено підбір навчальної технології відповідно до індивідуальних особливостей учня. Втім, невіддільною характерною ознакою моделювання процесів інклюзивного навчання є необхідність враховувати специфіку національної політики у сфері освіти осіб з особливими потребами.

Напрацювання закордонних дослідників практично неможливо цілісно застосовувати до вітчизняних освітніх реалій. У роботах Ю.В. Нікольського розроблено модель процесу аналізу великих масивів даних, Т.О. Дмитренко застосовує теорію графів для розв'язування задач оптимізації навчального плану, М.В. Давидовим розроблено математичне забезпечення системи ідентифікації елементів української жестової мови. Фахівці навчальних закладів створюють проблемно-орієнтоване програмне забезпечення для вивчення окремих навчальних дисциплін; розроблено ряд комп'ютерних технологій доступу до освітніх інформаційних ресурсів особам з особливими потребами; на базі сучасних інформаційних технологій активно розробляють системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами. Проте, такий супровід інклюзивного навчання сучасними інформаційними технологіями має, зазвичай, несистемний характер, інформаційні, комунікаційні та програмні інструменти між собою слабо пов'язані. Необхідність покращення підтримки процесів навчання осіб з особливими потребами шляхом розроблення методів та засобів математичного та програмного забезпечення як підґрунтя для створення комплексної програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання визначає актуальність цього наукового дослідження.

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-дослідними темами: «Інформаційно-технологічна підтримка освітніх процесів, зорієнтованих на людей з особливими потребами» (держ. реєстр. № 0116U007752), «Науково-

освітнє соціокомунікаційне середовище великого міста: моделювання, прототипування, інформаційні технології» (держ. реєстр. № 0116U006723), «Розроблення методів забезпечення конкурентоздатності радіоелектронної апаратури шляхом комплексної оптимізації процесів виробництва за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (держ. реєстр. № 0110U001112), «Комплексна оптимізація процесів виготовлення радіоелектронної апаратури за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (держ. реєстр. № 0113U003199), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів науково-дослідних робіт.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення методів та засобів математичного та програмного забезпечення для удосконалення інформаційно-технологічної підтримки та супроводу навчання осіб з особливими потребами.

Для досягнення поставленої мети дослідження було розв'язано такі задачі:

- аналіз специфіки процесу навчання осіб з особливими потребами, аналіз забезпеченості інклюзивного навчання інформаційними технологіями;
- розроблення моделі процесу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами, яка вповні охоплює усі етапи інклюзивного навчання;
- розроблення моделі інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання та визначення функцій програмного забезпечення такого супроводу;
- розроблення методу встановлення формату навчання особи з особливими потребами на основі опрацювання результатів психофізичного діагностування особи;
- розроблення системи оцінювання ефектів від упровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання;
- розроблення архітектури програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, алгоритмів та програмних

засобів реалізації інформаційно-технологічного супроводу окремих його етапів.

Об'єктом дослідження є процес інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами.

Предметом дослідження є методи та засоби програмного і математичного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

Методи дослідження. У ході вирішення обґрунтованих задач для моделювання процесу інклюзивного навчання використано математичний апарат теорії множин, формальних мов та мереж Петрі. Для моделювання процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, представлення організаційних процесів та варіантів використання для окремих етапів інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання застосовано уніфіковану мову моделювання UML. Для моделювання процесів формування комплексної оцінки психофізичного розвитку особи, а також процесу накопичення результатів інклюзивного навчання використано апарат реляційних баз даних та сховищ даних. Для моделювання комплексної оцінки психофізичного розвитку особи та реалізованої траєкторії інклюзивного навчання використано методи інтелектуального аналізу даних та модель процесу аналізу даних із невизначеністю та надлишковістю. Для моделювання персоналізованої навчальної траєкторії застосовано технологію багатовимірної аналізу даних та метод контент-аналізу. Метод експертних оцінок та когнітивного моделювання використано для розроблення системи оцінювання ефектів запровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання. Для проектування програмних засобів інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання використано UML та архітектурний шаблон MVC.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі розв'язане важливе наукове завдання розроблення математичного та

програмного забезпечення процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання. При цьому отримано такі наукові результати:

- *уперше* розроблено математичну модель процесу інклюзивного навчання, яка, спираючись на встановлені характеристики такого процесу та національну специфіку навчання осіб з особливими потребами, формально специфікує процес інклюзивного навчання та, на відміну від існуючих, передбачає систематичне залучення фахівців психолого-медико-педагогічних консультацій до процесу інклюзивного навчання;

- *уперше* розроблено модель інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яка ґрунтується на математичній моделі такого процесу і, на відміну від подібних, передбачає комплексне застосування інформаційних технологій на кожному з етапів інклюзивного навчання, що дало можливість сформулювати вимоги до архітектури програмної системи інформаційно-технологічного супроводу такого навчання;

- *уперше* розроблено метод встановлення формату навчання особи з особливими потребами на основі аналізу комплексної оцінки психофізичного розвитку, який, на відміну від існуючих, враховує особливості результатів діагностування особи в психолого-медико-педагогічній консультації, що дало змогу спроектувати програмну систему інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання;

- *уперше* розроблено архітектуру програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яка відповідає вимогам до програмного забезпечення для підтримки такого процесу та, на відміну від подібних, супроводжує усі етапи інклюзивного навчання та дає змогу покращити інформаційно-технологічну підтримку навчання осіб з особливими потребами в умовах інклюзії.

Практичне значення одержаних результатів полягає у вдосконаленні інформаційно-технологічного супроводу окремих етапів інклюзивного навчання із урахуванням національної специфіки навчання осіб з особливими потребами. Зокрема, практично цінними результатами є:

- розроблений алгоритм аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання, який, на відміну від існуючих, враховує особливості текстових, аудіо- та відеодокументів, що дає змогу досліджувати та враховувати психологічні особливості інклюзивних учнів при проектуванні персоналізованої траєкторії навчання як складової програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання;

- розроблена система формалізованих критеріїв оцінювання ефектів від впровадження програмної системи інформаційно-технологічної підтримки інклюзивного навчання для врахування впливу інформаційних технологій супроводу кожного етапу інклюзивного навчання на загальний ефект впровадження системи;

- розроблене програмне забезпечення системи інформаційно-технологічного супроводу окремих етапів інклюзивного навчання, функціональність та корисність якого ґрунтується на запропонованих у роботі методах та алгоритмах.

Результати дисертаційних досліджень впроваджені та використовуються у роботі Науково-дослідної лабораторії інтелектуальної власності та трансферу технологій Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти, навчальній та науково-методичній роботі кафедри вищої математики та інформатики Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки, навчальній роботі кафедри інформаційних систем і технологій інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, роботі кафедри інформаційних технологій та аналітики Карпатського університету імені Августина Волошина, роботі кафедри інформатики та прикладної математики Рівненського державного гуманітарного університету, що підтверджене відповідними актами.

Результати дисертаційного дослідження використано в ході виконання науково-дослідних робіт за темою «Розроблення методів забезпечення конкурентоздатності радіоелектронної апаратури шляхом комплексної

оптимізації процесів виробництва за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (держ. реєстр. № 0110U001112), «Науково-освітнє соціокомунікаційне середовище великого міста: моделювання, прототипування, інформаційні технології» (держ. реєстр. № 0116U006723), «Комплексна оптимізація процесів виготовлення радіоелектронної апаратури за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (держ. реєстр. № 0113U003199), «Інформаційно-технологічна підтримка освітніх процесів, зорієнтованих на людей з особливими потребами» (держ. реєстр. № 0116U007752), що підтверджене відповідним актом.

Окремі результати дисертаційного дослідження використовуються у Національному університеті «Львівська політехніка» як навчально-методичне забезпечення під час виконання студентами курсових робіт, кваліфікаційних бакалаврських та магістерських робіт, а також під час викладання дисциплін «Методи та засоби інженерії даних та знань», «Інтелектуальні технології аналітико-синтетичного опрацювання інформації», «Методи прийняття рішень в активних середовищах», «Інноваційні інформаційні технології», «Розподілені системи баз даних та знань», «Методи та засоби квантитативної лінгвістики», «Методи та засоби комбінаторної лінгвістики», «Штучний інтелект в ігрових застосуваннях».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача наступний: [1, 31] – аналіз можливостей апарату мереж Петрі та його застосування для моделювання паралелізму у процесі інклюзивного навчання; [16, 28] – моделювання процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання; [2, 7, 15, 29] – розроблення моделі аналізу даних психофізичного діагностування особи у ПМПК; [4] – аналіз проблеми відсутніх даних у результатах психологічного діагностування; [5, 9, 11, 18, 32, 38] – аналіз можливостей апарату породжувальних граматики та його застосування для моделювання особливостей розв’язування завдань у процесі інклюзивного навчання; [6] – моделювання процесу навчання в умовах

інклюдії з допомогою апарату впорядкованих множин; [8] – аналіз забезпеченості освітнього процесу осіб з особливими потребами інформаційними та комунікаційними технологіями; [10] – аналіз результатів психологічного діагностування із використанням технології наближених множин; [13, 22, 27] – аналіз результатів роботи програмного комплексу, який реалізує алгоритм аналізу області значень за критеріями за умови варіації імовірнісних показників моделі та фіксованих значеннях параметрів попереднього кроку; [14, 17] – аналіз результатів роботи програмного комплексу, який реалізує алгоритм багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних показників моделі; [19] – аналіз особливостей реалізації етапів інтелектуального аналізу даних для різних предметних областей; [20] – моделювання процесу формування предметної області для аналізу даних етапів інклюдивного навчання; [21, 33] – моделювання контент-аналізу корпусу текстів інклюдивного навчання; [23, 37] – аналіз особливостей проектування та структура програм-ного комплексу інформаційно-технологічного супроводу особистісно-орієнтованого навчання; [26, 30] – аналіз вимог до системи інформаційно-технологічного супроводу навчання осіб з особливими потребами. А також розроблення програмної реалізація методів оптимізації технологічного процесу та участь у створенні комп'ютерної програми «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ГК» [39]; участь у створенні комп'ютерної програми «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ВП» [40].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові та практичні результати роботи оприлюднено та обговорено на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, зокрема: Міжнар. наук. конф. «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» CSIT (Львів, 2009, 2010, 2014, 2015); Міжнар. наук. конф. «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту» ISDMCI (Євпаторія, 2007, 2010-2012; Залізний Порт, 2015); Міжнар. наук.-практ. конф. «Інтернет-Освіта-Наука» (Вінниця,

2014); Міжнар. конф. «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії» TCSET (Львів-Славське, 2012); Міжнар. наук.-практ. конф. «Україна–Цивілізація. Історичні та духовні чинники консолідації української держави, нації та суспільства» (Ужгород, 2015); Наук.-практ. конф. «Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі» (Львів, 2014, 2016); Міжнар. наук. конф. «Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів» (Рівне, 2015), Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD (Харків, 2016); Міжнар. наук.-практ. конф. «Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем» TAAPSD (Київ, 2016); Міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології та взаємодії» IT&I (Київ, 2016).

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 40 наукових праць, в тому числі 2 статті у закордонних фахових наукових виданнях [2, 7], проіндексованих у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Index Copernicus, 17 статей у фахових наукових виданнях, що входять до переліку, затвердженого МОН України [1, 3-6, 8-19]; 19 публікацій у працях наукових конференцій [20-38], із них 2 публікації у виданнях, проіндексованих у міжнародній наукометричній базі даних Scopus [22, 27], 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на програмний продукт [39, 40].

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 170 найменувань та трьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 190 сторінок, у тому числі основного тексту 137 сторінок. Дисертація містить 25 таблиць і 54 рисунки.

Короткий зміст дисертації. 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 поставленої 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 проаналізовано публікації, у яких висвітлюються результати наукових досліджень інформаційно-технологічного супроводу освіти осіб з особливими потребами, обґрунтовано актуальність наукового завдання розроблення методів і засобів математичного та програмного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

Другий розділ присвячено розробленню моделі інклюзивного навчання та розробленню на її основі структурної моделі процесу інформаційно-технологічного супроводу такого навчання.

У третьому розроблено метод встановлення формату навчання особи з особливими потребами на основі опрацювання результатів психофізичного діагностування особи.

У четвертому розділі подано архітектуру спроектованої програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, подано опис програмної реалізації супроводу окремих його етапів та розробленої системи ефектів впливу від впровадження програмної системи ІТ супроводу інклюзивного навчання.

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПРОВОДУ НАВЧАННЯ ОСІБ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ

1.1. Інформаційні технології для освіти

1.1.1. Інформатизація освітнього процесу

Розвиток та становлення інформаційного суспільства є документально підтвердженим на міжнародному рівні. У грудні 2001 року Генеральна Асамблея ООН ініціювала проведення Всесвітнього Саміту з питань інформаційного суспільства (WSIS). У 2003 р. у Женеві Декларацію Принципів «Побудова інформаційного суспільства – глобальне завдання в новому тисячолітті» і Женевський План Дій. У Декларації учасниками було стверджено «спільне прагнення і рішучість побудувати орієнтоване на інтереси людей, відкрите для всіх і спрямоване на розвиток інформаційне суспільство, в якому кожен може створювати інформацію і знання, мати до них доступ, користуватися й обмінюватися ними, даючи змогу окремим особам, громадам і народам повною мірою реалізувати свій потенціал, сприяючи своєму сталому розвитку і підвищуючи якість свого життя» (рис. 1.1).

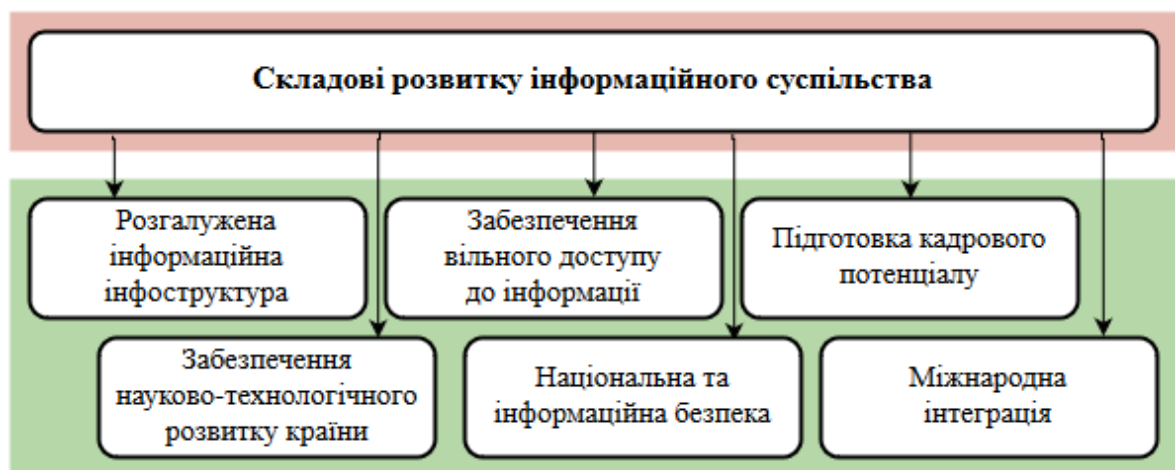


Рисунок 1.1. Складові розвитку інформаційного суспільства

На Світовому саміті ООН з інформатизації суспільства серед ключових проблем названо відсутність якісної освіти з інформаційно-технологічним супроводом [41].

Глобальна інформатизація є однією із суттєвих рис інформаційного суспільства. Напрями розвитку України як інформаційного суспільства були

закладені у 1998 році з прийняттям Закону «Про Національну програму інформатизації». Ця програма визначає стратегію розв'язання проблеми забезпечення інформаційних потреб та інформаційної підтримки соціально-економічної, екологічної, освітньої, науково-технічної, оборонної, національно-культурної та іншої діяльності у сферах загальнодержавного значення, таким чином створюючи умови для інтеграції України у світовий інформаційний простір відповідно до сучасних тенденцій інформаційної геополітики [42].

Згідно [42], інформатизація – сукупність взаємопов'язаних організаційних, правових, політичних, соціально-економічних, науково-технічних, виробничих процесів, що спрямовані на створення умов для задоволення інформаційних потреб громадян та суспільства на основі створення, розвитку і використання інформаційних систем, мереж, ресурсів та інформаційних технологій, які побудовані на основі застосування сучасної обчислювальної та комунікаційної техніки.

Інформатизація освіти спрямовується на формування та розвиток інтелектуального потенціалу нації, удосконалення форм і змісту навчального процесу, впровадження комп'ютерних методів навчання та тестування, що дасть можливість вирішувати проблеми освіти на вищому рівні з урахуванням світових вимог. Такими актуальними вимогами в галузі освіти ще з початку 2000-х років, згідно [43], були індивідуалізація навчання, організація систематичного контролю знань, врахування психофізичних особливостей кожної дитини тощо. Більш реального змісту вимоги персоналізації навчання набувають лише у поєднанні із сучасним рівнем розвитку інформаційних технологій. Додаткової актуальності ці вимоги отримали із прийняттям концепції навчання у загальноосвітніх навчальних закладах дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку.

1.1.2. Інклюзія – світова інноваційна освітня концепція

Поняття «особа з особливими потребами» є синонімічним до термінів «інвалідність», «неповносправність», «обмежені можливості», і вживається у державних та нормативних документах [44]. Це поняття запроваджувалось в

професійному освітянському середовищі і, зазвичай, вживається у фаховій літературі паралельно з терміном «особа з особливими потребами».

Інноваційну освітню концепцію навчання дітей з особливими потребами було представлено на Всесвітній конференції «Освіта для осіб з особливими потребами: доступність та якість», (1994 р., Саламанка, Іспанія) і викладено у Декларації та «Рамках дій щодо освіти осіб з особливими потребами». Формат навчання осіб з особливими потребами, який враховує специфічні потреби конкретної особи, виник та почав застосовуватись освітянами ще понад три десятиліття тому – як ефективний спосіб соціалізації осіб, що мають особливості психофізичного розвитку [3]. Залучення особи з особливостями психофізичного розвитку до навчання дістало назву інклюзії.

Інклюзивним навчанням (інклюзія – *inclusion* (англ.) – залучення) називається комплексний процес забезпечення рівного доступу до якісної освіти особам з особливими потребами шляхом організації їх навчання у загальноосвітніх навчальних закладах із застосуванням особистісно-орієнтованих методів навчання, з урахуванням індивідуальних особливостей навчально-пізнавальної діяльності таких осіб та належним медико-соціальним, психолого-педагогічним та організаційно-технологічним супроводом, в умовах масових загальноосвітніх закладів за місцем проживання [45].

Інтегрування дітей з особливостями розвитку до масових освітніх закладів – це світова тенденція, закріплена законодавчо у Канаді, Кіпрі, Данії, Ісландії, Індії, Мальті, Нідерландах, США та ін. У таблиці 1.1 наведено статистичні дані про кількість дітей та учнів з особливими потребами у віці 0-15/16 років (19 років для Словаччини та Кореї), дані 2009-2013 рр. [46-48].

На методологічні засади інклюзивної освіти переходять й інші центральноєвропейські країни (у дужках – частка учнів з особливими потребами, що перебувають в інклюзивному середовищі, у %): Чехія (4.5), Польща (9.7), Словаччина (19.7), Угорщина (36) [48].

1.1.3. Поступ інклюзивної освіти в Україні

Практичне втілення ідей інклюзивної освіти в Україні розпочалося з 2000-х в рамках інноваційного освітнього експерименту, який стосувався виключно дошкільної, шкільної та професійно-технічної освіти [49]. Були розроблені та законодавчо схвалені «Концепція інклюзивної освіти» (2010 р.), «Положення про спеціальні класи для дітей з особливими потребами, що навчаються у загальноосвітніх школах» (2010 р.), прийнята постанова Міністерства освіти і науки України «Про порядок організації інклюзивного навчання в загальноосвітніх школах» (2011 р.) [44]. Ідеї інклюзивної освіти в Україні законодавчо імплементовані на три десятиліття пізніше, аніж у інших розвинених країнах.

Таблиця 1.1. Кількість дітей та учнів з особливими потребами

<i>Країна</i>	<i>Діти з особливими потребами (0-16 років), %</i>	<i>Учні з особливими потребами у масовому класі, %</i>	<i>Учні з особливими потребами у масовій школі, %</i>	<i>Учні спеціальних шкіл, %</i>	<i>Учні спеціальних класів, %</i>
Естонія	4,3	1,2	18,7	81,3	
Фінляндія	4	5	20	23,5	8,5
Німеччина	1,2		34,1	65,9	
Ірландія	1,2				
Італія	2,66		>60,0		
Литва	4				
Польща	0,5	2,4	21,4	76,5	2,1
Словаччина	9,6	7,1-3,1	43,0	56,0	
Словенія	8,2		80,0	20,0	
Великобританія	6		54,3	44,9	
Австралія	8,8				
Корея	3,6		17,8	29,9	52,3
Сербія			64,9		9,6
Бельгія				>65,0	
Нідерланди				>65,0	
Іспанія			>60,0		

У 2008 році за підтримки Канадської агенції з міжнародного розвитку (CIDA) та партнерської співпраці ряду канадських та українських громадських та державних організацій розпочав втілюватись канадсько-український проект

«Інклюзивна освіта для дітей з особливими потребами в Україні» [50]. Його прямим результатом слід вважати розроблені МОН України «Типові навчальні плани спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей з особливими освітніми потребами» [51], що введені у дію з вересня 2014 року.

У «Законі про вищу освіту», прийнятому Верховною Радою України 1 липня 2014 року, серед іншого, декларується існування «спеціального навчально-реабілітаційного підрозділу, який утворюється з метою організації інклюзивного освітнього процесу та спеціального навчально-реабілітаційного супроводу здобувачів вищої освіти з особливими потребами, забезпечення їм доступу до якісної вищої освіти з урахуванням обмежень життєдіяльності» [52]. Тобто актуальний напрям розвитку інклюзивного навчання співпадає з сучасними домінантними європейськими та світовими освітніми тенденціями.

Близько 22% осіб в нашій державі, що навчаються або можуть навчатись, мають особливі потреби; з 1 вересня 2017 року буде припинено набір учнів до підготовчих та перших класів спеціальних шкіл (шкіл-інтернатів) та забезпечено умови для навчання цих дітей у спеціальних або інклюзивних класах загальноосвітніх навчальних закладів. Відповідну постанову було затверджено 26 жовтня 2016 р. на засіданні Кабінету Міністрів України [53]. Цією постановою передбачено поступовий, до 2022 року, перехід дітей із затримкою психічного розвитку, що навчаються у спеціальних школах, на навчання до загальноосвітніх навчальних закладів.

Стимулювання до розроблення та використання інформаційних технологій у медицині та освіті дає особам з особливими потребами ширші можливості не лише для самореалізації, але й ґрунтовної соціальної інклюзії, забезпечуючи перманентний освітній та медичний супровід.

1.2. Понятійна складова процесу інклюзивного навчання та його інформаційно-технологічного супроводу

Аналіз процесу інклюзивного навчання дає змогу сформувати базовий понятійний апарат предметної області інклюзивного навчання та його інформаційно-технологічного супроводу.

Особливості психофізичного розвитку – порушення психофізичного розвитку, відхилення від нормального фізичного чи психічного розвитку, зумовлені вродженими чи набутими розладами. Відхиленнями від нормального фізичного чи психічного розвитку є вади зору, проблеми зі слухом, обмеження в пересуванні, розумові (ментальні) відхилення тощо та їх комбінація. Такі особливості визначають на основі аналізу результатів діагностування психофізичного розвитку – результатів обстеження особи фахівцями психолого-медико-педагогічної консультації, інформації від особи з особливими потребами та її батьків (осіб, що їх замінюють), зовнішніх профільних фахівців та інших.

Інклюзивна школа – заклад освіти, який забезпечує інклюзивну освіту як систему освітніх послуг, зокрема: адаптує навчальні програми та плани, фізичне середовище, методи та форми навчання, використовує існуючі в громаді ресурси, залучає батьків, співпрацює з фахівцями для надання спеціальних послуг відповідно до різних освітніх потреб дітей, створює позитивний клімат у шкільному середовищі [48]. Для забезпечення принципів особистісно-орієнтованого навчального процесу викладачі розробляють методики навчання, спираючись як на власний досвід, так і на консультаційну підтримку психологів, медиків, корекційних педагогів.

Інформаційно-технологічний супровід інклюзивного навчання – система взаємопов'язаних інформаційних технологій, призначена для зниження труднощості завдань з організації та моніторингу процесів інклюзивного навчання.

Індивідуальний навчальний план – персоналізований план інклюзивного навчання особи з певної навчальної дисципліни, який містить корекційну складову. Індивідуальний навчальний план (ІНП) – результат процесу створення відповідного потребам і можливостям особи та суспільства плану соціалізації, особистісного та професійного розвитку особи з особливими потребами в навчальному закладі та поза ним. ІНП складається зі спеціальним чином сконструйованих відповідно до заданої мети методологічних, дидактичних, психологічних, інтелектуальних, інформацій-

них та практичних дій, операцій, прийомів, кроків, які гарантують досягнення мети, визначеної учасниками освітянського процесу.

Комплексна оцінка психофізичного розвитку особи – результати діагностування особи з особливими потребами в ПМПК, перенесені у сховище даних для подальшого збереження та аналізу.

Персональна траєкторія навчання особи – персональна адаптивна програма розвитку особи з особливими потребами, що поєднує індивідуальні навчальні плани за предметами та враховує особливості психофізичного розвитку особи, її потреби, можливості, схильності, а також результати такого навчання. Основою такої траєкторії є інтегровані індивідуальні навчальні плани, розроблені для особи персонально, реалізацію яких передбачено в інклюзивній школі. Така траєкторія, будучи інформаційним слідом результатів інклюзивного навчання, відображає освітні, соціальні, суспільні та творчі досягнення особи.

1.3. Концептуальна схема етапів інклюзивного навчання

У загальному випадку, освітній процес розпочинається з фази визначення навчальних потреб особи, що її здобуватиме. На вимогу дошкільних навчальних закладів з метою оцінки особливостей та потенційних можливостей розвитку особи, за рекомендацією сімейного лікаря, за порадою шкільних фахівців (коли процес навчання ускладнений настільки, що для отримання освіти обов'язковою передумовою є надання додаткової спеціальної підтримки), з власної ініціативи батьків ініціюється визначення особливостей психофізичного розвитку дитини. Психолого-медико-педагогічна консультація (ПМПК) – це діагностично-корекційний заклад у сфері освіти, покликаний забезпечувати психологічний та педагогічний супровід, освітню та соціально-реабілітаційну підтримку дітей із особливостями психофізичного розвитку, їх батьків, установи масової та додаткової освіти, що залучені до освіти і навчання таких дітей. До дослідження у ПМПК залучають дитячих неврологів, психіатрів, логопедів, дефектологів усіх спеціальностей. Фахівці психолого-медико-педагогічної консультації проводять діагностичне обстеження, під час

якого експертно визначають особливості психофізичного розвитку особи. За результатами обстеження готуються висновки та рекомендації щодо змісту, форм і методів навчання з урахуванням особливостей навчально-пізнавальної діяльності особи, окреслюють шляхи її соціальної адаптації та інтеграції у суспільне життя. Рекомендуючи особі з особливими потребами інклюзивну форму навчання, фахівці ПМПК продовжують фаховий консультативний супровід у масовому навчальному закладі та поза ним (у центрах раннього втручання, центрах реабілітації тощо). Педагоги, психологи та методисти навчальних закладів формують низку індивідуальних навчальних планів особи з особливими потребами, враховуючи у ньому оцінки та рекомендації фахівців ПМПК, наукові, організаційні, методичні, технічні особливості та можливості їх забезпечення. За результатами навчання приймається рішення щодо адаптації індивідуального навчального плану (якщо прогрес у навчанні недостатній) або про перехід до наступного етапу навчання (у разі навчального поступу).

До процесу інклюзивного навчання, крім особи з особливими потребами, залучено її батьків, різнопрофільних фахівців та інших (рис. 1.2).

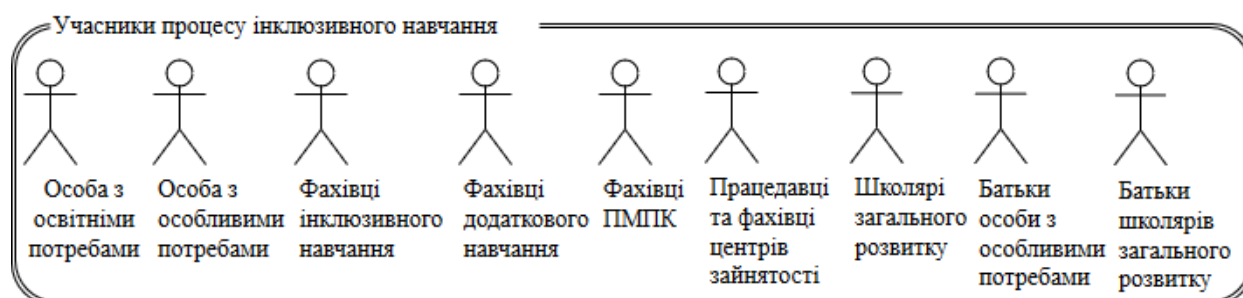


Рисунок 1.2. Учасники процесу інклюзивного навчання

Процес інклюзивного навчання укрупнено складається з чотирьох послідовних етапів (рис. 1.3), реалізація кожного етапу полягає у послідовному виконанні певних освітніх завдань, що стосуються організації та супроводу навчання осіб з особливими потребами. У загальному випадку етапами процесу інклюзивного навчання є [6]:

Етап 1. Визначення особливостей психофізичного розвитку на основі аналізу накопичених результатів діагностування особи та встановлення формату навчання.

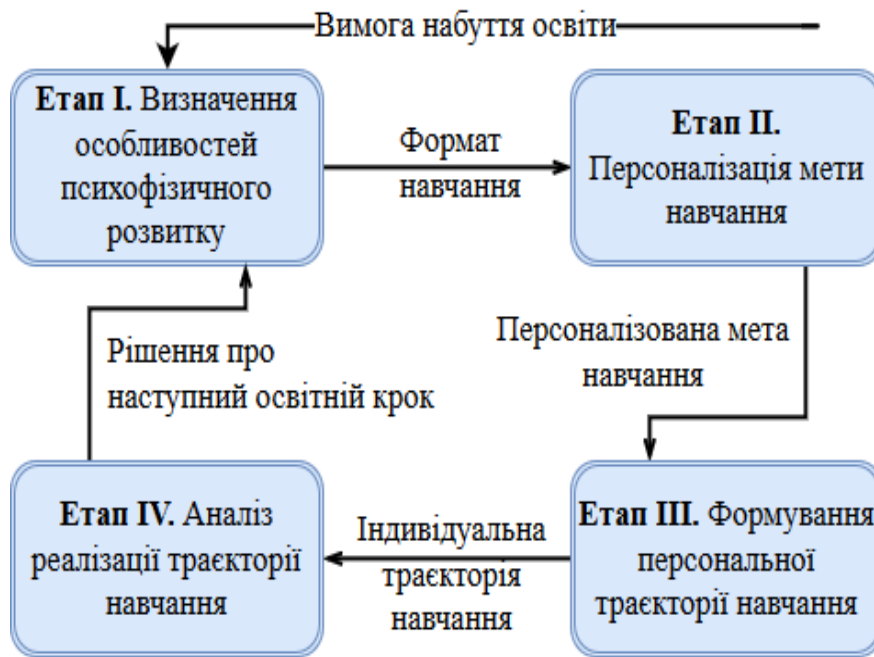


Рисунок 1.3. Етапи процесу інклюзивного навчання

Етап 2. Персоналізація мети навчання особи з урахуванням корекційної складової навчання.

Етап 3. Формування персональної траєкторії навчання особи у форматі інклюзивного навчання.

Етап 4. Аналіз реалізації освітньої траєкторії.

З метою встановлення специфіки етапів інклюзивного навчання, розкриємо зміст цього процесу, за етапами його подано діаграмою діяльності із використанням UML – уніфікованої мови моделювання (рис. 1.4).

1.3.1. Етап 1. Визначення особливостей психофізичного розвитку

Перший етап інклюзивного навчання полягає у накопиченні результатів діагностування особи фахівцями психолого-медико-педагогічної консультації, зовнішніми спеціалістами, результати діагностування доповнюють інформацією, отриманою від особи, її батьків тощо. Дані усестороннього дослідження особи формують комплексну оцінку психофізичного розвитку особи. На основі такої оцінки, як результат, робиться висновок про відсутність чи наявність особливостей психофізичного розвитку, і яких саме, формується пропозиція для батьків чи осіб, що їх замінюють, щодо формату подальшої освіти дитини. Відношення між учасниками цього етапу інклюзивного навчання подано діаграмою використання UML (рис. 1.5).

1.3.2. Етап 2. Персоналізація мети навчання

Мету навчання в межах інклюзивного навчання особи з особливими потребами визначають з огляду на встановлені особливості психофізичного розвитку, спираючись на розроблені та затвержені Міністерством освіти та

науки України «Типові навчальні плани спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку (початкова школа)».



Рисунок 1.4. Діаграма станів системи інклюзивного навчання та етапи інклюзивного навчання

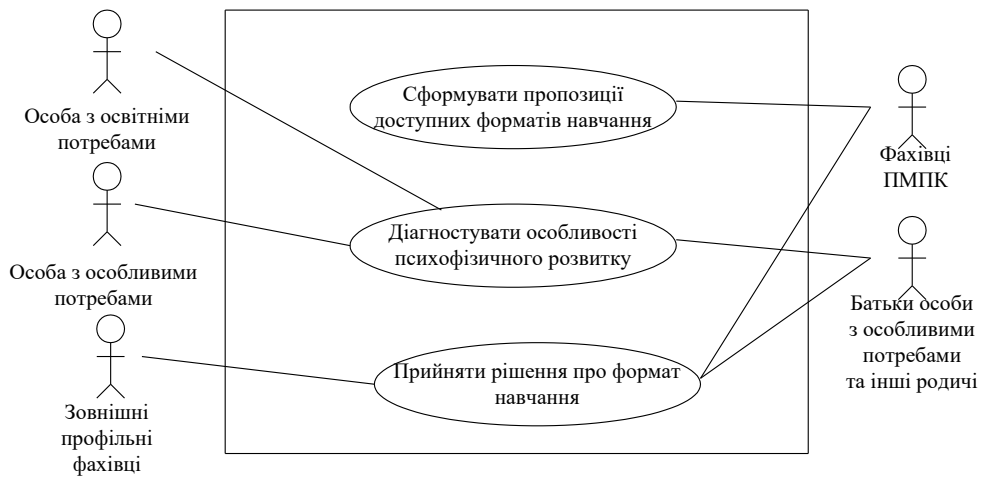


Рисунок 1.5. Діаграма використання для етапу визначення особливостей психофізичного розвитку

Визначення мети навчання для особи, що навчатиметься інклюзивно, здійснюється фахівцями такого навчання, і полягає у ідентифікації множини компетенцій, досвіду, знань, умінь та навичок у відповідних предметних областях, включаючи соціальну. Мета навчання співвідноситься із корекційною складовою інклюзивного навчання, яку пропонують фахівці ПМПК. Таким чином, етап персоналізації мети навчання вимагає співпраці фахівців ПМПК, спеціалістів інклюзивного навчання із обраного масового навчального закладу, особи з особливими потребами та її батьків. Взаємозв'язки між учасниками цього етапу інклюзивного навчання подано діаграмою використання UML (рис. 1.6).

Для особи з особливостями психофізичного розвитку корекційно-реабілітаційну роботу, обумовлену «Типовим навчальним планом...», доцільно формувати індивідуально, спираючись на можливості особи.



Рисунок 1.6. Діаграма використання для етапу персоналізації мети навчання

1.3.3. Етап 3. Формування персональної траєкторії навчання

Визначена мета інклюзивного навчання інтегрує форму та зміст навчання з корекційно-реабілітаційною складовою. Для досягнення мети навчання необхідно сформувати персоналізовану траєкторію навчання – набір інтегрованих особистісно орієнтованих індивідуальних навчальних планів (ІНП) за освітніми дисциплінами. Персональна навчальна траєкторія містить детальну інформацію про особу й освітні послуги, які вона повинна отримувати, інтегровані ІНП та результати інклюзивного навчання особи [3]. Відношення між учасниками цього етапу інклюзивного навчання подано діаграмою використання UML (рис. 1.7).

Персональна траєкторія інклюзивного навчання особи розробляється командою педагогів, фахівців інклюзивного навчання та батьків особи з метою створення комплексної програми роботи з дитиною, і визначає, які саме послуги надаватиме кожен з фахівців [54]. В процесі укладання ІНП необхідно підібрати адекватні методики навчання, відповідне навчальне та методичне забезпечення, технічні засоби, визначити необхідний рівень фахової підтримки спеціалістів згідно особливостей та потреб особи [6]. До укладання ІНП необхідно залучати батьків особи та враховувати організаційно-правове забезпечення інклюзивної освіти. Організаційно-правове забезпечення процесу укладання ІНП – це законодавча нормативно-правова база освіти осіб з особливими потребами, інформаційно-консультаційні послуги, інформація про поле діяльності громадських об'єднань, соціальних та патронажних служб, профільних організацій, спортивних секцій тощо.

Підбір навчально-методичного забезпечення інклюзивного навчання полягає у поєднанні змісту підручників, консолідації загальноосвітніх та спеціальних планів, програм, різнорідних методик навчання. Підбір матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання полягає у добиранні спеціалізованих технічних та матеріальних засобів супроводу інклюзивного навчання: комп'ютерних засобів з відповідним проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням [55] та доступом до ресурсів мережі

Інтернет, а також спеціалізованих засобів: читаючих машин, тифло-магнітофонів, Брайлівських дисплеїв, звукопідсилюючої апаратури [56] і т. ін.



Рисунок 1.7. Діаграма використання для етапу формування персональної траєкторії навчання

Визначальним фактором підбору методів та засобів досягнення мети навчання є належний професійний рівень та педагогічна майстерність учителів та викладачів, що працюють з особами з особливими потребами [3]. До фахівців, які забезпечують навчальний процес осіб з особливими потребами, належать асистенти вчителя інклюзивного навчання, медичний персонал, психологи, реабілітологи та інші профільні фахівці (сурдоперекладачі, тифлопедагоги тощо) [44].

Персоналізована траєкторія навчання формується із урахуванням системи масових навчальних та додаткових закладів, доступних особі з особливими потребами за місцем її проживання. Додаткова освітня активність полягає у відвідуванні загальнодоступних закладів, що дають можливість отримати соціально-побутові та професійні навички, набути досвіду особистісного спілкування тощо. Заклади інклюзивного навчання технічно повинні відповідати сучасним вимогам із задоволення потреб таких категорій осіб [57].

Процедура реалізації персональної навчальної траєкторії полягає у проведенні навчальних дій та накопиченні результатів навчання. До цього

процесу залучені особа з особливими потребами та її батьки, фахівці інклюзивного навчання школи, фахівці додаткового навчання.

1.3.4. Етап 4. Аналіз реалізації навчальної траєкторії

Цей етап інклюзивного навчання полягає у оцінюванні накопичених результатів виконання індивідуальних навчальних планів, встановленні рівня навчального, корекційного та соціального поступу інклюзивного учня. Також на цьому етапі відбувається аналіз та удосконалення процесу формування індивідуальних навчальних планів та персональної траєкторії навчання. Відношення між учасниками цього етапу інклюзивного навчання подано діаграмою використання UML (рис. 1.8).

Дослідження результатів навчання за індивідуальним навчальним планом дає змогу прийняти рішення про ефективність його реалізації. Якщо отримані виміри результатів навчання допустимо відрізняються від очікуваних, в процесі прийняття рішення за результатами навчання робиться висновок про достатній рівень засвоєння змісту навчання та ухвалюється рішення про наступну ітерацію навчання. У випадку суттєвої різниці між реальними та очікуваними освітніми результатами необхідно провести коригування методів та засобів досягнення раніше поставленої мети, трансформувати укладений чи сформувати новий навчальний план.



Рисунок 1.8. Діаграма використання для етапу аналізу реалізації навчальної траєкторії

Розроблення комплексного ІТ-супроводу усіх етапів інклюзивного навчання уможливорює більш повний доступ до освіти та сприяє соціальній інтеграції осіб з особливими потребами.

1.4. Інформаційно-технологічний супровід навчання осіб з особливими потребами

Розвиток інформаційних та комунікаційних технологій наприкінці минулого століття ініціював глобальні зміни, які в царині освіти призвели до нового тлумачення освітніх процесів. Викладачєцентрована модель навчання, у якій наголошувалось на основній ролі викладача в процесі надання знань, змінив компетентнісний підхід до освіти, який акцентує увагу на результатах освіти як такої. Фахівці стверджують, що найбільш ефективною методикою реалізації компетентнісної моделі є особистісно-орієнтоване навчання [58], коли у центрі освітнього процесу є особа, її можливості та схильності. Виняткового значення імплементація особистісно-орієнтованого навчання має для осіб з особливими потребами.

Традиційно супровід процесів навчання осіб з особливими потребами здійснюється за технологічним, педагогічним, психологічним, медико-реабілітаційним, спортивним та соціальним напрямками [59] (рис. 1.9). Вимогою сучасності є забезпечення комплексного інформаційно-технологічного супроводу навчання осіб з особливими потребами, що дає змогу удосконалити підтримку такого процесу та є певним етапом інформатизації як освіти, так і медицини.

Адаптація освітнього процесу до специфічних і персоналізованих індивідуальних освітніх вимог осіб з особливими потребами вимагає врахування значної кількості факторів. Інформаційно-технологічний супровід освітніх процесів покликаний сприяти якісному покращенню та, до певної міри, оптимізації управління освітнім процесом, зорієнтованим на осіб з особливими потребами. Згідно [60], означимо освітню інформаційну

технологію як інформаційну технологію, зорієнтовану на процеси набуття знань та навчання в освітній галузі, і яка включає в себе відповідні засоби, методи, прийоми роботи і т. п.

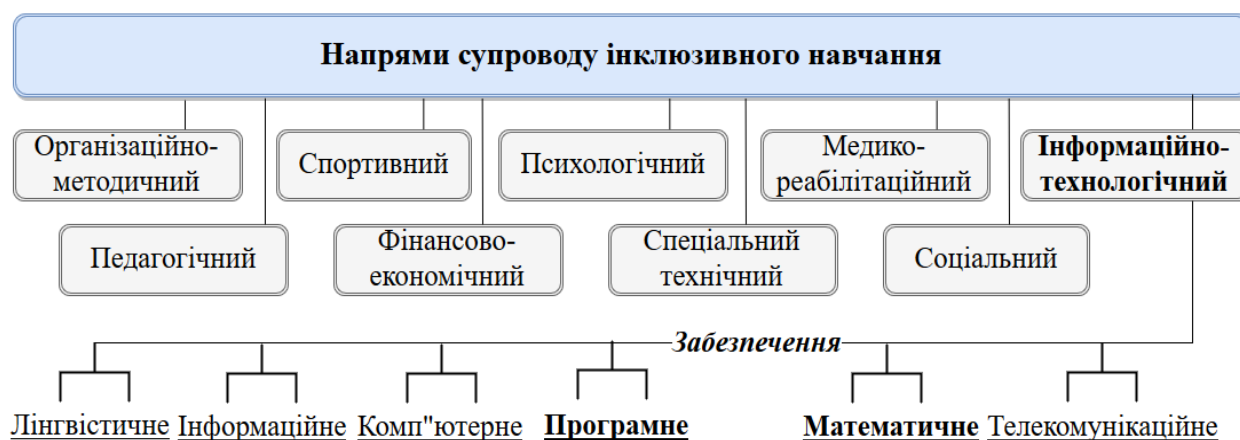


Рисунок 1. 9. Складові інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

1.4.1. Світовий досвід математичного та інформаційно-технологічного супроводу навчання осіб з особливими потребами

Існує значна кількість закордонних наукових досліджень, що враховують різноманітні специфічні характеристики інклюзивного навчання [61-65], розвідки також проводять комісії ЮНЕСКО, ООН, Європейська агенція розвитку освіти осіб з особливими потребами. У роботах деяких дослідників [66-68] викладено наукові підходи до математичного моделювання супроводу та управління процесом навчання, але не враховано можливість набування освіти особами, що мають психофізичні особливості.

Проблему підтримки навчання осіб з особливими потребами з допомогою інформаційно-комунікаційних технологій досліджують уже понад сорок років. Особливості моделювання систем допоміжних технологій викладено у роботах [46, 69]; дослідження питань розроблення рекомендаційних систем персонального е-навчання відображене у [70], дослідження [71, 72] стосуються видобування знань з освітніх даних з метою кластеризації, прогнозування, виявлення взаємозв'язків, досліджень з моделлю та очищення даних від суб'єктивних оцінок; у [73] досліджують підходи до розроблення системи моніторингу емоційного стану особи з особливими потребами з метою

покращити комунікативних процесів; у [74] досліджено підбір навчальної технології відповідно до індивідуальних особливостей особи, що навчається. Роботу [75] присвячено дослідженню підходів застосування дидактичного проектування для створення інформаційної системи формування індивідуальних освітніх траєкторій студентів вищих навчальних закладів.

Інформаційно-технологічний супровід навчання осіб з особливими потребами має закономірно ширшу лінійку інформаційних технологій у країнах, що сприяли запровадженню інклюзивного навчання та мають достатнє ресурсне забезпечення. До інформаційних технологій, що дають змогу покращити та полегшити навчання осіб з особливими потребами відносимо проблемно-орієнтовані розробки, створені тільки і лише з метою супроводу такого навчання (наприклад, електронні словники жестової мови), а також інформаційні технології загального призначення, які доцільно застосовувати як допоміжний інструмент (наприклад, СКБД використовують для обліку інклюзивних шкіл регіону).

За кордоном багатоманітна парадигма інформаційних технологій супроводу освіти осіб з особливими потребами оновлюється динамічно. Так, у Великобританії в освіті осіб з особливими потребами застосовують окрему систему шкал для підвищення об'єктивності оцінювання досягнень і прогресу учнів, чії успіхи знаходяться за межами очікувань, зафіксованих у державній програмі [3]. Розроблені й декілька інших систем накопичення та аналізу індикаторів досягнень учнів, реалізовані у відповідних інформаційних технологіях та системах спеціального програмного забезпечення: PIVATS (Performance Indicators for Value Added Target Setting), TRREACLE, B-Squared [76–78]. Додаткові можливості B-Squared призначені для полегшення роботи вчителів і методистів при плануванні, формуванні індивідуальних навчальних цілей тощо. Методичною допомогою вчителям є відкриті Інтернет-ресурси для розроблення «персонального комунікаційного паспорта» [76, 81], програмне забезпечення для розроблення індивідуальних навчальних планів [77], матеріали з атестації учнів; методичні посібники з інклюзивної освіти, зокрема,

електронні дитячі книжки [79-80], програми навчання певних дисциплін [81], проблемно-орієнтовані розробки (до прикладу – «Символьна комунікація» для осіб з низькими навичками читання, [81, 82]), програмне забезпечення, що генерує абрєвіатури для найчастіше вживаних особою фраз та слів тощо [83]. Доступними є загальні інформаційні ресурси для осіб з особливими потребами, діють державні та громадські ресурсні центри освіти осіб з особливими потребами, центри комп'ютерної підтримки в царині кому-нікації та освіти для осіб з особливими потребами [84, 85], спеціальні сайти містять новини інклюзивної освіти, профільну правову інформацію тощо.

Підтримка та належне забезпечення освітнього процесу інформаційними технологіями, зокрема, в інклюзивному форматі, у ряді розвинених країн світу є значно ширшими, аніж в Україні. Втім, така підтримка має спорадичний характер, супровід освітнього процесу сучасними інформаційними технологіями нерівномірний, програмно-алгоритмічні інструменти, зазвичай, системно не пов'язані між собою, відсутній комплексний системний підхід в процесах управління освітнім середовищем, зорієнтованим на осіб з особливими потребами [3].

1.4.2. Вітчизняні напрацювання в математичному забезпеченні інформаційних технологій супроводу інклюзивного навчання

В Україні інклюзивна освіта є предметом наукових та практичних досліджень, викладених у [45, 48, 86, 87]: вітчизняними науковцями розроблено абстрактні моделі інклюзивного навчання та його оцінювання, формування індивідуальної навчальної траєкторії, визначення рівня психофізичного розвитку. У доробку українських науковців є ряд робіт, прямо чи опосередковано пов'язаних із розробленням математичних моделей етапів ІН. У роботах [88, 89, 127] запропоновано модель процесу аналізу масивів даних, адаптовано застосування теорії графів для вирішення завдань оптимізації навчального плану, розроблено моделі дистанційного навчання, запропоновано математичне забезпечення системи для ідентифікації

елементів української жестової мови. Про дослідження методологічних основ автоматизації електронного навчання йдеться у роботах [90, 91].

Проте, ці та інші математичні моделі не відображають вповні процес набуття освіти особами з особливими потребами. На даний час з доступних літературних джерел не відомі загальні системні моделі процесу ІН. Перша спроба заповнити таку прогалину була здійснена в [6].

Закономірним є те, що перелік вітчизняних інструментів інформаційно-технологічної підтримки інклюзивних освітніх процесів є доволі скромним. Такі технології супроводу інклюзивного навчання, розроблені на задоволення національних потреб, розглянемо із прив'язкою до встановлених етапів інклюзивного навчання.

Інформаційно-технологічний супровід етапу встановлення формату навчання на основі дослідження аналізу результатів психофізичного діагностування супроводжується, зокрема, застосуванням спеціалізованих пакетів прикладних програм статистичного опрацювання даних. Серед зарубіжних аналогів слід зазначити пакети StatPlus, STATCRAPHICS, SPSS, STATISTICA тощо. Автору не відомі роботи з аналізу результатів медичних та психологічних досліджень із застосуванням методик різноманітного дослідження даних для потреб інклюзивних учнів.

Етап персоналізації мети навчання, де необхідно встановити мету навчання та множину корекційних заходів, забезпечений інформаційними технологіями лише в частині надання загальної інформації про авторські корекційні методики [55, 92].

Інформаційно-технологічний супровід етапу формування та реалізації ІНП потребує ґрунтового супроводу як найбільш часо- та технологічно-витратний етап інклюзивного навчання. До інформаційно-технологічного супроводу цього етапу інклюзивного навчання відносимо широку лінійку проблемно-орієнтованих розробок вітчизняних авторів [93-97]: програмне забезпечення для навчання або розвитку мовлення, бази даних вільної форми, що уможливають зберігання та роботу із записами довільного формату для

збереження результатів навчання. Розробленню інформаційних технологій супроводу управління компонентами навчального процесу присвячено дослідження [98-101]. У роботі [102] запропоновано інструментарій проектування інтерфейсу для користувачів з вадами зору. Розробленню математичного та програмного забезпечення автоматизації тестування рівня знань присвячені роботи [103-105].

Динамічно розвивається в Україні дистанційна форма освіти, опрацьовано концептуальні засади побудови системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами на базі сучасних інформаційних технологій [60]. Методи та програмні засоби побудови систем дистанційного навчання розроблені у роботах [106-108]. Для людей з особливими потребами розробляються принципово нові комп'ютерні технології доступу до освітніх інформаційних ресурсів, новітні інструментальні програмні комплекси [96], облаштовуються сучасні комп'ютеризовані робочі місця, формується система інформаційно-бібліотечного обслуговування користувачів з особливими потребами [109]. Актуальною залишається проблема створення дистанційних навчально-консультаційних центрів [110].

Для етапу аналізу реалізованої траєкторії навчання можна використати розроблені математичні та програмні засоби урахування індивідуальних здібностей, зокрема, для систем е-навчання, висвітлені у роботах [111-116].

У Національному університеті «Львівська політехніка» разом із Дослідницьким Центром Міністерства освіти і науки України проводяться профорієнтаційні дослідження, на основі яких розроблено експрес-діагностичні «порадники» [117], спрямовані на виявлення здібностей та можливостей особи для рекомендації найбільш підходящих професій, пошук обдарованої молоді, а також комп'ютерні експрес-технології, що застосовуються для виявлення схильностей особи до роботи у силових відомствах, на митній службі, на керівних посадах у держслужбі тощо.

Отримати інформаційно-методичну допомогу при вирішенні питань щодо інклюзивної та спеціальної освіти бажаючі можуть на освітніх веб-

порталах обласних та міських відділів освіти [118-119], на сайті Всеукраїнського фонду «Крок за кроком» [120], сайті Національної Асамблеї інвалідів України [121] і т. ін.

1.4.3. Класифікація реалізованих засобів ІТ-супроводу навчання осіб з особливими потребами

У загальному випадку, інформаційні технології супроводу навчання осіб з особливими потребами різняться за певними факторами, які визначають галузі застосування технологій. Основними групами інформаційних технологій є технології загального призначення, спеціального призначення, технології комунікаційного супроводу та інформаційно-технологічні засоби доступу.

Задамо формально множину технологій супроводу навчання осіб з особливими потребами:

$$Tech = Tech_1 \cup Tech_2 \cup Tech_3 \cup Tech_4 ,$$

тут $Tech_1$ – множина загальних допоміжних інформаційних технологій (інтернет-системи управління навчанням та мультимедійні навчальні середовища, технології масової школи, застосовні для навчання осіб з особливими потребами, застосунки для мобільних приладів, довідкові онлайн-ресурси); $Tech_2$ – множина допоміжних інформаційних технологій спеціального призначення, (тематичні та професійні тематичні матеріали для груп осіб за нозологіями, тематичні матеріали національною мовою жестів); $Tech_3$ – множина технологій комунікаційного супроводу (засоби вивчення національної мови жестів, альтернативні комунікаційні системи); $Tech_4$ – множина засобів доступу (програмні засоби зчитування та інтерпретації інформації з екрану, нотатники та дисплеї, що працюють зі шрифтом Брайля, принтери для незрячих, засоби доступу для фізично неповносправних, включаючи маніпулятори введення даних, транслятори тексту в мовлення, транслятори мови у текст, засоби запису та субтитрування для людей з вадами слуху). Класифікація реалізованих інформаційних технологій, що

використовують в інклюзивному навчанні за його етапами, подана у табл. 1.3, причому «+» вказує на існування відповідної технології.

Групи інформаційних технологій мають наступні складові: $Tech_1 = \{Tech_{1,1}, Tech_{1,2}, Tech_{1,3}, Tech_{1,4}\}$, де $Tech_{1,1}$ позначено інтернет-системи управління навчанням та мультимедійні навчальні середовища, $Tech_{1,2}$ – це технології масової школи, застосовні для навчання осіб з особливими потребами, $Tech_{1,3}$ – застосунки для мобільних приладів, $Tech_{1,4}$ – довідкові онлайн-ресурси (словники); $Tech_2 = \{Tech_{2,1}, Tech_{2,2}, Tech_{2,3}\}$, де $Tech_{2,1}$ позначено тематичні матеріали (для груп осіб за нозологіями), $Tech_{2,2}$ – це тематичні матеріали національною мовою жестів, $Tech_{2,3}$ – професійні тематичні матеріали (для груп осіб за нозологіями); $Tech_3 = \{Tech_{3,1}, Tech_{3,2}\}$, де $Tech_{3,1}$ позначено засоби вивчення національної мови жестів, $Tech_{3,2}$ – це альтернативні комунікаційні системи; $Tech_4 = \{Tech_{4,1}, Tech_{4,2}, Tech_{4,3}, Tech_{4,4}, Tech_{4,5}\}$, де $Tech_{4,1}$ позначено читачі екрану, включаючи JAWS національною мовою, $Tech_{4,2}$ – це нотатники та дисплеї, що працюють зі шрифтом Брайля, принтери для сліпих, $Tech_{4,3}$ – засоби доступу для фізично неповносправних, включаючи маніпулятори введення даних, $Tech_{4,4}$ – транслятори тексту в мовлення, $Tech_{4,5}$ – транслятори мови у текст, засоби запису та субтитрування для людей з вадами слуху.

Подамо розширену таблицю використання відповідних технологій у навчанні осіб з особливими потребами (табл. 1.4). Чинники впливу на доступність та поширення навчальних інформаційних технологій для осіб з особливими потребами подано у табл. 1.5.

Особливістю розроблених інформаційних технологій є їх національна прив'язка. Інформаційні технології супроводу освіти осіб з особливими потребами різняться через законодавче забезпечення такого навчання, різні економічні, ментальні, культурні, економічні та інші умови. Саме тому майже неможливо безумовно застосовувати інформаційні технології, розроблені за кордоном, в українських реаліях.

Таблиця 1.3. Класифікація реалізованих засобів ІТ супроводу навчання осіб з особливими потребами за етапами інклюзивного навчання

Етап ІН	Елементи $Tech_i$	Країна														
		Великобританія	Німеччина	Ірландія	Австрія	Литва	Австралія	Італія	Греція	Словенія	Словаччина	Естонія	Корея	Фінляндія	Польща	Україна
I	$Tech_3$	+	+	+	+					+					+	
II	$Tech_3$	+	+	+	+					+					+	
	$Tech_4$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
III	$Tech_1$	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+
	$Tech_2$	+	+	+	+	+			+				+		+	+
	$Tech_3$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$Tech_4$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	$Tech_1$	+	+	+	+	+	+					+	+	+	+	+

Порівняємо забезпечення реалізованих засобів ІТ супроводу інклюзивного навчання та згадані вище екземпляри математичного забезпечення та (таблиця 1.3) за етапами ІН.

На основі аналізу існуючих інформаційних технологій, розроблених для супроводу інклюзивного навчання, зроблено висновок про те, що інформаційно-технологічне забезпечення, доступне вітчизняним фахівцям, не вповні охоплює усі етапи такого навчання, до певної міри є клаптиковим та несистемним. Отже, актуальним науковим завданням є розроблення методів та засобів математичного та програмного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яке б системно охоплювало усі етапи інклюзивного навчання, даючи змогу удосконалювати процеси супроводу навчання осіб з особливими потребами.

Таблиця 1.4. Деталізована класифікація реалізованих засобів ІТ супроводу інклюзивного навчання за етапами

Етап ІН	Елементи підмножин $Tech_i$	Країна														
		Великобр.	Німеччина	Ірландія	Австрія	Литва	Італія	Австралія	Греція	Словенія	Словацьчина	Естонія	Корея	Фінляндія	Польща	Україна
I	$Tech_{3,2}$	+	+	+	+					+					+	
II	$Tech_{3,2}$	+	+	+	+					+					+	
	$Tech_{4,1}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$Tech_{4,3}$	+	+	+	+	+				+	+		+		+	+
III	$Tech_{1,1}$	+	+	+	+	+						+	+	+		
	$Tech_{1,2}$	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+
	$Tech_{1,3}$	+	+	+	+	+	+	+				+			+	+
	$Tech_{1,4}$	+	+	+	+	+									+	
	$Tech_{2,1}$	+	+	+	+	+	+		+				+		+	+
	$Tech_{2,2}$	+	+	+	+	+			+							+
	$Tech_{2,3}$	+	+	+	+	+										+
	$Tech_{3,1}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
	$Tech_{3,2}$	+	+	+	+					+					+	
	$Tech_{4,1}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$Tech_{4,2}$	+	+	+	+	+				+	+	+			+	+
	$Tech_{4,3}$	+	+	+	+	+				+	+		+		+	+
	$Tech_{4,4}$	+	+	+	+				+		+				+	+
	$Tech_{4,5}$	+	+	+	+				+						+	+
IV	$Tech_{1,2}$	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+

Необхідність покращення підтримки процесів навчання осіб з особливими потребами шляхом розроблення методів та засобів математичного та програмного забезпечення як підґрунтя для створення комплексної програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яка б охоплювала усі його етапи, визначає актуальність даного наукового дослідження.

Таблиця 1.2. Математичне забезпечення ІТ супроводу ІН

Етапи ІН	ФП	Математична модель, метод	ІТ
I	t_1	методи аналізу даних	
II			$Tech_{3,2}$
			$Tech_{4,1}$
			$Tech_{4,2}$
	t_2	методи оцінки знань	
III	t_3	модель систем дистанційного навчання, модель системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами на базі сучасних інформаційних технологій	$Tech_{1,1}$
	t_4	метод персоналізації для систем е- навчання	
	t_5	моделі підтримки самостійного навчання, що базується на компетентнісному підході	
	t_6	моделі та методи комп'ютерного навчання з урахуванням індивідуальних здібностей користувачів	
	t_7	теоретико-методологічні основи синтезу індивідуалізованих стратегій управління дидактичним процесом в автоматизованих навчальних системах	
	t_8	моделі планування та моніторингу обсягів навчальної роботи у вищих навчальних закладах	
	t_9	модель систем дистанційного навчання, модель системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами на базі сучасних інформаційних технологій	$Tech_{1,2}$
	t_{10}	моделі планування та моніторингу обсягів навчальної роботи у вищих навчальних закладах	
	t_{11}	моделі та методи інформаційного забезпечення навчального процесу	$Tech_{1,3}$
	t_{12}	моделі системи для ідентифікації елементів української жестової мови (УЖМ)	$Tech_{1,4}$
	t_{13}	моделі та методи інформаційного забезпечення навчального процесу	
	t_{14}	моделі та методи інформаційного забезпечення навчального процесу	$Tech_{2,1}$
	t_{15}	моделі та методи інформаційного забезпечення навчального процесу	$Tech_{2,2}$
			$Tech_{2,3}$
	t_{16}	моделі системи для ідентифікації елементів УЖМ	$Tech_{3,1}$
	t_{17}	моделі та методи інформаційного забезпечення навчального процесу	$Tech_{3,2}$
			$Tech_{4,1}$

Етапи ІІІ	ФП	Математична модель, метод	ІТ
			<i>Tech</i> _{4,2}
			<i>Tech</i> _{4,3}
			<i>Tech</i> _{4,4}
	<i>t</i> ₁₈	модель системи для ідентифікації елементів УЖМ	<i>Tech</i> _{4,5}
	<i>t</i> ₁₉	методи аналізу даних	
ІV	<i>t</i> ₂₀	методи оцінки знань	<i>Tech</i> _{1,1}
	<i>t</i> ₂₁	метод персоналізації для систем е- навчання	
	<i>t</i> ₂₂	моделі підтримки самостійного навчання, що базується на компетентнісному підході	
	<i>t</i> ₂₃	моделі та методи комп'ютерного навчання з урахуванням індивідуальних здібностей користувачів	
	<i>t</i> ₂₄	методи оцінки знань	<i>Tech</i> _{1,2}
	<i>t</i> ₂₅	методи аналізу даних	
	<i>t</i> ₂₆	моделі управління навчальними закладами	

Таблиця 1.5. Фактори впливу на поширеність навчальних інформаційних технологій

Фактор впливу	Приклад
Мова контенту	Більшість навчальних ІТ для осіб з особливими потребами реалізовано англійською, що впливає на відповідні показники забезпеченості інформаційних технологій супроводу англійськомовних країн – США, Великобританії, Ірландії, Австралії. Великі європейські країни, мови яких широко використовуються навіть поза їх межами (Франція, Італія, Німеччина, Іспанія), також мають значні напрацювання в частині навчальних ІТ для осіб з особливими потребами
Загальний розвиток ІТ	На парадигму навчальних ІТ для осіб з особливими потребами впливає також рівень розвитку ІТ-індустрії у загальному. Тому країни Азії мають значну кількість навчальних ІТ національними мовами (наприклад, Корея)
Район проживання	Жителі сільської місцевості мають більше обмежень у доступі до ІТ, наприклад, внаслідок обмеженого доступу до інтернету
Платоспроможність користувачів ІТ	Розроблення якісного контенту для ІТ вимагає фінансових затрат, і розробники технологій сподіваються на отримання прибутків, тому частина контенту ІТ є платними
Доступність інформації про освітні ІТ	Налагодження доступної та поширеної мережі пропаганди та поширення інформації про розроблені ІТ на рівні держави сприятиме їх впровадженню

1.5. Висновки до Розділу 1

Сучасний підхід до процесу створення та реалізації навчальних програм найбільш ефективною методикою реалізації учнецентрованого навчання стверджує його особистісну орієнтованість, коли у центрі освітнього процесу є особа, її можливості та схильності. Потреба враховувати персональні особливості учня з особливими потребами є основоположною для освіти осіб з особливими потребами.

Комплексний процес забезпечення рівного доступу до якісної освіти особам з особливими потребами шляхом організації їх навчання у загальноосвітніх навчальних закладах із застосуванням особистісно-орієнтованих методів навчання, з урахуванням індивідуальних особливостей навчально-пізнавальної діяльності таких осіб та належним медико-соціальним, психолого-педагогічним та організаційно-технологічним супроводом, в умовах масових загальноосвітніх закладів за місцем проживання, називається інклюзивним навчанням.

Встановлено, що в Україні процес інклюзивного навчання є складним ітеративним процесом і полягає у визначенні особливостей психофізичного розвитку на основі накопичених результатів діагностування особи та встановлення формату навчання, персоналізації мети навчання особи з урахуванням корекційної складової навчання, формуванні персональної траєкторії навчання особи у форматі інклюзивного навчання та наступному аналізі реалізації освітньої траєкторії. Необхідність реалізації системного інформаційно-технологічного супроводу освітніх процесів, як одного із напрямів підтримки навчання осіб з особливими потребами, є однією із ключових проблем інформаційного суспільства.

Серед учасників процесу інклюзивного навчання користувачами комплексної системи інформаційно-технологічного супроводу є особа з освітніми чи особливими потребами, її батьки, фахівці психолого-медико-педагогічної консультації, фахівці інклюзивного навчання, педагоги додаткового навчання та ін.

З аналізу існуючих інформаційних технологій, розроблених для супроводу інклюзивного навчання, зроблено висновок про те, що нинішнє забезпечення інформаційно-технологічними засобами та ресурсами освітнього процесу осіб з особливими потребами є вибіркоким та нерівномірним – як в Україні, так і в цілому ряді країн світу, інформаційно-технологічне забезпечення, доступне вітчизняним фахівцям, не вповні охоплює усі етапи такого навчання, до певної міри є клаптиковим та несистемним. Отже, актуальним науковим завданням є розроблення методів та засобів математичного та програмного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яке б системно охоплювало усі етапи інклюзивного навчання, даючи змогу удосконалювати процеси супроводу навчання осіб з особливими потребами.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ

2.1. Формалізування процесу інклюзивного навчання

Інклюзивне навчання є складним, багатокроковим, ітеративним процесом, що враховує велику кількість специфічних параметрів та передумов, і укрупнено складається з чотирьох послідовних етапів: визначення особливостей психофізичного розвитку; формування персональної мети навчання; формування персональної траєкторії навчання; аналізу реалізації траєкторії навчання (рис. 1.3). Реалізація кожного етапу ІН полягає у послідовному виконанні певних освітніх завдань, що стосуються організації та підтримки навчання осіб з особливими потребами. Формально множину таких освітніх завдань зі вказаним порядком їх виконання зручно подати у формі відповідної частково упорядкованої множини.

2.1.1. Моделювання порядку слідування освітніх завдань

Відношення нестроного порядку \leq , задане на множині, дає змогу порівнювати елементи, вказуючи порядок їх слідування [122]; у частково впорядкованій множині можуть бути присутніми елементи, які неможливо порівняти. Оскільки процес ІН складається з кількох функціональних етапів, і на кожному з них потрібно враховувати значну кількість складових, доцільно задавати елементи частково впорядкованої множини та відношення на ній поетапно. Для цього здійснимо розбиття множини M на п'ять непорожніх, попарно неперетинних підмножин M_1, M_2, M_3, M_4, M_0 так, що їх об'єднання утворювало множину M . Чотири з вказаних підмножин – M_1, M_2, M_3 , та M_4 асоційовані з чотирма етапами ІН. Їх елементи позначатимемо $m_{i,j}$, $j=1,2,\dots$, індекс $i=1,\dots,4$ вказуватиме на номер етапу ІН. Елементи $m_{0,j}$, $j=1,2,\dots$, є службовими, належать підмножині M_0 . Елементи множин M_1, M_2, M_3, M_4, M_0 та відповідні відношення на них задамо в ході формального опису етапів ІН.

Частково впорядкована множина, отримана в ході задання її складових та відношення нестроного порядку, є одним із варіантів подання структурної

моделі ІН. Характеристики складових елементів частково впорядкованої множини для зручності подаватимемо у табличній формі.

Опис частково впорядкованої множини почнемо із виділення її мінімального елемента, такого, що будь-який елемент множини M або слідує за ним, або їх неможливо порівняти. Мінімальний елемент позначимо m_0 , він належить до множини M_0 службових елементів: $m_0 \in M_0$.

Проаналізуємо освітні завдання – складові етапів інклюзивного навчання, та введемо відповідні позначення (тут і надалі *ФП* вживатиметься замість *Формальне позначення*) (табл. 2.1А).

Подамо опис процесу ІН відношенням нестроного порядку так:

$$m_0 \leq m_{0,1}, \quad (2.1) \quad m_0 \leq m_{0,2}, \quad (2.2) \quad m_0 \leq m_{0,3}, \quad (2.3) \quad m_0 \leq m_{0,4}. \quad (2.4)$$

Уведені елементи (1)-(4) належать до множини службових елементів.

Таблиця 2.1А. – Характеристики складових інклюзивного навчання

<i>Зміст етапу</i>	<i>Ідентифікатор етапу</i>	<i>ФП</i>
Збір та накопичення ідентифікаційних даних про особу з усіх доступних джерел, аналіз таких даних та встановлення психологічних та фізичних особливостей особи	Етап I: Визначення особливостей психофізичного розвитку	$m_{0,1}$
Визначення на основі встановлених психофізичних особливостей мети навчання та її індивідуалізованої корекційної складової.	Етап II: Персоналізація мети навчання	$m_{0,2}$
Кращі методи та засоби досягнення мети навчання консолідує у індивідуальний навчальний план (ІНП) особи з особливими потребами	Етап III: Формування персоналізованої навчальної траєкторії	$m_{0,3}$
Оцінювання академічного та соціального поступу особи, формування та дослідження освітньої траєкторії особи	Етап IV: Аналіз навчальної траєкторії особи	$m_{0,4}$

Перший етап інклюзивного навчання. Ідентифікаційні дані, що формуються на цьому етапі ІН, нагромаджуються в ході проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи. Введемо відповідні позначення (табл. 2.1Б). Опишемо проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку відношенням нестроного порядку так:

$$m_{0,1} \leq m_{1,1}. \quad (2.5)$$

Проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи складається з чотирьох завдань та полягає у накопиченні реєстраційних даних, проведенні діагностування фахівцями психолого-медично-педагогічної консультації (ПМПК), проведенні опитування батьків чи осіб, що їх замінюють. Характеристики складових елементів комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи подано у таблиці 2.1В:

Таблиця 2.1Б. – Характеристики проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи

<i>Зміст завдання</i>	<i>Ідентифікатор завдання</i>	<i>ФП</i>
Накопичення даних усестороннього дослідження особи різнопрофільними фахівцями, інформації від батьків та ін.	Проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи	$m_{1,1}$

Таблиця 2.1В. – Характеристики комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи

<i>Зміст завдання</i>	<i>Ідентифікатор завдання</i>	<i>ФП</i>
Проведення реєстраційного опису особи: прізвище, ім'я, по батькові, адреса, контактні дані	Накопичення реєстраційних даних	$m_{1,2}$
Консолідація даних діагностування особи в ПМПК	Діагностування в ПМПК	$m_{1,3}$
Отримання інформації від батьків чи осіб, що виконують функції опіки	Опитування батьків особи	$m_{1,4}$
Збір особистісної інформації, якщо є така можливість, безпосередньо від майбутнього учня	Опитування особи	$m_{1,5}$

Опис послідовності діагностування особи подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_{1,1} \leq m_{1,2}, (2.6) \quad m_{1,1} \leq m_{1,3}, (2.7) \quad m_{1,1} \leq m_{1,4} (2.8) \quad m_{1,1} \leq m_{1,5}. (2.9)$$

Результати діагностування є вирішальними у визначенні психологічних та фізичних особливостей розвитку особи. Характеристики результатів виконання вказаних освітніх завдань – діагностування психологічних та фізичних особливостей – подано у таблиці 2.1Г:

Таблиця 2.1Г. – Характеристики комплексної оцінки психофізичного розвитку особи

<i>Зміст завдання</i>	<i>Ідентифікатор завдання</i>	<i>ФП</i>
Формування відомостей про особу з різноманітних джерел: результатів діагностики в ПМПК, власне від особи, від батьків тощо	Комплексна оцінка психофізичного розвитку особи	$m_{1,6}$

Опис комплексної оцінки психофізичного розвитку особи відношенням нестрогого порядку подамо у такому виді:

$$m_{1,2} \leq m_{1,6}, (2.10) \quad m_{1,3} \leq m_{1,6}, (2.11) \quad m_{1,4} \leq m_{1,6}, (2.12) \quad m_{1,5} \leq m_{1,6}. (2.13)$$

Визначимо множину службових елементів M_0 :

$$M_0 = \{ m_0, m_{0,1}, m_{0,2}, m_{0,3}, m_{0,4} \}.$$

Множина елементів M_1 для першого етапу ІН має такий вигляд:

$$M_1 = \{ m_{1,1}, m_{1,2}, m_{1,3}, m_{1,4}, m_{1,5}, m_{1,6} \}.$$

Умови слідування, задані в (2.1) – (2.13), формують відношення нестрогого порядку на множинах M_0 та M_1 .

Подальші математичні викладки, що використані для формування моделі процесу інклюзивного навчання з допомогою частково впорядкованих множин із заданим відношенням нестрогого порядку, винесено у Додаток 2.

Моделювання процесу інклюзивного навчання з використанням формалізму частково впорядкованих множин із заданим відношенням нестрогого порядку дає змогу визначити порядок слідування освітніх завдань, що виникають в інклюзивному навчанні. Аналіз складових кожного з етапів інклюзивного навчання виявив, що, крім задання умов слідування виконання навчальних завдань, для більш адекватного формального відображення інклюзивного навчання необхідно враховувати також контекст, в якому задаватимуться такі умови. Для формального подання такої особливості інклюзивного навчання доцільно використати нотацію формальних граматики, що дало змогу послідовно визначати одні категорії через інші, а можливість врахування контексту допускає адекватне відображення та реалізацію специфічних залежностей, що виникають в інклюзивному навчанні.

2.1.2. Урахування контексту реалізації освітніх завдань інклюзивного навчання

Концепт формальних граматики дає змогу послідовно виражати одні категорії через інші з урахуванням додаткових умов. Скориставшись зазначеними особливостями, подамо з його допомогою залежності між освітніми завданнями процесу інклюзивного навчання.

Основними типами освітніх завдань інклюзивного навчання є освітні процедури та залежні від них освітні процеси. Результат реалізації освітнього процесу та процедури назвемо ознакою їх виконання.

Застосування нотації породжувальних граматики дає змогу послідовно визначати одні категорії через інші, а можливість врахування контексту допускає адекватне відображення та реалізацію специфічних залежностей, що виникають в ході ІН. Подання формальної граматики запозичене з [123]. Формальна граматика – це четвірка об'єктів $G=(V, T, S, P)$, де V – скінченна непорожня множина, яку називають алфавітом; T – підмножина алфавіту, елементи якої називають термінальними символами (терміналами); S – спеціально виділений символ, з якого починається опис граматики (початковий символ), S належить V ; P – скінченна множина продукцій (правил перетворень) вигляду $\varepsilon \rightarrow \eta$, де ε та η – ланцюжки над алфавітом V . Для більш зручного опису специфічних залежностей, що існують в інклюзивній освіті осіб з особливими потребами, у алфавіті V виділимо підмножину N нетермінальних символів (нетерміналів), $N=V \setminus T$.

Оскільки процес ІН складається з кількох функціональних етапів, і на кожному з них потрібно враховувати значну кількість складових, доцільно задавати елементи відповідної граматики поетапно. Для цього здійснимо розбиття множини терміналів T на непорожні, попарно неперетинні підмножини так, що їх об'єднання утворює множину T . Таке розбиття складається з підмножин T_1, T_2, T_3, T_4 , асоційованих з чотирма етапами ІН. Елементи розбиття множини T позначатимемо t_j^i , $j=1,2,\dots$, індекс i , $i=\overline{1,4}$, вказуватиме на приналежність елементу до відповідного етапу ІН.

Аналогічно проведемо розбиття множини нетерміналів N на непорожні, попарно неперетинні підмножини так, що їх об'єднання утворює множину N . Таке розбиття складається з п'яти підмножин – чотири з них, N_1, N_2, N_3, N_4 , асоційовані з чотирма етапами ІН. Елементи цих множин позначатимемо n_j^i , $j=0,1,2,\dots$. Ще одна підмножина розбиття, N_0 , містить службові елементи, що потрібні для опису граматики, такі елементи позначатимемо n^i , $i=\overline{0,4}$. Елемент n^0 , є, по суті, початковим символом S , з якого починається опис граматики: $S=n^0$.

Множину продукцій P , за аналогією, розіб'ємо на п'ять непорожніх, попарно неперетинних підмножин так, щоб їх об'єднання утворювало множину P . Підмножини P_1, P_2, P_3, P_4 асоційовані з чотирма етапами ІН, підмножина P_0 містить службові продукції. Елементи розбиття множини P позначатимемо p_j^i , $j=0,1,2,\dots$, індекс i вказуватиме на приналежність елементу до відповідного етапу ІН (для $i=\overline{1,4}$) або до підмножини службових продукцій P_0 (для $i=0$).

Елементи заданих розбиттів множин T, N та P задамо в ході формального опису кожного етапу ІН. Фактично, до множини нетермінальних символів N належатимуть перетворення, що відбуваються в освітніх процесах та процедурах, а множину термінальних символів T складатимуть сталі чинники, результати перетворень. Множину продукцій P задамо формально як залежності, що послідовно формуються в ході ІН.

Формальна граMATика, побудована таким чином і отримана в ході задання її складових, є одним із варіантів подання формальної моделі ІН.

Опис формальної граматики почнемо із виділення початкового символу, що за означенням належить до множини N_0 службових нетермінальних елементів. Присвоїмо початковому символу назву «Набуття освіти особою з особливими потребами» та позначимо його n^0 .

На основі встановлених етапів інклюзивного навчання, введемо відповідні ідентифікатори, задамо їх формальні позначення та опис (тут і надалі аббревіатура ΦO – *формальний опис*) (табл. 2.1).

Інформаційно-технологічний супровід ІН подаватимемо таким чином, щоб уможливити системне охоплення усіх етапів ІН у єдиному комплексі. Перший етап інклюзивного навчання полягає у накопиченні даних усестороннього дослідження особи різнопрофільними фахівцями і т. д. Введемо відповідні формальні позначення (табл. 2.2А).

Таблиця 2.2А. – Формальні позначення складових ІН особою з ОНР

Ідентифікатор (ФП)	ФО
Етап 1: Визначення особливостей психофізичного розвитку (n^1). Етап 2: Персоналізація мети навчання (n^2). Етап 3: Укладання ІНП (n^3). Етап 4: Аналіз освітньої траєкторії особи (n^4)	$n^0 \rightarrow n^1 n^2 n^3 n^4 (p^0)$

Таблиця 2.2Б. – Характеристики процесу проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи

Ідентифікатор (ФП)	ФО
Процес проведення комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи (n_1^1)	$n^1 \rightarrow n_1^1$
Процедура накопичення реєстраційних даних ($n_{1,1}^1$). Процедура діагностування в ПМПК ($n_{1,2}^1$). Процедура опитування батьків особи ($n_{1,3}^1$). Процедура опитування особи ($n_{1,4}^1$)	$(p_1^1)n_1^1 \rightarrow n_{1,1}^1 n_{1,2}^1 n_{1,3}^1 n_{1,4}^1 (p_2^1)$
Комплексна оцінка психофіз. розвитку особи (t_1^1)	$n_{1,1}^1 n_{1,2}^1 n_{1,3}^1 n_{1,4}^1 \rightarrow t_1^1 (p_3^1)$

Нетермінальні символи, присутні у лівій частині продукції (p_3^1) називають контекстом [123]. Використання цього інструменту формальної граматики дає змогу задавати додаткові умови реалізації освітніх завдань, а також відобразити паралелізм процесів ІН.

Визначимо підмножину T_1 множини термінальних елементів, введених для першого етапу ІН: $T_1 = \{t_1^1\}$. Визначимо множину службових нетермінальних елементів: $N_0 = \{n^0, n^1, n^2, n^3, n^4\}$. Множина нетермінальних елементів N_1 , введених для першого етапу має такий вигляд: $N_1 = \{n_1^1, n_{1,1}^1, n_{1,2}^1, n_{1,3}^1, n_{1,4}^1\}$. Визначимо множину службових продукцій: $P_0 = \{p^0\}$. Множина продукцій для першого етапу має наступний вигляд: $P_1 = \{p_1^1, p_2^1, p_3^1\}$.

Аналогічно застосовуємо апарат породжуючих граматик для формалізації наступних етапів інклюзивного навчання. Таким чином, множина термінальних елементів, введених формально для чотирьох етапів ІІ, матиме такий вигляд:

$$T = T_1 \cup T_2 \cup T_3 \cup T_4 = \begin{matrix} \{t_1^1, \\ t_1^2, t_2^2, t_3^2, t_4^2, t_5^2 \\ t_1^3, t_2^3, t_3^3, t_4^3, t_5^3, t_6^3, t_7^3, t_8^3 \\ t_1^4, t_2^4, t_3^4\} \end{matrix} \quad (2.14)$$

Множина нетермінальних елементів N , введених формально для чотирьох етапів ІІ, має такий вигляд:

$$N = N_0 \cup N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 = \begin{matrix} \{n^0, n^1, n^2, n^3, n^4, \\ n_1^1, n_{1,1}^1, n_{1,2}^1, n_{1,3}^1, n_{1,4}^1 \\ n_1^2, n_2^2, n_{1,1}^2, n_{2,1}^2, n_{2,2}^2 \\ n_1^3, n_{1,1}^3, n_{1,2}^3, n_{1,3}^3, n_{1,4}^3, n_{1,5}^3, n_{1,6}^3 \\ n_1^4, n_{1,1}^4, n_{1,2}^4\} \end{matrix} \quad (2.15)$$

Множина продукцій, введених формально для чотирьох етапів ІІ, має такий вигляд:

$$P = P_0 \cup P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 = \begin{matrix} \{p^0, \\ p_1^1, p_2^1, p_3^1 \\ p_1^2, p_2^2, p_3^2, p_4^2, p_5^2, p_6^2 \\ p_1^3, p_2^3, p_3^3, p_4^3, p_5^3, p_6^3, p_7^3, p_8^3 \\ p_1^4, p_2^4, p_3^4, p_4^4\} \end{matrix} \quad (2.16)$$

Алфавіт V – це об'єднання множин: $V = T \cup N$.

Поетапну формалізацію етапів процесу інклюзивного навчання, включно зі складовими множини продукцій, винесено у Додаток 3.

При побудові було використано апарат. Застосування власне такого апарату породжувальних граматик для формального опису моделі інклюзивного навчання уможливило якісне відображення у моделі базових властивостей такого навчання. Строге математичне подання продукцій граматики є зручним способом унаочнити залежності, що послідовно формуються в інклюзивних освітніх процесах осіб з особливими потребами.

Застосування алфавітів нетермінальних та термінальних символів дає можливість логічно розділити перетворення, що відбуваються в освітніх процесах, та результати таких перетворень. Врахування контексту в породжувальних граматиках уможливило реалізацію однієї із сутнісних особливостей ІН, а саме реалізації наступних етапів у залежності від результатів, отриманих на попередньому етапі. Математичний апарат породжувальних грамастик виявився зручним для відображення у формальній моделі основних принципів успішної реалізації інклюзивної освіти загалом.

Характерною ознакою інклюзивного навчання, окрім строгої послідовності вирішення навчальних завдань, є також необхідність паралельної реалізації окремих таких завдань в межах означених етапів інклюзивного навчання. Для формального подання таких вимог було застосовано апарат мереж Петрі, що дало змогу відобразити причинно-наслідкові зв'язки та наочно подати паралельні явища та процеси у складній системі інклюзивного навчання.

2.1.3. Моделювання паралелізму в інклюзивному навчанні

В ході дослідження процесу на ІН було встановлено функціональні етапи такого процесу та його характерні ознаки, до яких відносяться строга послідовність виконання етапів досліджуваного процесу, а також необхідність паралельної реалізації окремих освітніх завдань в межах означених етапів процесу ІН. Для формального подання таких вимог застосовуємо мережі Петрі. Перевагами застосування цієї математичної абстракції є можливість відображення з її допомогою причинно-наслідкових зав'язків у складних системах та наочне подання паралельних явищ та процесів у складних системах, до категорії яких відносяться процес ІН.

Мережа Петрі забезпечує наочне, формалізоване подання поведінки паралельних систем з асинхронними взаємодіями [124]. Апарат мереж Петрі дає змогу компактно відобразити структуру відношень між елементами системи та динаміку зміни її станів при заданих початкових умовах.

Спираючись на формальний опис процесів інклюзивного навчання, змодельовано процес ІН засобами мереж Петрі. Задамо таку мережу графічно та аналітично – скінченними множинами позицій P , переходів T , вхідних функцій I та вихідних функцій O . Переходи в такій мережі Петрі за своїм змістом є подіями, а позиції – умовами настання подій. Події в процесі ІН полягають у виконанні певних освітніх завдань, наслідки реалізації таких завдань є умовами настання наступних подій. Послідовність реалізації освітніх завдань відображається спрацюванням переходів мережі Петрі. Узгодження правил спрацювання переходів є способом вираження причинно-наслідкових зав'язків між умовами і подіями в системі.

Мережа Петрі $C=(P, T, I, O)$, що моделює процес інклюзивного навчання, подана на рис. 2.1, де множина позицій $P=\{p_0, p_2, \dots, p_{22}\}$, множина переходів $T=\{t_1, t_2, \dots, t_{13}\}$; початкове маркування μ_0 – одна фішка у позиції p_0 .

$I(t_1)=\{p_0\};$	$I(t_2)=\{p_1, p_2, p_3, p_4\};$	$O(t_1)=\{p_1, p_2, p_3, p_4\};$	$O(t_2)=\{p_5\};$
$I(t_3)=\{p_5\};$	$I(t_4)=\{p_6\};$	$I(t_5)=\{p_7\};$	$O(t_3)=\{p_6\};$
$I(t_6)=\{p_8\};$	$I(t_7)=\{p_8, p_9\};$	$I(t_8)=\{p_{10}\};$	$O(t_4)=\{p_7\};$
$I(t_9)=\{p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}\};$	$O(t_6)=\{p_9\};$	$O(t_7)=\{p_{10}\};$	$O(t_5)=\{p_8\};$
$I(t_{10})=\{p_{18}\};$	$I(t_{11})=\{p_{19}\};$	$O(t_8)=\{p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}\};$	$O(t_6)=\{p_9\};$
$I(t_{12})=\{p_{20}, p_{21}\};$	$I(t_{13})=\{p_{22}\};$	$O(t_{10})=\{p_{19}\};$	$O(t_7)=\{p_{10}\};$
		$O(t_{11})=\{p_{20}, p_{21}\};$	$O(t_8)=\{p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}\};$
		$O(t_{12})=\{p_{22}\};$	$O(t_9)=\{p_{18}\};$
			$O(t_{10})=\{p_{19}\};$
			$O(t_{11})=\{p_{20}, p_{21}\};$
			$O(t_{12})=\{p_{22}\};$
			$O(t_{13})=\{p_0\}.$

Визначимо позиції мережі Петрі та їх зміст в термінах навчання особи з особливими потребами. Позиції в поданій мережі Петрі за своїм змістом є умовами настання подій. Введемо відповідні формальні позначення (табл. 2.3).

Переходи в поданій мережі Петрі за своїм змістом є подіями та інтерпретуються як процеси. Введемо відповідні формальні позначення переходів мережі Петрі та визначимо їх зміст (табл. 2.4). Графічно мережу Петрі, що дає змогу змодельовати паралельні процеси в набутті освіти особою з особливими потребами, подано на рисунку 2.1.

Перед першим спрацюванням переходу t_1 у позиції p_0 міститься одна фішка. Послідовно виконуючи дозволені переходи, фішка рухається мережею, формуючи на кожній ітерації освітню стратегію особи з особливими потребами.

Перевагами застосування формалізму мереж Петрі до моделювання освітніх процесів є зручність графічного та аналітичного відображення особливостей взаємодії та порядку настання подій, характерних для освітніх процесів. Апарат мереж Петрі дає змогу відобразити в моделі не лише її функціональність, але й структурні властивості, що суттєво спрощує процес моделювання паралелізмів, притаманних освітнім процесам. До переваг запропонованої авторами моделі віднесемо і те, що вона об'єднує усі етапи освітнього процесу осіб з особливими потребами в єдиній системі, що дає змогу чи не вперше комплексно та цілісно аналізувати такий процес. Модель загалом враховує сучасну державну політику в галузі освіти осіб з особливими потребами та дає змогу враховувати досвід і закордонних науковців. Вона є підґрунтям для розроблення цілісної системи інформаційно-технологічного супроводу освітніх процесів осіб з особливими потребами.

2.2. Моделювання інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Учасників процесу інклюзивного навчання, залучених до використання системи інформаційно-технологічного супроводу такого процесу, умовно позначимо таким чином: K_1 – особа з освітніми потребами, K_2 – особа з особливими потребами, K_3 – фахівці ПМПК, K_4 – батьки, K_5 – фахівці інклюзивного навчального закладу, K_6 – педагоги додаткової освіти, K_7 – адміністрація ПМПК, K_8 – адміністрація інклюзивного навчального закладу, K_9 – аналітик.

Варіанти використання системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання подамо діаграмою використання (рис. 2.2).

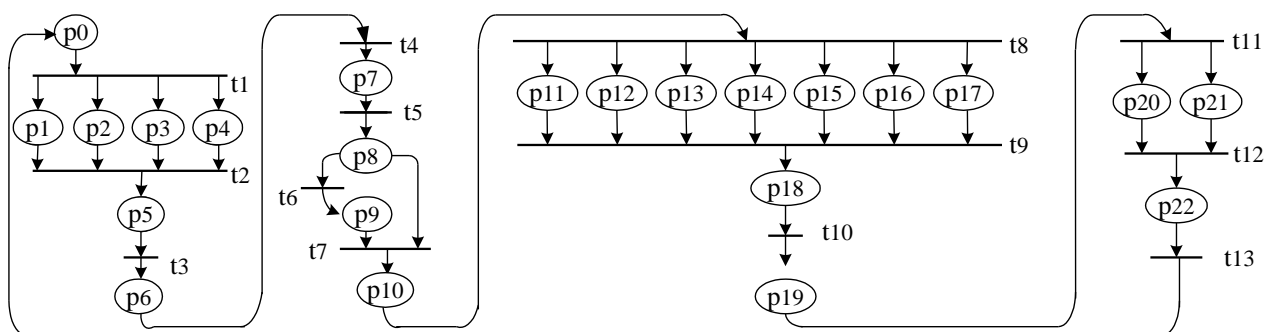


Рисунок 2.1. Мережа Петрі як модель процесу інклюзивного навчання

Таблиця 2.3. – Позиції мережі Петрі як моделі ІН та їх семантична інтерпретація

<i>Позиція</i>	<i>Інтерпретація позиції</i>
p_0	Вимога особи щодо набуття освіти
p_1	Накопичені ідентифікаційні дані
p_2	Результати діагностування в ПМПК та зовнішніми фахівцями
p_3	Результати опитування батьків особи
p_4	Результати опитування особи
p_5	Комплексна оцінка психофізичного розвитку особи
p_6	Встановлені ОНР особи
p_7	Інклюзивний формат навчання особи
p_8	Встановлена мета навчання
p_9	Корекційна складова інклюзивного навчання
p_{10}	Персоналізований «Типовий навчальний план...»
p_{11}	Навчально-методичне забезпечення навчання особи з ОНР
p_{12}	Матеріально-технічне забезпечення навчання особи з ОНР
p_{13}	Кадрове забезпечення навчання особи з ОНР
p_{14}	Мережа закладів ІН за місцем проживання особи
p_{15}	Мережа закладів додаткової освіти
p_{16}	Організаційно-правове забезпечення інклюзивного навчання особи
p_{17}	Допомога батьків
p_{18}	ІНП особи
p_{19}	Результати реалізації ІНП особи
p_{20}	Оцінка навчальних досягнень особи з ОНР
p_{21}	Оцінка розвитку соціальних компетенцій особи з ОНР
p_{22}	Знання, отримані з аналізу освітньої траєкторії особи

Інформаційні технології супроводу позначимо IT_{ij} , де i є номером етапу інклюзивного навчання, j – номер інформаційної технології на відповідному етапі. Ведемо такі позначення інформаційних технологій: IT_{11} позначає інформаційну технологію супроводу психофізичного діагностування, IT_{12} – формування комплексної оцінки психофізичного розвитку особи, визначення ОНР та формування рекомендацій щодо формату навчання, IT_{13} – аналізу

роботи ПМПК; IT_{21} – супроводу діагностування поточних базових грамотностей та компетентностей, накопичення результатів такого діагностування, IT_{22} – персоналізація ТНП; IT_{31} – формування персоналізованої навчальної траєкторії, IT_{32} – накопичення результатів навчання; IT_{41} – оцінювання результатів навчання, оновлення навчальної траєкторії, формування порад щодо наступного навчального кроку, IT_{42} – оцінювання характеристик процесу укладання ІНП, IT_{43} – аналізу роботи фахівців інклюзивного навчання.

Таблиця 2.4. – Переходи в мережі Петрі як моделі ІН та їх семантична інтерпретація

<i>Перехід</i>	<i>Інтерпретація переходу</i>
t_1	Процес формування ідентифікаційних даних
t_2	Процес проведення комплексного оцінювання психофіз. розвитку
t_3	Процес аналізу комплексної оцінки психофізичного розвитку
t_4	Процес формування рекомендацій щодо формату навчання
t_5	Процес встановлення мети та змісту навчання
t_6	Процес визначення корекційної компоненти навчання
t_7	Процес узгодження мети навчання та корекційної компоненти
t_8	Процес формування складових ІНП
t_9	Процес узгодження складових ІНП
t_{10}	Процес реалізації ІНП
t_{11}	Процес оцінювання результатів реалізації ІНП
t_{12}	Процес аналізу освітньої траєкторії
t_{13}	Процес прийняття рішень за результатами аналізу навч. траєкторії

У таблиці 2.5 зведено ролі користувачів програмної системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання за технологіями.

Аналіз потреб учасників інклюзивного навчання та можливостей системи його інформаційно-технологічного супроводу дає змогу спроектувати функціональні вимоги до відповідної програмної системи інформаційних технологій у розрізі накопичення даних (табл. 2.6, літерами позначено ролі учасників інклюзивного навчання: Д – джерело даних, О – отримувач даних).

Таблиця 2.5. Інформаційні технології програмної системи супроводу інклюзивного навчання та їх користувачі

Етап ІН	IT _{ij}	Користувачі системи IT-супроводу ІН								
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉
Етап I	IT ₁₁	+	+	+	+			+		
	IT ₁₂	+	+	+	+			+		+
	IT ₁₃			+				+		+
Етап II	IT ₂₁		+	+	+	+		+	+	
	IT ₂₂		+	+	+	+		+	+	
Етап III	IT ₃₁		+		+	+	+		+	
	IT ₃₂		+		+	+	+		+	
Етап IV	IT ₄₁				+	+	+		+	+
	IT ₄₂				+	+			+	+
	IT ₄₃					+			+	+

Для моделювання процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання опишемо його як процес зміни стану системи в залежності від її поточного стану та інформації, отриманої ззовні. Математичну модель такого процесу зручно подати із використанням математичної абстракції скінченних автоматів.

Задамо автомат, що моделює процес інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання як п'ятірку

$$M=(S, S_0, I, \mu, F),$$

де S – скінченна множини станів, S_0 – початковий стан, I – вхідний алфавіт, μ – функція переходів $\mu: S \times I \rightarrow S$ відображає пару стан-вхідний символ на інший стан, у який здійснюється перехід за цим символом, F – скінченна множини кінцевих станів, $F \subset S$.

Складові автомату задамо із використанням елементів математичної моделі інклюзивного навчання, заданої мережею Петрі (рис. 2.3). Відповідність множин позицій та переходів мережі Петрі (як моделі процесу інклюзивного навчання), та множин станів та вхідних алфавітів автомату (як моделі процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання) подамо у таблиці 2.10.

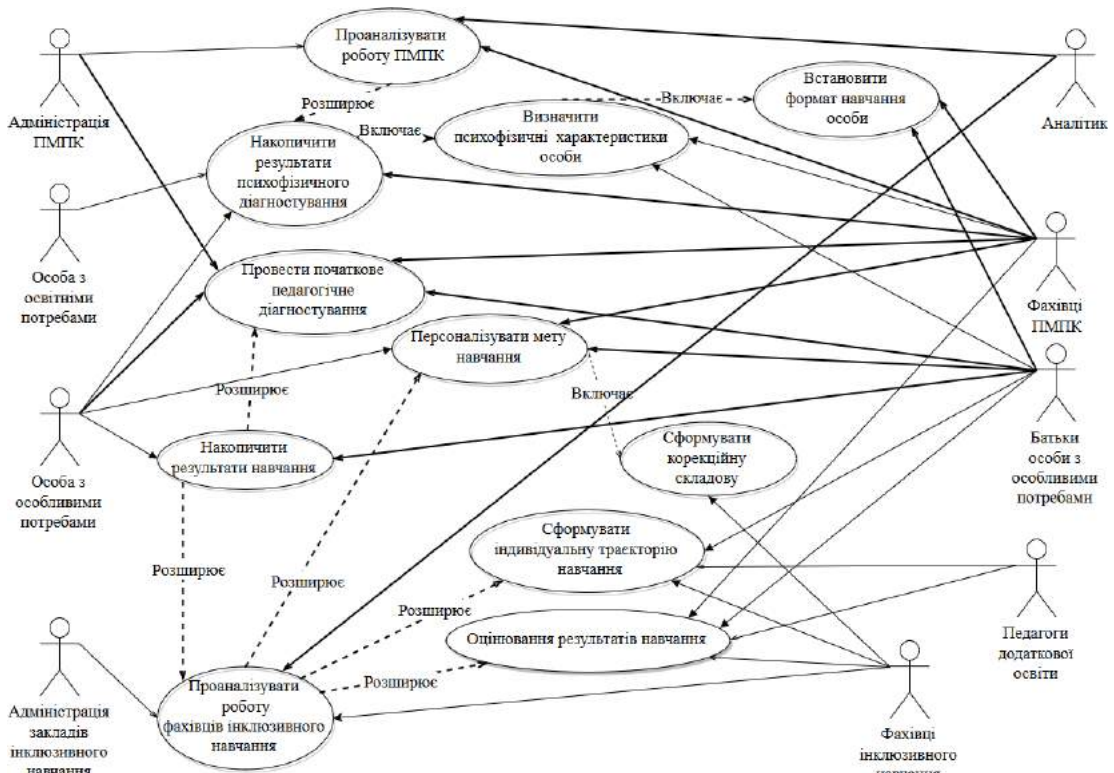


Рисунок 2.2. Діаграма варіантів використання програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Таблиця 2.6. – Ролі учасників інклюзивного навчання у роботі з програмним комплексом ІТ-супроводу інклюзивного навчання

Етап ІН	IT _{ij}	Користувачі системи ІТ-супроводу ІН								
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉
Етап І	IT ₁₁	Д/О	Д/О	Д	Д/О			О		
	IT ₁₂	О	О	О	О			О		О
	IT ₁₃			О				О		О
Етап ІІ	IT ₂₁		Д/О	Д/О	О	О		О	О	
	IT ₂₂		О	Д/О	О	Д/О		О	О	
Етап ІІІ	IT ₃₁		О		О	Д/О	Д/О		О	
	IT ₃₂		Д/О		О	О	Д/О		О	
Етап ІV	IT ₄₁				О	Д/О	О		О	О
	IT ₄₂				О	О			О	О
	IT ₄₃					О			О	О

Задамо складові автомата M^* , що моделює процес інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання. $M^*=(S, S_0, I, \mu, F)$, $S=\{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}\}$, S_0 – початковий стан, $I=\{IT_{11}, IT_{12}, IT_{13}, IT_{21},$

$IT_{22}, IT_{31}, IT_{32}; IT_{41}, IT_{42}, IT_{43}, \text{продовжити}\}, F = \{S_2, S_9, S_{10}\}, F \subset S$. Функцію переходів μ задамо таблично (табл. 2.7).

На рис. 2.3 – графічне подання автомата, що моделює процес інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

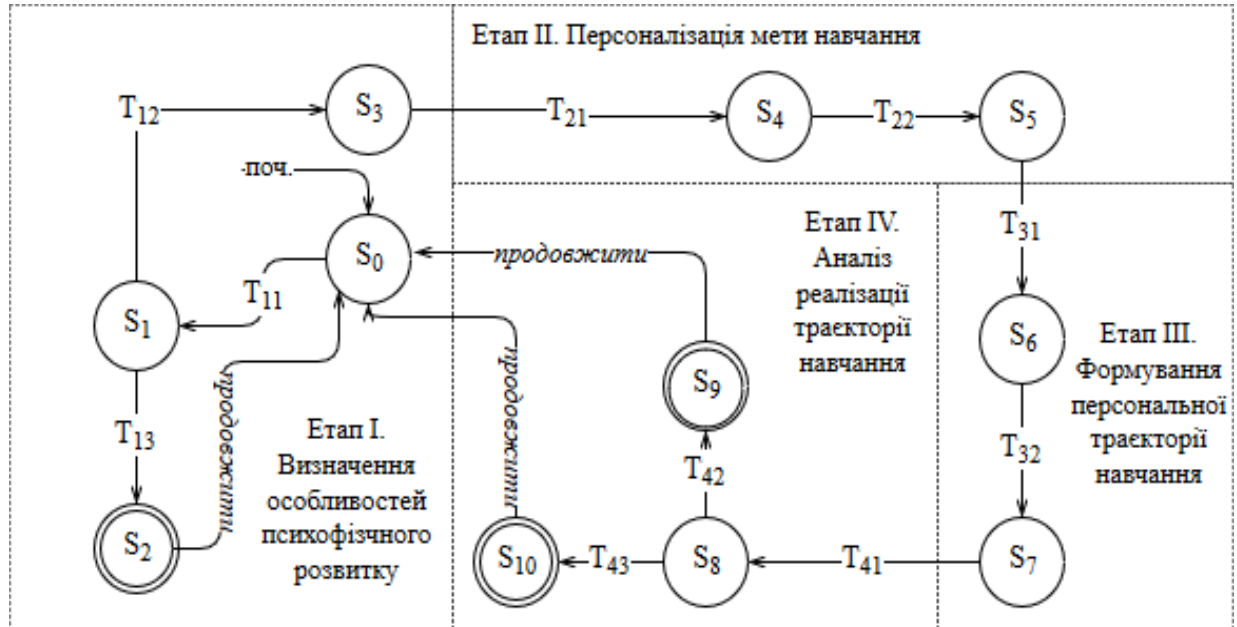


Рисунок 2.3. Графічне задання скінченного автомата, що моделює процес інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Процес процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання зручно подати універсальною мовою моделювання UML, що дає змогу визначити та візуалізувати модель досліджуваного процесу. Нотація UML є зручним засобом розроблення моделей об'єктів систем програмного забезпечення. На рис. 2.4 подано UML-діаграму діяльності, на якій показано розкладання процесу інклюзивного навчання на його складові частини за етапами у вигляді координованого виконання вкладених освітніх завдань.

Таблиця 2.7. Функція переходів автомата M^*

Поточний стан	Вхід	Стан	Поточний стан	Вхід	Стан
S_0	IT_{11}	S_1	S_6	IT_{32}	S_7
S_1	IT_{12}	S_2	S_7	IT_{41}	S_8
S_1	IT_{13}	S_3	S_8	IT_{42}	S_9
S_2	продовжити	S_0	S_8	IT_{43}	S_{10}
S_3	IT_{21}	S_4	S_9	продовжити	S_0
S_4	IT_{22}	S_5	S_{10}	продовжити	S_0
S_5	IT_{31}	S_6			

Таким чином, модель процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, подану на рис. 2.3, враховує особливості процесу інклюзивного навчання в Україні. На UML-діаграмі (рис. 2.4) подано процес ІТ супроводу інклюзивного навчання, діаграму її розроблено із урахуванням вимог до неї учасників інклюзивного навчання. Розроблена модель охоплює усі етапи процесу інклюзивного навчання.

Таблиця 2.8. – Реалізація процесів інклюзивного навчання технологіями їх ІТ-супроводу

<i>Етап п ІН</i>	<i>Вхідні дані для виконання навчального завдання (позиції мережі Петрі)</i>	<i>Процеси інклюзивного навчання (переходи мережі Петрі)</i>	<i>Результат виконання навчального завдання (позиції мережі Петрі)</i>	<i>Інформаційна технологія супроводу ІН</i>
Етап І	P_0	t_1	P_1, P_2, P_3, P_4	IT_{11}
	P_1, P_2, P_3, P_4	t_2	P_5	
	P_5	t_3	P_6	IT_{12}
	P_6	t_4	P_7	
	P_1, P_2, P_3, P_4	-	-	IT_{13}
Етап ІІ	P_0	-	-	IT_{21}
	P_7	t_5	P_8	IT_{22}
	P_8	t_6	P_9	
	P_8, P_9	t_7	P_{10}	
Етап ІІІ	P_{10}	t_8	$P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14},$ P_{15}, P_{16}, P_{17}	IT_{31}
	$P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14},$ P_{15}, P_{16}, P_{17}	t_9	P_{18}	
	P_{18}	t_{10}	P_{19}	IT_{32}
Етап ІV	P_{19}	t_{11}	P_{20}, P_{21}	IT_{41}
	P_{20}, P_{21}	t_{12}	P_{22}	IT_{42}
	P_{22}	t_{13}	P_0	
	P_{18}	-	-	IT_{43}

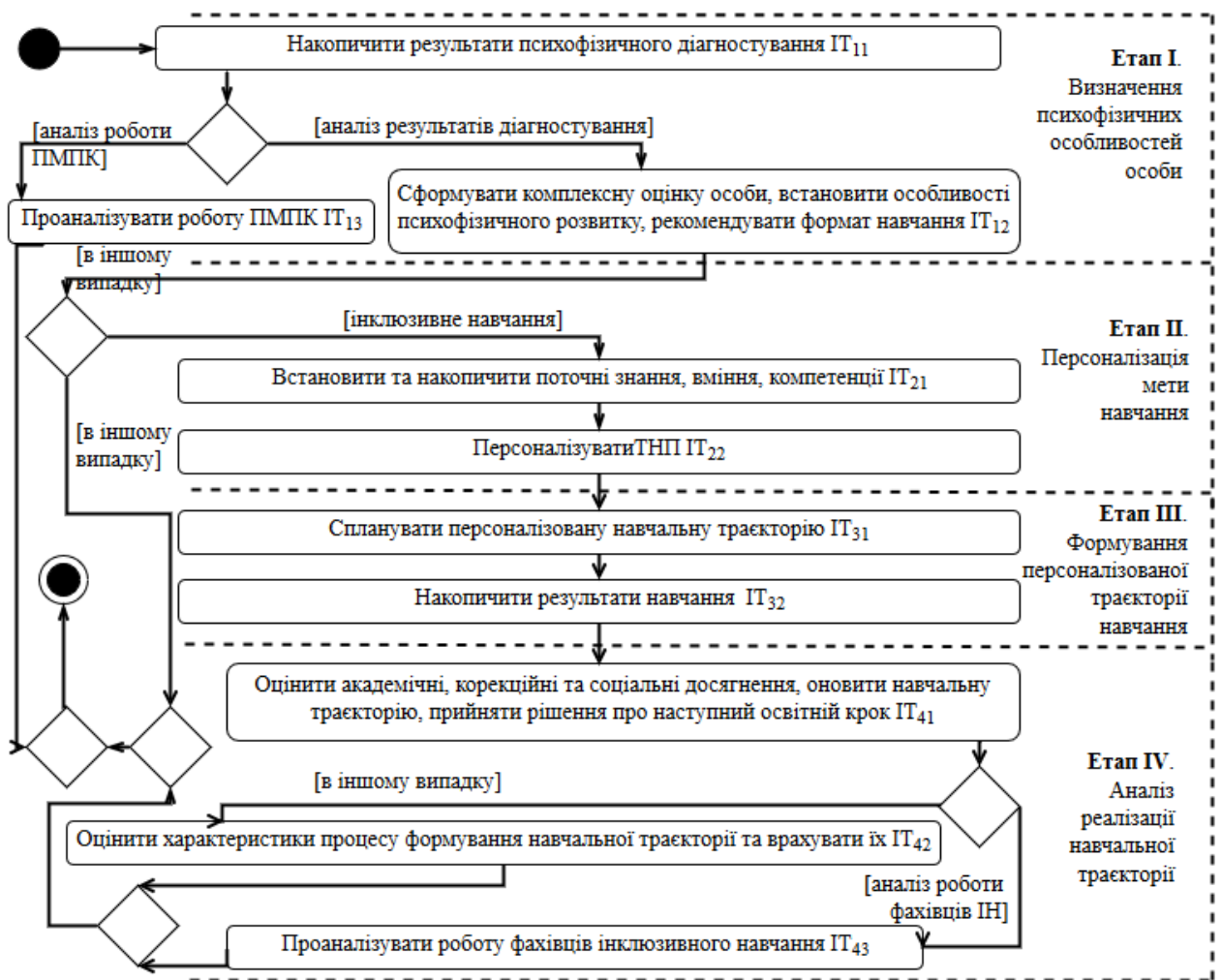


Рисунок 2.4. Діаграма діяльності інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

2.2. Висновки до Розділу 2

Створенню засобів інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання передують математичний опис його етапів. Специфіка реалізації етапів інклюзивного навчання передбачає послідовне виконання певних навчальних завдань. Формально цю особливість зручно подати у формі відповідної частково упорядкованої множини з заданим порядком слідування. Для врахування умов (контексту), за яких можуть виконуватись певні навчальні задачі, доцільно використовувати апарат породжувальних граматик. Моделювання процесу інклюзивного навчання дало змогу виділити паралельні взаємодіючі компоненти такого процесу. Для дослідження процесу інклюзивного навчання було застосовано математичний апарат мереж

Петрі. Така математична абстракція дає змогу сформуванню наочне уявлення про перебіг паралельних процесів у складній системі, якою є ІН.

Оригінальність розробленої моделі процесу інклюзивного навчання полягає у системному комплексному відображенні функціональних та структурних характеристик досліджуваного процесу. Модель поєднує в єдиній цілісній системі усі етапи процесу ІН із врахуванням вітчизняної специфіки цього процесу.

Модель процесу інклюзивного навчання використано як підґрунтя для розроблення моделі інформаційно-технологічного супроводу такого процесу. Використаний апарат скінченних автоматів дав змогу відобразити зміни стану досліджуваного процесу в залежності від його поточного стану. Розроблена модель, на відміну від подібних, передбачає комплексне застосування інформаційних технологій на кожному з етапів інклюзивного навчання, що дало можливість сформуванню вимоги до ІТ-супроводу такого навчання. Розроблена модель процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання враховує особливості процесу інклюзивного навчання в Україні. Модель ІТ-супроводу інклюзивного навчання розроблено із урахуванням вимог до неї учасників інклюзивного навчання – осіб з особливими потребами, їх батьків, фахівців інклюзивного навчання, фахівців психолого-медико-педагогічних консультацій та інших. Модель охоплює усі етапи процесу інклюзивного навчання.

РОЗДІЛ 3. МЕТОД АНАЛІЗУ ДАНИХ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ПСИХОФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ ОСОБИ

Специфіка інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання сутнісно пов'язана із аналізом великих обсягів даних. Розроблення інформаційних технологій супроводу інклюзивного навчання є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого дасть змогу розширити та удосконалити доступ до освітніх послуг особам з особливими потребами.

3.1. Концептуальна схема бази даних результатів діагностування у ПМПК

Застосування запропонованих у [125–126] основних підходів до ведення медичної документації, використання методів структурування та накопичення даних медичних досліджень, для забезпечення моніторингу та накопичення даних психофізичного розвитку особи та її освітньої траєкторії першочерговими завданнями є розроблення концептуальних схем баз даних, розроблення схеми відповідного сховища даних. Для розроблення схем баз даних використано ER-модель (entity-relationship model, модель «сутність-зв'язок») – модель даних, що викривується на концептуальному рівні проектування баз даних для виділення ключових сутностей та зв'язків між ними у досліджуваній предметній області.

Підґрунтям для розроблення бази даних результатів психофізичного діагностування особи у психолого-медико-педагогічній консультації є форма «Картки стану здоров'я і розвитку дитини», яка знаходиться в ПМПК та містить педагогічну характеристику особи, результати психологічного та логопедичного дослідження, основні медичні висновки (рис. 3.1).

Концептуальну схему бази даних результатів психофізичного діагностування розроблена із урахуванням принципів роботи психолого-медико-педагогічних консультацій та відповідної документації (рис. 3.2).

На основі розробленої моделі інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання розроблено інфологічні моделі «Сутність-зв'язок»

бази даних компонентів індивідуальних навчальних планів (рис. 3.3) та бази даних навчальних траєкторій (рис. 3.4).

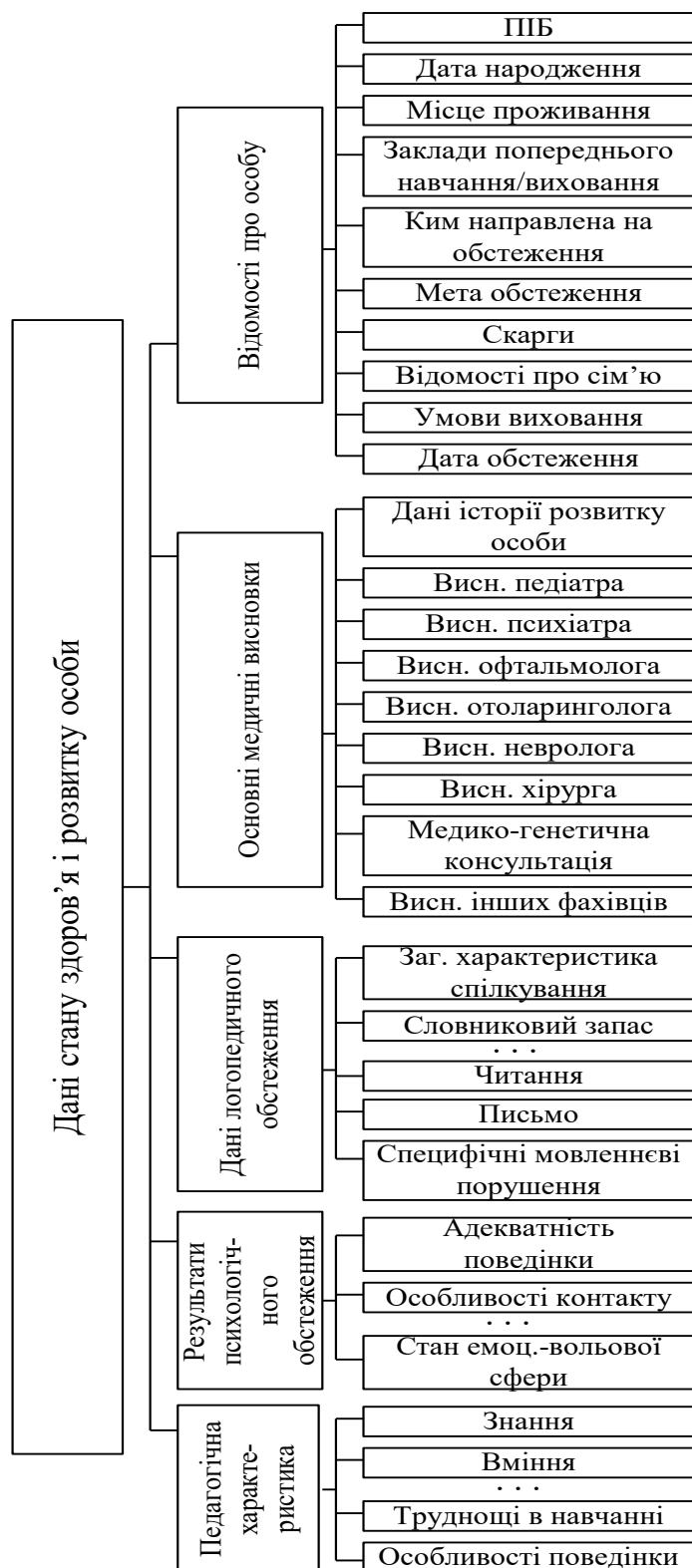


Рисунок 3.1. Схема діагностування особи у ПМПК за «Карткою стану здоров'я і розвитку дитини»

3.4. Модель сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку

Для формування комплексної оцінки психофізичного розвитку особи необхідно спроектувати відповідне сховище даних. Модель сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи подамо у вигляді

$$SD = \langle DB, RF, RM, rf, rm, func \rangle,$$

де DB – множина відношень, їх схем та обмежень, які містять інформацію із вхідних баз даних (результатів психофізичного діагностування у ПМПК, результатів діагностування іншими фахівцями), RF – схема множини відношень фактів rf , RM – схема множини відношень метаданих mf , $func$ – множина процедур прийняття рішень [26]. Отримання нових рішень полягає у видобуванні даних зі сховища шляхом реалізації відповідних функцій сховища

даних на відношенні фактів із врахуванням вимог usr_prm , які висуваються до такого рішення: $Dc=func(rf, usr_prm)$. Множина вимог до пропонованого рішення залежить від потреб користувача – учасника процесу інклюзивного навчання. Зв'язок між відношеннями rf та DB утворює гіперкуб даних, виміром якого є множина відношень сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи. Прикладом такого виміру можуть бути дані діагностування психологом ПМПК, згруповані для конкретної особи за датою. Реалізації операції зрізу у сформованому кубі даних вирішує завдання наступного аналізу даних, наприклад, отримувати інформацію про роботу психологів з метою аналізу їх завантаженості в певний період, досліджувати повноту наданих особі послуг тощо.



Рисунок 3.2. Інфологічна модель «Сутність-зв'язок» бази даних результатів психофізичного діагностування.

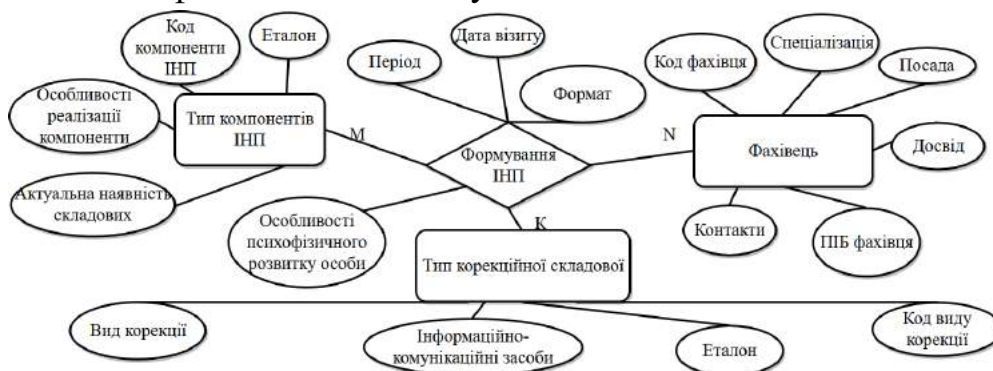


Рисунок 3.3. Інфологічна модель «Сутність-зв'язок» бази даних компонентів ІНП

Описи даних, накопичених у сховищі комплексних оцінок психофізичного розвитку особи, дають змогу моделювати процеси аналізу даних при визначенні психофізичних характеристик особи. Методи

інтелектуального та багатовимірного аналізу даних дають змогу виявляти закономірності у даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи та фахово вирішувати задачу встановлення рівня психофізичного розвитку та прийнятності інклюзивного навчання для особи з особливими потребами.

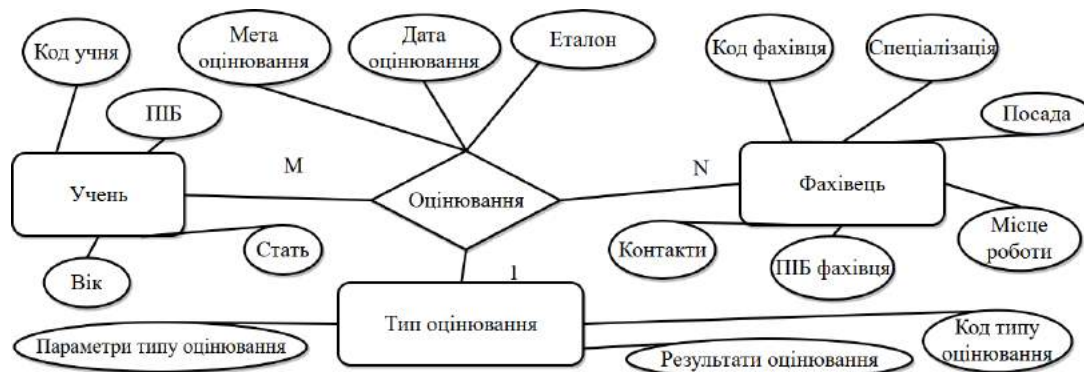


Рисунок 3.4. Інфологічна модель «Сутність-зв'язок» бази даних освітніх траєкторій

Процес аналізу даних, що накопичуються у сховищі, розглядаємо як такий, що складається із чотирьох підпроцесів – формування інформаційної моделі предметної області, попереднього опрацювання даних, виявлення залежностей, оцінювання та інтерпретації результатів аналізу [127]. Врахування особливостей інструментів інтелектуального аналізу під час проектування бази даних психофізичного діагностування та сховища даних комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи дає можливість більш точно подавати особливості даних, що накопичуються [126], передбачати можливість появи недосконалих даних (неповних, нечітких, недетермінованих) та розробити методи їх ефективного опрацювання [127, 128]. Використання методів та засобів аналізу даних, реалізованих у [129 – 131], дає змогу досліджувати накопичені дані та виявляти приховані у них залежності, тим самим даючи підстави для удосконалення процесів психофізичного діагностування.

3.2. Концепція аналізу даних за результатами діяльності ПМПК

Кожен з етапів інклюзивного навчання супроводжується накопиченням різноманітних даних. Акумуляовані значні об'єми даних, які стосуються щонайменших дрібниць, пов'язаних із особливостями психофізичного розвитку

особи, її потребами та можливостями, академічних та корекційних результатів, персоналізованих навчальних планів та характеристик їх компонентів тощо – потребують потужних інструментів їх опрацювання. Таким ручним сучасним інструментом опрацювання великих даних є технологія багатовимірного аналізу даних – OLAP. В основі такого підходу лежить ідея виконання певних обчислень (трудомістких або таких, що часто здійснюються) та збереження таких результатів для наступного використання, наприклад, в процесі видобування знань чи прийняття рішень. Застосування такої технології дає змогу ефективно опрацьовувати дані та реалізовувати на їх основі процеси підтримки прийняття рішень [132], видобування знань [4] тощо.

Теоретичний опис систем OLAP було започатковано у роботі Е.Ф. Кодда, де були сформульовані ознаки даних OLAP та висунуто ідею аналітичного опрацювання інформації на основі багатовимірного підходу. Основними поняттями багатовимірної моделі даних є гіперкуб даних, вимір, атрибут, комірка, відношення [133]. У роботі [133] введено формальну модель простору даних як нову абстракцію керування багатовимірними даними. Технологію OLAP у [134] названо зручним швидкодіючим засобом доступу, перегляду та оперативного аналізу освітньої інформації. Багатовимірний аналіз даних у [135] було запропоновано як інструмент дослідження діяльності середніх шкіл.

Накопичення та збереження даних в межах кожного окремого етапу інклюзивного навчання формує простір даних такого навчання. Використання сучасних інструментів багатовимірного аналізу даних дає змогу аналізувати дані не лише в межах окремого етапу інклюзивного навчання, але й залучати до дослідження компоненти простору даних – у залежності від висунутих гіпотез дослідження. Так, до дослідження особливостей особи для встановлення рівня її психофізичного розвитку доцільно залучати не лише дані даних педагогічного, медичного та психологічного діагностування у ПМПК, але й відповідні академічні результати. Йдеться про можливість врахування особливостей психологічного портрету особи, встановлених із

використанням технологій аналізу текстів – результатів навчання особи за індивідуальним навчальним планом.

Аналіз процесу діагностування особи у ПМПК з погляду накопичення даних дало змогу сформуванню основні виміри багатовимірної моделі даних такого процесу. До вимірів психофізичного діагностування особи відносимо частину тих, які задані позиціями мережі Петрі, що моделює процес інклюзивного навчання (рис. 2.1). Такими вимірами є «Ідентифікаційні дані особи», «Результати діагностування в ПМПК», «Результати опитування батьків особи», «Фахівці ПМПК».

Кожен вимір може складатись із кількох послідовних рівнів ієрархії, коли відношення між вимірами, своєю чергою, є параметрами інших відношень між вимірами. Прикладом такого ієрархічного виміру психофізичного діагностування особи є перелік адрес дітей з особливими потребами, що проходять діагностування у ПМПК, згрупований за районами, населеними пунктами, районами міста. Така декомпозиція адреси проживання особи з особливими потребами є необхідною для подальшого визначення потенційного закладу інклюзивного чи додаткового навчання за місцем проживання особи.

Подамо формально особливості застосування багатовимірного аналізу даних до результатів обстеження у психолого-медико-педагогічній консультації. Відповідні дані динамічно нагромаджуються з допомогою фахівців ПМПК та зовнішніх фахівців, власне особи та її батьків. Разом з тим, під час збирання даних фіксується коли і ким були проведені відповідні етапи діагностування. Такому накопиченню даних відповідають позиції p_1-p_4 , задані у моделі інклюзивного навчання (рис. 2.1). Ці позиції у просторі даних інклюзивного навчання позначають виміри відповідного гіперкуба даних психофізичного діагностування. Такий гіперкуб даних є впорядкованим набором комірок, кожна з яких однозначно відповідає єдиному набору значень вимірів – атрибутів (даних одного типу). Множина атрибутів утворює вимір, що є однією із граней гіперкуба даних психофізичного діагностування. Одержання доступу до даних

полягає у виборі значень потрібного виміру, яким відповідають необхідні комірки. Множину вибраних значення вимірів називають множиною фіксованих атрибутів, а процес такого вибору – фіксацією атрибутів.

Гіперкуб даних психофізичного діагностування у ПМПК (CD) задамо множиною комірок, які визначають множини V та A :

$$H_{CD}(V, A),$$

де V – множина вимірів гіперкуба CD , $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$, де V_1 – накопичені ідентифікаційні дані, V_2 – результати діагностування в ПМПК та зовнішніми фахівцями, V_3 – результати опитування батьків особи, V_4 – результати опитування особи. При чому кожен вимір V_i гіперкуба CD складається з двох компонент – власне результатів діагностування V_i^R та параметра V_i^S , що визначає коли та ким елемент такого виміру отримано, $V_i = V_i^R V_i^S$; $A = \{A_{V_1} \cup A_{V_2} \cup \dots \cup A_{V_n}\}$ – множина атрибутів гіперкуба CD , $A_{V_i} = \{A_{1_i}, A_{2_i}, \dots, A_{k_i}\}$, $i=1, \dots, n$ – множина атрибутів виміру V_i . Так, $A_{V_1} = \{A_{1_1}, A_{2_1}, \dots, A_{10_1}\}$, елементи цієї множини, схематично подано на рис. 3.5.



Рисунок 3.5. Схематичне подання елементів множини атрибутів виміру «накопичені ідентифікаційні дані»

Елементи множини A_{V_2} містять атрибути, що описують діагностування особи фахівцями ПМПК та зовнішніми, серед яких офтальмолог, отоларинголог, невролог, генетик, логопед, педіатр, психіатр, педагог,

психолог та інші. Елементами множини A_{v_3} є атрибути, що містять інформацію про особу, отриману з слів її батьків чи опікунів – особливості поведінки, реакцію на стрес, особливості характеру, зацікавлення тощо. Елементами множини A_{v_4} є атрибути, що містять інформацію про специфіку особистості особи, отриману з її слів.

Введемо позначення $H'_{IE}(V',A')$ для опису підмножини гіперкуба CD , де $V' \subseteq V$ – множина фіксованих вимірів, $A' \subseteq A$ – множина фіксованих атрибутів. Множину комірок, що відповідає потрібним атрибутам та вимірам позначимо $H'_{CD}(V',A') | H'_{CD} \subseteq H_{CD}$. Процедура отримання інформації з гіперкуба даних полягає у проведенні операції зрізу з відповідними значеннями вимірів, тобто $H'_{CD} \subseteq H_{CD}$. Наприклад, на основі введених вимірів можна отримати інформацію про історію проходження особою психологічних діагностувань. Для цього у просторі даних інклюзивного навчання проводимо формуємо куб даних за вимірами «Особа», «Місце роботи психолога», «Дата». Багатовимірний характер побудови куба даних подано на рис. 3.6. Точка в такому просторі описуватиме результати проведення психо-логічного тестування особи. На вимірі «Дата» можемо задати схему ієрархій «Рік – Місяць – День», вимір «Особа» задамо ієрархією «Особа – Категорія особи – ПІБ особи».

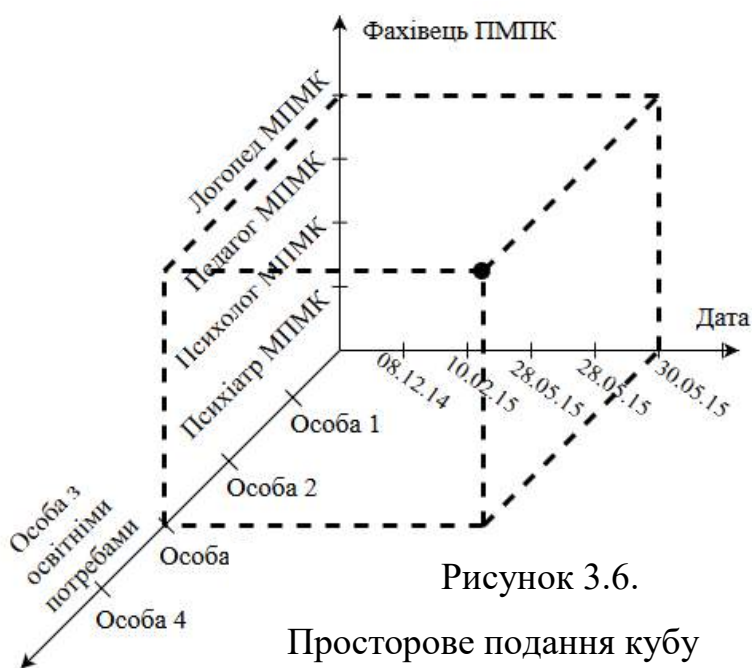


Рисунок 3.6.
Просторове подання кубу
OLAP

Операція зрізу у сформованому кубі даних (рис. 3.6) дає можливість вирішувати такі аналітичні завдання з метою подальшого аналізу даних:

- формування портфелю результатів психологічних діагностувань особи (фіксування вимірів «Особа» та підсумування за виміром «Дата») – для

аналізу динаміки розвитку психологічних особливостей конкретної особи;

- отримання інформації про роботу психологів (фіксування виміру «Місце роботи психолога» та підсумування за виміром «Дата») – для аналізу завантаженості психологів за певний період, дослідження повноти психологічних послуг, що були надані особам.

Спираючись на розроблену модель сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи, для комплексного дослідження роботи фахівців ПМПК використано багатовимірний аналіз даних (діаграма діяльності процесу на рис. 3.7).

Аналіз роботи фахівців ПМПК на основі дослідження комплексних оцінок психофізичного розвитку особи може бути також проведених адміністрацією ПМПК для моніторингу роботи фахівців, а також для формування аналітичних довідок про діяльність закладу. Дослідження таких даних аналітиком, який володіє методиками аналізу даних, дасть змогу виділяти особливості роботи фахівців для її супроводу та подальшого удосконалення організації її роботи.

3.4. Розроблення методу встановлення формату навчання особи з особливими потребами

3.4.1. Попереднє опрацювання даних

Задамо формальний опис даних комплексної оцінки психофізичного розвитку. Нехай $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ – непорожня скінченна множина прикладів, кожен з яких поданий рядком таблиці, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ – непорожня скінченна множина атрибутів та $a: U \rightarrow V_a$ для всіх $a \in A$. Множину V_a називають множиною значень, або доменом атрибута, а саму таблицю – *інформаційною системою* [4]. Попереднє опрацювання даних такої таблиці виконується для удосконалення отриманих даних, адже у сховищі можуть зберігатись надлишкові дані, дані з відсутніми значеннями тощо.

3.4.1.1. Анонімізація даних



Рисунок 3.7. Діаграма діяльності процесу аналізу діяльності ПМППК

При опрацюванні результатів психофізичного діагностування особи у ПМПК необхідно враховувати випадок, коли задля забезпечення конфіденційності вимагається відсутність певних даних, таких як прізвище особи з особливими потребами чи її батьків, адреса тощо. У цьому випадку виконують анонімізацію даних. Існує три основних підходи анонімізації таблиці прийняття рішення [4].

1. *Вилучення даних.* Застосовують до таблиць, у яких є істотно відмінний приклад, для уникнення ідентифікації його вилучають.

2. *Узагальнення даних.* Полягає у зменшенні потужності домена атрибута об'єднанням кількох

його значень. Два приклади є нерозрізненними на атрибуті, якщо його значення для цих прикладів збігаються, або одне із них невідоме.

3. *Приховування даних.* Досягається забезпеченням умов нерозрізненності двох прикладів на атрибуті. Для цього прикладу u , який потрібно анонімізувати, ставлять у відповідність підмножину прикладів $U_s \in U$, які можна використати для ідентифікації u . У кожному прикладі з U_s видаляють значення відповідного атрибута.

У ході анонімізації даних можемо отримати змінену множину прикладів та змінену множину атрибутів, тобто $A := anonymization_A(A)$,

$U := anonymization_U(U)$, де $anonymization_A()$ – функція анонімізації множини атрибутів, $anonymization_U()$ – функція анонімізації множини прикладів.

3.4.1.2. Форматування даних.

Форматування полягає у дослідженні анонімізованих даних для їх уніфікування, наприклад, якщо значення атрибутів відрізняються одиницями вимірів. Тоді $U := format(U, A)$, де $format()$ – функція форматування значень прикладів.

3.4.1.3. Структурування та уніфікування даних

Структурування та уніфікування даних – процес приведення значень атрибутів до єдиної структури, якщо різнилися шкали оцінювання значень певних атрибутів. Тоді $U := Unify(U, A)$, де $format()$ – функція структурування та уніфікування значень прикладів.

3.4.1.4. Опрацювання неповноти даних

Дані комплексної оцінки психофізичного розвитку особи містять невідомі значення атрибутів, до причин появи яких можна віднести [4]:

1. Недбалість осіб, що збирають або вносять дані у таблиці, спричинена особистими рисами або відсутністю фінансової зацікавленості.
2. Зміна множини атрибутів у процесі накопичення даних.
3. Надходження даних з різних джерел, у яких об'єкти описані різними множинами атрибутів.
4. Фізична або логічна відсутність даних.
5. Помилки вимірювань та обмежені можливості апаратури.
6. Значення атрибута не належить допустимій множині його значень.

Розглянемо алгоритми додаткового опрацювання даних для перетворення відповідних таблиць, що дасть змогу використовувати для них універсальні методи аналізу даних.

Виділяють [4, 136] такі основні групи методів опрацювання таблиць із невідомими значеннями атрибутів:

- ігнорування відсутніх даних;
- видалення прикладів із невідомими значеннями атрибутів;
- доповнення відсутніх даних;
- безпосереднє опрацювання таблиць з відсутніми даними.

Підходи до опрацювання таблиць із відсутніми значеннями атрибутів наведено на рис. 3.8 [4].



Рисунок 3.8. Класифікація підходів до опрацювання відсутніх значень атрибутів

формованим на основі його відомих значень. У разі доповнення таблиці необхідно розрізняти типи відсутності даних. До першого типу відносять ті дані, які можна отримати, але вони з певних причин не були внесені в таблицю. Наприклад, якщо невідомі дані про вік особи з особливими потребами, то їх можна доповнити на основі інших відомих даних. Інший тип відсутності даних передбачає їх логічну відсутність.

Основними підходами до доповнення таблиць з відсутніми даними є [4]:

- комбінаторне доповнення;
- глобальне доповнення;
- локальне доповнення з огляду на атрибут та на рішення;
- доповнення методом k найближчих сусідів;
- перепрофілювання змінних і використання системи прийняття рішень.

Ігнорування відсутніх даних полягає у доповненні домена атрибута значенням, яким позначене невідоме значення цього атрибута без зміни розмірності аналізованої таблиці.

Видалення прикладів або атрибутів. Використовують два підходи до видалення даних: дані видаляє експерт, спираючись на свої знання та досвід або з через незалежність між невідомими значеннями та причиною їх появи [4].

Доповнення таблиць даних.

Невідомі значення атрибута заповнюють за певним критерієм,

Комбінаторне доповнення. Метод комбінаторного доповнення дає змогу доповнити таблицю заміною прикладу із невідомим значенням атрибуту кількома прикладами із усіма відомими значеннями атрибутів. Обмеженням на застосування методу комбінаторного доповнення є велика кількість невідомих значень атрибутів і (або) велика потужність доменів атрибутів, значення яких невідомі.

Наприклад, нехай в таблиці присутній запис (07, Львів, *, так), а доменом третього атрибута є множина {Залізничний, Шевченківський, Сихівський, Франківський, Личаківський, Галицький}. Тоді цей приклад можна замінити такими новими прикладами: (07, Львів, Залізничний, так), (07, Львів, Шевченківський, так), (07, Львів, Сихівський, так), (07, Львів, Франківський, так), (07, Львів, Личаківський, так), (07, Львів, Галицький, так). Подальші дії з опрацювання даних виконують над збільшеною кількістю прикладів.

Кількість додаткових прикладів, що утвориться застосуванням методу комбінаторного доповнення, обчислюють за формулою:

$$F = \sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^m z_{ij} - 1 \right), \quad (3.1)$$

де n – кількість прикладів у таблиці, m – кількість атрибутів таблиці,

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a_i(u_j) \neq *; \\ |V_{a_j}|, & \text{якщо } a_i(u_j) = *, \end{cases} \quad a_i(u_j) - \text{значення } i\text{-го прикладу на } j\text{-му атрибуті,}$$

$|V_{a_j}|$ – потужність домена j -го атрибута.

Втім, метод комбінаторного доповнення застосовний лише для таблиць із відносно невеликою кількістю відсутніх даних і атрибутів з невеликими потужностями доменів.

Наприклад, нехай у таблиці із 194 прикладами та 38 атрибутами існують лише п'ять прикладів із невідомими значеннями атрибутів. У 4-х прикладах невідомі значення 11-ти атрибутів, 4 з яких складаються з 4, а 7 – з 2-х елементів. Ще в одного прикладу невідомі значення 7-и атрибутів,

кожний з яких має 4 елементи. Тоді за (3.1) кількість прикладів заданої

$$\text{таблиці збільшиться на } F = \sum_{i=1}^{194} \left(\prod_{j=1}^{38} z_{ij} - 1 \right) = 147451.$$

Глобальне доповнення. Використовується для заповнення відсутніх даних на основі відомих значень атрибутів. Для цього на основі усіх відомих значень атрибута обчислюють певний параметр s (наприклад, для атрибутів з числовими значеннями це може бути середнє або медіана, для символічних атрибутів – значення, що зустрічається найчастіше). Обраним параметром заміняють відсутні значення. Метод глобального доповнення описано у [4].

Локальне доповнення з огляду на рішення. Передбачає обчислення параметра s локально, тобто на основі відомих значень лише того класу значень параметра прийняття рішень, до якого належить приклад. Знайденим параметром доповнюють відсутнє значення. Метод локального доповнення з огляду на рішення наведено у [4].

Локальне доповнення з огляду на атрибут. В основу методу покладене припущення, що кожний умовний атрибут повинен корелювати з атрибутом прийняття рішення. Пошук пов'язаних між собою атрибутів ускладнений необхідністю оцінювати зв'язки між атрибутами не лише однакового, але й різного типу. Також проблемою може бути потреба у порівнянні між собою чисельних та символічних атрибутів [4].

Доповнення за допомогою методу k найближчих сусідів. Підставою для застосування методу k найближчих сусідів є те, що приклади з близькими значеннями одних атрибутів, найімовірніше, мають близькі значення й на інших атрибутах [4].

Перепрофілювання атрибутів і доповнення із застосуванням системи прийняття рішень. У цьому методі умовні атрибути з невідомими значеннями розглядають як атрибут прийняття рішень, алгоритм наведено у [4].

Перепрофілювання атрибутів і доповнення із застосуванням регресії. Невідомі значення розглядають як залежні змінні, а методи регресійного аналізу використовують для їх визначення.

Безпосереднє прийняття рішень з допомогою неповних даних. Одним із способів безпосереднього опрацювання даних з невідомими значеннями є методи поділу, з допомогою яких таблицю прийняття рішень з відсутніми даними поділяють так, щоб утворити заповнені таблиці. Такі таблиці опрацювують методами для заповнених таблиць.

У ході опрацювання неповноти даних можемо отримати змінену множину прикладів та змінені значення прикладів, тобто $U := UnMissing_U(A, U)$, де $UnMissing_U()$ – функція опрацювання неповноти даних.

3.4.1.5. Дискретизація даних

Для неперервних змінних доцільно застосувати дискретизацію, що дасть змогу на наступних етапах опрацювання даних вилучити надлишкові, а також краще сприймати досліджувані дані.

Дискретизація – зменшення числа різних значень неперервної змінної шляхом ділення діапазону значень на скінченну кількість інтервалів, що не перетинаються, і цим інтервалам надають певні позначення, зазвичай, порядковий номер цього інтервалу. Алгоритм процесу дискретизації складається з наступних кроків:

Крок 1. Сортування прикладів за значенням досліджуваного неперервного атрибуту, який необхідно дискретизувати.

Крок 2. Встановлення інтервалів.

Крок 3. Для приклада здійснити оцінку приналежності значення досліджуваного неперервного атрибуту до одного з інтервалів, перейти до наступного прикладу.

Крок 4. Якщо оцінку приналежності досліджуваного неперервного атрибуту для даного прикладу до одного з інтервалів встановлено, завершити алгоритм дискретизації, в іншому випадку – перейти на Крок 3.

У ході опрацювання неповноти даних можемо отримати змінену множину значення прикладів, тобто $U := Discr_U(A, U)$, де $Discr_U()$ – функція дискретизації даних.

3.4.2. Таблиця прийняття рішення

Інформаційною системою назвемо таблицю $\tau=(U,A)$, де U – множина прикладів, A – множина атрибутів. Уведення у таблицю додаткового класифікаційного атрибута прийняття рішення d дає змогу віднести приклади таблиці до певного класу – за значенням атрибуту d . Таблиця $\mathbf{A}=(U,A \cup \{d\})$ з класифікаційним атрибутом d є таблицею прийняття рішень. У загальному випадку така таблиця може мати більше ніж один класифікаційний атрибут. Для даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи таким атрибутом може бути, у залежності від потреб дослідження, нозологічна одиниця – для встановлення особливостей психофізичного розвитку особи, або формат навчання.

3.4.3. Аналіз попередньо опрацьованих даних

На множині U прикладів таблиці визначають відношення нерозрізненності. Приклади u та u' нерозрізненні, якщо однаковими є відповідні значення їхніх атрибутів. Відношення нерозрізненності симетричне, рефлексивне і транзитивне, а, отже, є відношенням еквівалентності [4]. Класи еквівалентності, отримані на основі цього відношення, позначимо $[X]_A$. Приклади цього класу еквівалентності нерозрізненні на множині атрибутів A .

Частина даних може бути надмірною або суперечливою, зокрема, якщо певні приклади еквівалентні на множині умовних атрибутів, але мають різні значення атрибута прийняття рішення. Ці приклади неможливо однозначно класифікувати, їх вилучають з таблиці. Також вилучають приклади, для яких існує повністю еквівалентний приклад, включно з атрибутом прийняття рішення [4]. Після цього вилучають стовпці, атрибути яких не впливають на класифікацію. Для аналізу залишають лише такі атрибути, від яких залежить класифікація прикладів таблиці. Множину атрибутів, що залишилися, називають *редуктом*. Для побудови редуктів доцільно використати алгоритм Джонсона [137], рис. 3.10. У цьому алгоритмі R – множина атрибутів, які утворюють шуканий редукт, S – набір підмножин s_i атрибутів a_m за значен-

нями яких відрізняються два приклади u_i та u_j з U , $a_m \in A$, $s_i \subseteq A$. Для кожної підмножини s_i обчислюють коефіцієнт $w(s_i)$, який позначає вагу s_i в S .

Для виявлення залежностей у даних можна використовувати різноманітні методи аналізу даних: методи багатомірного аналізу, методи класифікації та прогнозування, технології OLAP, видобування знань, штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми тощо.

3.4.4. Виявлення залежностей у даних, оцінювання та інтерпретація результатів

Використання методу аналізу даних утворює класифікатор $Pat(x)$ у формі класифікаційних правил. Процес оцінювання та інтерпретації полягає в створенні тестової множини $Test(x)$ об'єктів X , на яких обчислено оцінки їх значень F . Тоді $Evl(d)$ – функція оцінювання якості класифікації.



Рисунок 3.9. Діаграма діяльності процесу встановлення редукту таблиці прийняття рішень алгоритмом Джонсона

Для процесу встановлення формату навчання це означає дослідження тестової множини даних, отриманих зі сховища, застосуванні відповідних методів аналізу даних для побудови класифікаційних правил, і наступному встановленню міри приналежності нового прикладу до кожного з допустимих форматів навчання.

3.4.5. Метод встановлення формату навчання особи

Кроки, описані вище, формують метод встановлення формату навчання особи з особливими потребами таким

чином, аби врахувати специфіку такого етапу інклюзивного навчання (діаграма діяльності процесу – на рис. 3.10).

Крок 1. Накопичити та консолидувати результати психофізичного діагностування особи фахівцями ПМПК та зовнішніми фахівцями.

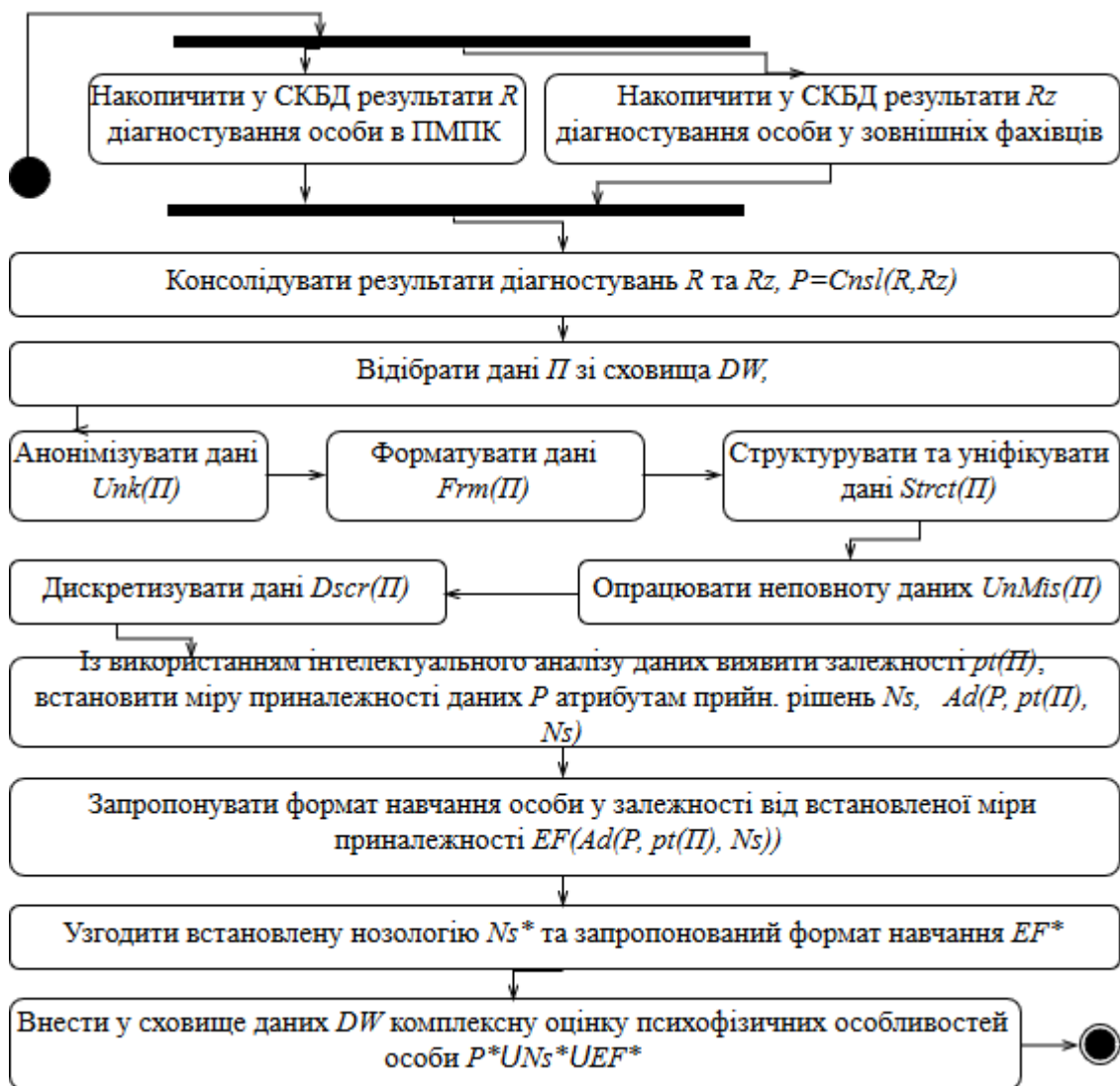


Рисунок 3.10. Діаграма діяльності процесу встановлення формату навчання особи

Крок 2. Отримати тестову множину даних зі сховища комплексних оцінок психофізичного розвитку особи, попередньо опрацювати дані: анонімізувати, форматувати, структурувати та уніфікувати, опрацювати неповноту, дискретизувати.

Крок 3. Обрати множину атрибутів прийняття рішення, застосувати методи інтелектуального аналізу до попередньо опрацьованих тестових даних.

Крок 4. Оцінити та інтерпретувати отримані результати, встановити міру приналежності консолідованих результатів психофізичного діагностування особи встановленій множині атрибутів прийняття рішення.

Крок 5. Встановити множину найкращих форматів навчання на основі встановленої одиниці нозології.

Крок 6. Внести у сховище даних сформовану комплексну оцінку особливостей психофізичного розвитку особи з обраним форматом навчання.

Різносторонній аналіз накопичених даних буде використано на наступних етапах інклюзивного навчання для визначення психофізичних особливостей розвитку особи, для визначення рівня її соціального розвитку та поступу. Виявлення надлишкових атрибутів в ході аналізу таблиці прийняття рішень дасть змогу оптимізувати процес проведення медичних, психологічних, педагогічних тестувань для визначення особливостей психофізичного розвитку особи.

3.5. Алгоритм аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання

Сучасна прогресивна парадигма особистісно-орієнтованого навчання, на відміну від традиційної, враховує індивідуальні особливості учнів, студентів, слухачів. Застосування форм навчання та оцінювання, які не враховують персональних особливостей учнів, не забезпечують у повній мірі розвиток їх індивідуальних пізнавальних здібностей, не заохочує до творчого використання на практиці здобутих ними знань, не стимулюють до самостійного набуття знань [138-140]. Індивідуалізоване особистісно-орієнтоване навчання дає змогу його учасникам (вчителям і учням) більш активно працювати, відповідно до індивідуальних потреб і здібностей, індивідуалізувати роботу над помилками [139]. У [141] запропоновано оригінальну методику так званої навчальної декомпозиції з метою врахування відмінностей учнів при формуванні різних видів навчальної діяльності, які б сприяли якнайповнішому поданню та засвоєнню навчального матеріалу. Розроблені та реалізовані методики індивідуалізації навчання та оцінювання заохочують учнів до освітньої активності, забезпечують умови для більш повної соціальної інклюзії.

Функцію усестороннього аналізу даних, що накопичуються в процесах інклюзивного навчання, покладено на фахівців освітньої галузі та медицини. Активне впровадження сучасних інформаційних технологій для поглибленого аналізу даних дає підстави для удосконалення процесів такого

дослідження та сприяє підвищенню комфорту для усіх учасників процесів інклюзивного навчання – учнів (студентів, слухачів) з особливими потребами, їх батьків, фахівців психолого-медико-педагогічних консультацій, вчителів (викладачів).

Застосування кількісно-якісних методів дослідження таких текстів та мовленнєвих повідомлень даватиме змогу виявляти та досліджувати такі характеристики їх авторів (статичні та динамічні), як особливості психологічного стану, освітній поступ, специфіку наукованості, особливості проходження контрольних заходів тощо. У роботах [142-144] йдеться про дослідження процесів аналізу текстів з метою визначення психологічних характеристик їх авторів, задачам автоматизованого реферування та перекладу, діалоговим системам та системам класифікації текстів.

3.5.1. Формування корпусу текстів інклюзивного навчання

Накопичення даних в процесі інклюзивного навчання за індивідуальним навчальним планом, відбувається на етапах діагностування особи у психолого-медико-педагогічних консультаціях та накопичення результатів навчання особи за персоналізованим навчальним планом. У дослідженні увагу приділено текстовим та мовленнєвим інформаційним продуктам, автором яких є особа з особливими потребами.

Систематичне нагромадження результатів психофізичного діагностування особи з особливими потребами, а також її навчальних результатів у довільному форматі, дає змогу виділити та сформуванати множину текстових та мовленнєвих повідомлень. Повідомлення довільного об'єму довільної тематики, писане чи друковане особою на будь-якому етапі інклюзивного навчання, назвемо текстовим інформаційним продуктом такого навчання. Мовленнєвим інформаційним продуктом інклюзивного навчання назвемо відео-чи звукозапис спілкування особи, що навчається інклюзивно, довільного об'єму на довільну тематику, отримані на будь-якому етапі інклюзивного навчання. Множину текстових та мовленнєвих інформаційних продуктів називатимемо корпусом текстів інклюзивного навчання. Причому до складу корпусу текстів

інклюзивного навчання належать також тексти іноземною мовою, якою володіє чи якої навчається особа. Умовно корпус текстів інклюзивного навчання можемо поділити, залежно від формату зберігання, на дві групи – текст та відео- чи звукозапис. До першої групи відносимо особисті документи особи (листи, записки), відповіді на відкриті питання анкет, шкільні твори тощо. До другої групи відносимо записи розмов з особою, її батьками, нестандартизоване інтерв'ю, матеріали групової дискусії тощо. Необхідність розділення групи на аудіо- та відеодокументи зумовлена різноманіттям особливих потреб, адже для фіксування спілкування особи, що використовує мову жестів, аудіозапису недостатньо.

Подамо формальний опис корпусу текстів інклюзивного навчання. Нехай $T = \{T_{i,j_i}\}$ – множина екземплярів текстових інформаційних продуктів, i – кількість типів текстових інформаційних продуктів, j_i – кількість екземплярів текстових інформаційних продуктів відповідного типу; $S = \{S_{k,l_k}\}$ – множина екземплярів мовленнєвих інформаційних продуктів, k – кількість типів мовленнєвих інформаційних продуктів, l_k – кількість екземплярів мовленнєвих інформаційних продуктів відповідного типу. Тоді множину елементів корпусу текстів інклюзивного навчання позначимо $K = T \cup S$.

Розроблення автоматизованих систем опрацювання текстів дасть змогу удосконалити процес формування корпусу текстів інклюзивного навчання. У основу розроблення такої системи доцільно покласти математичні моделі та концепції використання апарату породжувальних граматики для різних рівнів мови (морфологічного, лексичного, синтаксичного) – національної та іноземної [5, 11, 18, 32], а також апарату мереж Петрі [12, 24] для моделювання на текстуальному рівні мови.

Найпоширенішими застосуваннями методів аналізу текстів є задачі автоматизованого реферування та перекладу, діалогові системи та системи класифікації текстів [142-143, 145]. Також досліджують процеси аналізу текстів з метою визначення психологічних характеристик їх авторів [144-146].

3.5.2. Аналіз корпусу текстів інклюзивного навчання

Одним із методів кількісно-якісного дослідження текстів є контент-аналіз, який полягає у виявленні та дослідженні характеристик текстів та мовленнєвих повідомлень [147]. У загальному випадку, дослідження текстів методом контент-аналізу реалізують шляхом систематичного фіксування одиниць досліджуваного змісту та їх квантифікації з певною метою у межах деякої концептуальної схеми чи теорії [148].

Застосування методу контент-аналізу [147–148] для дослідження корпусу текстів інклюзивного навчання особи передбачає такі етапи (рис. 3.11):

1. *Формування вибірки з корпусів текстів інклюзивного навчання* – виділення частини текстів та мовленнєвих повідомлень згідно обраної мети дослідження та приведення їх до єдиного текстового формату.

2. *Виділення системи опорних понять* – встановлення категорій аналізу із урахуванням висунутих на перевірку гіпотез згідно обраної мети дослідження процесу інклюзивного навчання.

3. *Пошук одиниць аналізу у сформованій вибірці* – дослідження вибірки та встановлення її кількісно-якісних характеристик.

4. *Опрацювання даних* – дослідження сформованої вибірки з використанням інструментаріїв математичної статистики, лінгвометрії, теорії ймовірностей, психолінгвістичного аналізу тощо. Таке дослідження дає змогу оцінити вербальні характеристики текстів із урахуванням різноманітних показників (обсяг тексту, кількість слів у тексті, середній розмір речення, коефіцієнти дієслівності, словникової різноманітності, синтаксичної складності, винятковості, логічної зв'язності, позитивних та негативних емоцій тощо).

5. *Інтерпретування та врахування отриманих результатів* – підтвердження чи спростовання висунутих гіпотез. Отримані результати доповнюють психофізичний портрет учня, що навчається за індивідуальною освітньою стратегією, їх вносять у так звану траєкторію інклюзивного навчання, а також враховують в ході наступних освітніх кроків, при проектуванні індивідуальної навчальної стратегії.

У роботі [146] пропонується використовувати контент-аналіз для дослідження текстів, підготованих студентами, при оцінюванні їх соціальних компетентностей. У [149] подано результати дослідження феноменології сприйняття емоційних явищ студентами-психологами та студентами не-психологами. Використання методу контент-аналізу для дослідження особливостей інклюзивного навчання уможливує проведення аналізу міжособистісних і міжгрупових відмінностей, специфіки реалізації навчального процесу, динаміки навчального поступу, особливостей характеру, схильностей особи, особливостей наукованості тощо.

Реалізація першого етапу контент-аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання за умови використання сучасних інформаційних технологій передбачає формування відповідного корпусу текстів у електронному поданні. Задаємо функцію F^T перетворення текстових інформаційних продуктів інклюзивного навчання у електронний формат: $F^T(T) = T^E$, де множина $T^E = \{T_q^E\}$ містить екземпляри текстових інформаційних продуктів у електронному форматі, $q = \sum j_i$ – сумарна кількість екземплярів текстових інформаційних продуктів у електронному форматі. Також задаємо функцію F^S перетворення мовленнєвих інформаційних продуктів інклюзивного навчання у електронний формат: $F^S(S) = S^E$, де множина $S^E = \{S_g^E\}$ містить екземпляри мовленнєвих інформаційних продуктів у електронному форматі, $g = \sum l_k$ – сумарна кількість екземплярів мовленнєвих інформаційних продуктів у електронному форматі. Тоді корпус текстів інклюзивного навчання у електронному форматі позначимо $T^E \cup S^E = K$, $K = \{K_{q+g}\}$, розмірність такої множини характеризує загальну кількість текстових та мовленнєвих інформаційних продуктів інклюзивного навчання, поданих у електронному форматі.

Формальну модель процесу контекст-аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання у електронному форматі подамо у виді:

$$C = \langle K, H, \theta(H), \mu(z), \tau(H, M) \rangle,$$

де H – досліджувана гіпотеза; $\theta(H)$ – функція вибору опорних понять, що залежать від гіпотези дослідження, така функція формує множину опорних понять $\{P_n\}$, де n – кількість обраних одиниць аналізу; $\mu(z)$ – функція пошуку одиниць аналізу у досліджуваних текстах з використанням методу z аналізу текстів з множини методів такого аналізу Z , $z \in Z$, функція $\mu(z)$ формує множину M знайдених одиниць аналізу; $\tau(H, M)$ – функція інтерпретації знайдених одиниць аналізу. Результатами реалізації контент-аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання є висновок d про «істинність» чи «хибність» досліджуваної гіпотези, $d = \tau(H, M)$.

Контент аналіз є додатковим дієвим інструментом розроблення інформаційних технологій супроводу навчання, зокрема, для ґрунтовного формування освітньої траєкторії особи, що навчається за персональною навчальною траєкторією. Використання контент-аналізу при дослідженні результатів навчання особи забезпечує, зокрема, підвищення адаптивності процесів навчання та контролю набутих знань. Вихідними даними такого процесу є сформована множина методів оцінювання знань особи, які найбільш повно відповідають психофізичним особливостям учня.

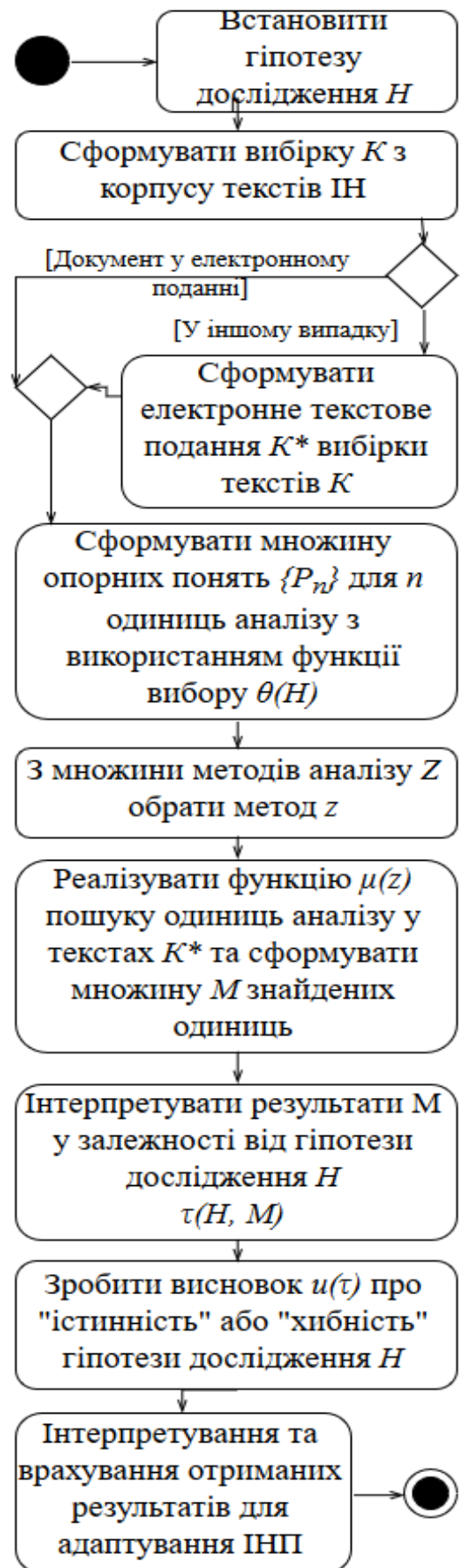


Рисунок 3.11. Діаграма діяльності контент-аналізу корпусу текстів ІН

3.5.3. Модель аналізу даних навчальної траєкторії

Траєкторія інклюзивного навчання задається консолідованими результатами навчання, корекційно-розвивального впливу на особу в ході інклюзивного навчання, а також висновками з усебічного дослідження таких результатів. Така траєкторія відображає освітні, соціальні, суспільні та творчі досягнення особи. Застосування традиційних та інноваційних підходів до аналізу множини результатів навчання дає змогу виділяти неочевидні персональні особливості такого процесу. До інноваційних методів оцінювання метапредметних результатів навчання відносять, зокрема, контекстні задачі, кейси, проекти, дослідження, проектні задачі, анкетування, спостереження, катанотести, ділові ігри, обговорення та дискусія, написання текстів та есе, інтерв'ю, портфоліо тощо [150-152]. Адаптування та застосування таких методів до оцінювання навчального поступу осіб з особливими потребами дасть змогу більш повно відобразити у навчальній траєкторії особи не лише її базові грамотності [153], але й соціальні компетентності та риси характеру.

Модель процесу аналізу даних для дослідження навчальної траєкторії особи побудовано на основі моделі процесу аналізу даних із невизначеністю та надлишковістю [26, 154]. Розглянемо процес дослідження навчальної траєкторії як $W=(W_1, W_2, W_3, W_4)$, де W_1 – підпроцес формування предметної області, W_2 – підпроцес попереднього опрацювання даних, W_3 – підпроцес виявлення залежностей, W_4 – підпроцес оцінювання та інтерпретації результатів аналізу.

Модель *підпроцесу формування опису предметної області* опишемо як $W_1=(X, A, d, \mu(x,a), \eta(x,d))$, де X – множина осіб, які брали участь у педагогічному діагностуванні, A – результати контрольних заходів, d – атрибут прийняття рішення. Функції $\mu(x,a)$, $\eta(x,d)$ використовують для обчислення значень атрибутів таблиці. Елементами множини властивостей $A=\{A_1, \dots, A_n\}$ є A_i – результати i -го контрольного заходу. Такими контрольними заходами можуть бути письмовий контроль, усне опитування, самооцінка, спостереження, тестовий контроль, графічний контроль,

портфолію, кейс-виміри, проекти тощо. Атрибути прийняття рішень є елементами множини $d=\{d_1, \dots, d_m\}$, де d_j – властивості контрольного заходу, наприклад, оцінка в певному форматі (в балах відповідних шкал, лінгвістична оцінка – «добре», «відмінно» або «зараховано» - «не зараховано»). Таблицю прийняття рішень, створену у процесі формулювання опису педагогічного діагностування опишемо як $T=(X, A \cup d)$.

Модель *підпроцесу попереднього опрацювання даних* освітньої траєкторії із застосуванням методів наближених множин (*rough set*) матиме вигляд $W_2=(T, Discr(aik), EscC(a))$, де функція $Discr(a_i)$ виконує дискретизацію неперервних значень a_i із використанням відповідного алгоритму, функція $EscC(a)$ усуває несуттєві атрибути шляхом побудови редуктів із використанням алгоритму Джонсона [127].

Модель *підпроцесу виявлення залежностей у даних* педагогічного тестування набуває вигляду: $W_3=(T, S, Pat(x))$, де функція $Pat(x)$ буде класифікатор у формі множини класифікаційних правил.

Модель *підпроцесу оцінювання та інтерпретації* розглядаємо у вигляді $W_4=(T, Test(x), F(x), Evl(d))$, де функція $Test(x)$ створює тестову множину об'єктів X^T , на яких обчислено оцінки їх значень F . Для оцінювання якості класифікації будемо функцію $Evl(d)$.

Різносторонній аналіз накопичених даних буде використано на наступних етапах інклюзивного навчання для визначення психофізичних особливостей розвитку особи, для визначення рівня її соціального розвитку та поступу. Виявлення надлишкових атрибутів в ході аналізу таблиці прийняття рішень дасть змогу оптимізувати процес проведення медичних, психологічних, педагогічних тестувань для визначення особливостей психофізичного розвитку особи.

Дослідження можливостей та ефективності застосування вказаних класичних та інноваційних методів оцінювання освітнього поступу особи, що навчається за індивідуальним навчальним планом, дасть змогу планувати контрольні заходи згідно персональних особливостей учня, студента,

слухача. Це, своєю чергою, дає змогу оцінювати ефективність типів контролю для конкретного учня, спираючись на його психологічні особливості і можливості. Підібрані належним чином методи контролю і зафіксовані у освітній траєкторії учня та реалізовані у індивідуальному навчальному плані, більш повно відображають особливості учня, спрощують роботу педагога. Вхідні дані процесу визначення набору методів контролю персоналізованого навчання подамо у наступному вигляді:

$$\langle R, W, Q, O, Al \rangle,$$

де $R = \{R_i\}$ – множина психологічних особливостей учня, які встановлені в ході різностороннього аналізу результатів психофізичного дослідження (багато-параметричний аналіз даних, контент-аналіз, інтелектуальний аналіз); $H = \{H_r\}$ – множина встановлених характеристики наукованості особи, виявлених в ході аналізу результатів навчання особи (багатопараметричний аналіз даних, контент-аналіз, інтелектуальний аналіз); Q – множина доступних методів контролю знань з підібраними персональними ваговими коефіцієнтами; O – встановлена множина критеріїв оптимізації; Al – множина алгоритмів та методів дослідження особливостей проходження етапів контролю знань.

До засобів аналізу результатів інклюзивного навчання – персоналізованої траєкторії ІН – доцільно використовувати методи та засоби математичної лінгвістики [147]. Їх застосування для аналізу текстових компонент персоналізованої траєкторії дасть змогу оцінювати різні за розміром тексти, засобами лінгвометрії [24] встановлювати не лише автора тексту, але й проводити моніторинг росту словникового запасу особи з особливими потребами.

3.6. Алгоритм вибору додаткових навчальних заходів

Для встановлення додаткових заходів навчання – як складової етапу формування персональної навчальної траєкторії – розроблено алгоритм, що враховує місце проживання особи, її психологічні особливості, зацікавлення, транспортні особливості закладів додаткового навчання, фінансову спроможність батьків тощо.

Кількість змінних такої задачі залежить від кількості закладів додаткового навчання, які розглядаються. Корисність кожного такого закладу визначається на основі експертної оцінки таких закладів учасниками інклюзивного навчання. Обмеженнями для такої задачі є час, затрачуваний на відвідування таких закладів (включно з часом на те, щоб дістатись закладу) та вартість занять (з урахуванням транспортних витрат). Отриманні у результаті значення інтерпретуватимемо як пропозицію відвідувати (значення змінної =1) або не відвідувати (значення змінної =0) заклад додаткового навчання.

До встановлення показників корисності кожного закладу додаткового навчання доцільно залучити учасників ІН (рис. 3.12). Для формального позначення показників корисності закладів додаткового навчання використано такі позначення: E1 – відповідність нозології, E2 – педагогічна майстерність фахівця додаткового навчання, E3 – архітектурна доступність закладу, E4 – зручність транспортного сполучення, E5 – приязність колективу, E6 – корисність додаткового навчання, E7 – уподобання особи з особливими потребами.

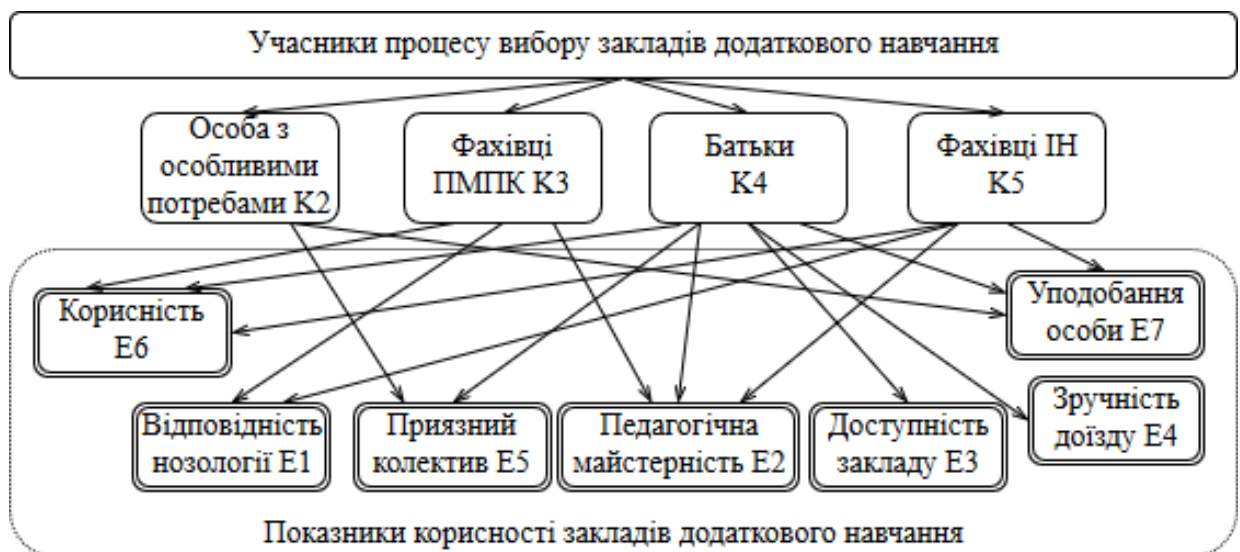


Рисунок 3.12. Концептуальна схема врахування показників корисності закладів додаткового навчання

Для оцінювання показників корисності використано лінгвістичну шкалу, якій у відповідність поставлено число на інтервалі [0;1] (табл. 3.1).

Згідно запропонованої концептуальної схеми врахування показників корисності закладів додаткового навчання, коефіцієнти корисності обчислюють

як функцію, що залежить від оцінок експертами показників корисності усіх архітектурно доступних закладів.

Таблиця 3.1. Оцінка зв'язків між лінгвістичними оцінками корисності

Лінгвістичний опис	Чисельне значення	Лінгвістичний опис	Чисельне значення
Немає	0	Помірна користь	0,5; 0,6
Дуже мала користь	0,1; 0,2	Велика користь	0,7; 0,8
Мала користь	0,3; 0,4	Дуже вел. користь	0,9; 1,0

Тоді алгоритм вибору додаткових навчальних заходів складається з наступних кроків (діаграма діяльності на рис. 3.13).

Крок 1. Оцінити схильності, особи з допомогою опитування учасників інклюзивного навчання $c^*=(c^*_1, \dots, c^*_{p^*})$ та із використанням засобів аналізу даних – результатів психофізичного діагностування $c^{**}=(c^{**}_1, \dots, c^{**}_{p^{**}})$.

Крок 2. Для особи, що проживає за певною адресою, обирається мережа доступних закладів навчання в межах міста, $x=(x_1, \dots, x_n)$, де n – їх загальна кількість.

Крок 3. Встановити показники архітектурної доступності закладів додаткового навчання x у залежності від нозології особи r та встановлених схильностей c^*, c^{**} : $Ar(x, r, c^*, c^{**})=(Ar_1, \dots, Ar_n)$, $Ar_i=\{0,1\}$, $Ar_i = \begin{cases} 1, \text{ якщо заклад архітектурно доступний для даної нозології} \\ 0, \text{ якщо заклад архітектурно недоступний для даної нозології} \end{cases}$.

Крок 4. З доступних закладів додаткового навчання обрати ті, які відповідають схильностям особи, її нозології, є архітектурно доступними, $x^*=(x_i \text{ з } x \mid Ar_i=1)$, $x^*=(x^*_j)$, $j=1, \dots, zakl$, $zakl$ – кількість архітектурно доступних закладів.

Крок 5. Отримати оцінки експертів щодо показників корисності закладів додаткового навчання $E=(E_{ij}^K)$, де елемент E_{ij}^K означає оцінку корисності, запропоновану K -им експертом ($K=1, \dots, eksp$, exp – кількість залучених експертів), щодо закладу додаткового навчання j ($j=1, \dots, zakl$) за показником i ($i=1, \dots, param$, $param$ – кількість параметрів оцінювання).

Крок 6. Формуємо комплексну оцінку корисності кожного закладу x^*_j на основі експертної оцінки учасниками інклюзивного навчання, $e=(e_1, \dots,$

e_{zakl}). Складовими такої комплексної оцінки є коефіцієнти корисності, які обчислюємо як функцію G , що залежить від оцінок експертами показників корисності усіх архітектурно доступних закладів: $e_i = G(E, param, eksp)$.

Крок 7. Встановлюємо умови:

Крок 7.1. У залежності від доступних батькам транспортних засобів знаходимо та тривалості проведення занять знаходимо загальну тривалість відвідування a_{1i} кожного закладу додаткового навчання.

Крок 7.2. Знаходимо загальну вартість відвідування a_{2i} кожного додаткового закладу навчання.

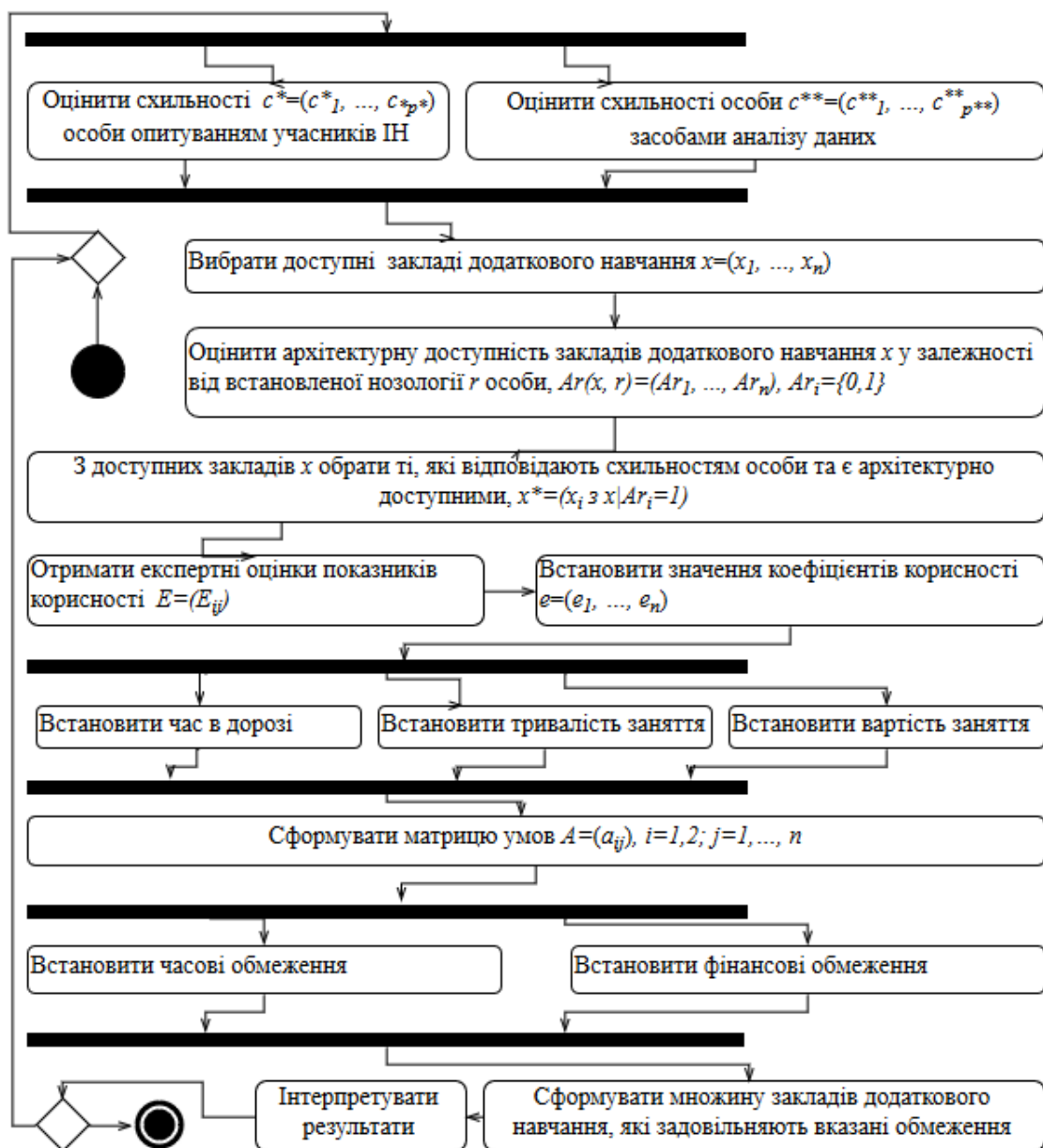


Рисунок 3.13. Діаграма діяльності процесу вибору додаткових навчальних закладів

Крок 7.3. Формуємо матрицю умов: $A=(a_{ij}), i=1,2; j=1, \dots, zakl.$

Крок 7.4. Встановлюємо припустимі витрати – часові та фінансові – на відвідування додаткових навчальних закладів.

Крок 8. Формуємо пропозицію закладів додаткового навчання для особи з дотриманням усіх поставлених вимог та обмежень.

Крок 9. Інтерпретуємо отримані результати та формуємо пропозиції для батьків щодо вибору закладів додаткового навчання. Якщо множину найкращих закладів обрано – кінець, в іншому випадку – перейти на Крок 1.

Як приклад сформулюємо та розв'яжемо таку задачу. Дано множину шести закладів додаткового навчання $x^*=(x^*_1, \dots, x^*_6)$. Отримано експертні оцінки $E=(E_{ij}^K)$ корисності кожного із закладів за сімома параметрами, встановлено коефіцієнти корисності $e=(0.7, 1, 0.2, 1, 0.4, 0.3)$. Визначимо матрицю умов: $A=\begin{pmatrix} 1.5 & 2.0 & 1.5 & 2.5 & 1.8 & 1 \\ 50 & 450 & 300 & 600 & 50 & 30 \end{pmatrix}$. Встановлюємо обмеження:

витрати часу – не більше 2,6 год, витрати фінансові – не більше 600 грн. Для даної задачі реалізацію Кроку 8 доцільно здійснити шляхом розв'язування задачі булевого програмування, яку розв'яжемо методом гілок та границь (рис. 3.14). За результатами розв'язування сформуємо пропозицію щодо додаткових закладів навчання: x_1, x_6 або x_2 або x_4 .

3.7. Висновки до Розділу 3

Урахування принципів роботи психолого-медико-педагогічних консультацій та відповідної документації дало змогу розробити концептуальну схему бази даних результатів психофізичного діагностування. Розроблено модель сховища даних комплексної оцінки психофізичного розвитку особи на основі характеристик розроблено бази даних. Аналіз даних сховища комплексної оцінки психофізичного розвитку особи уможливило аналіз даних за результатами роботи ПМПК.

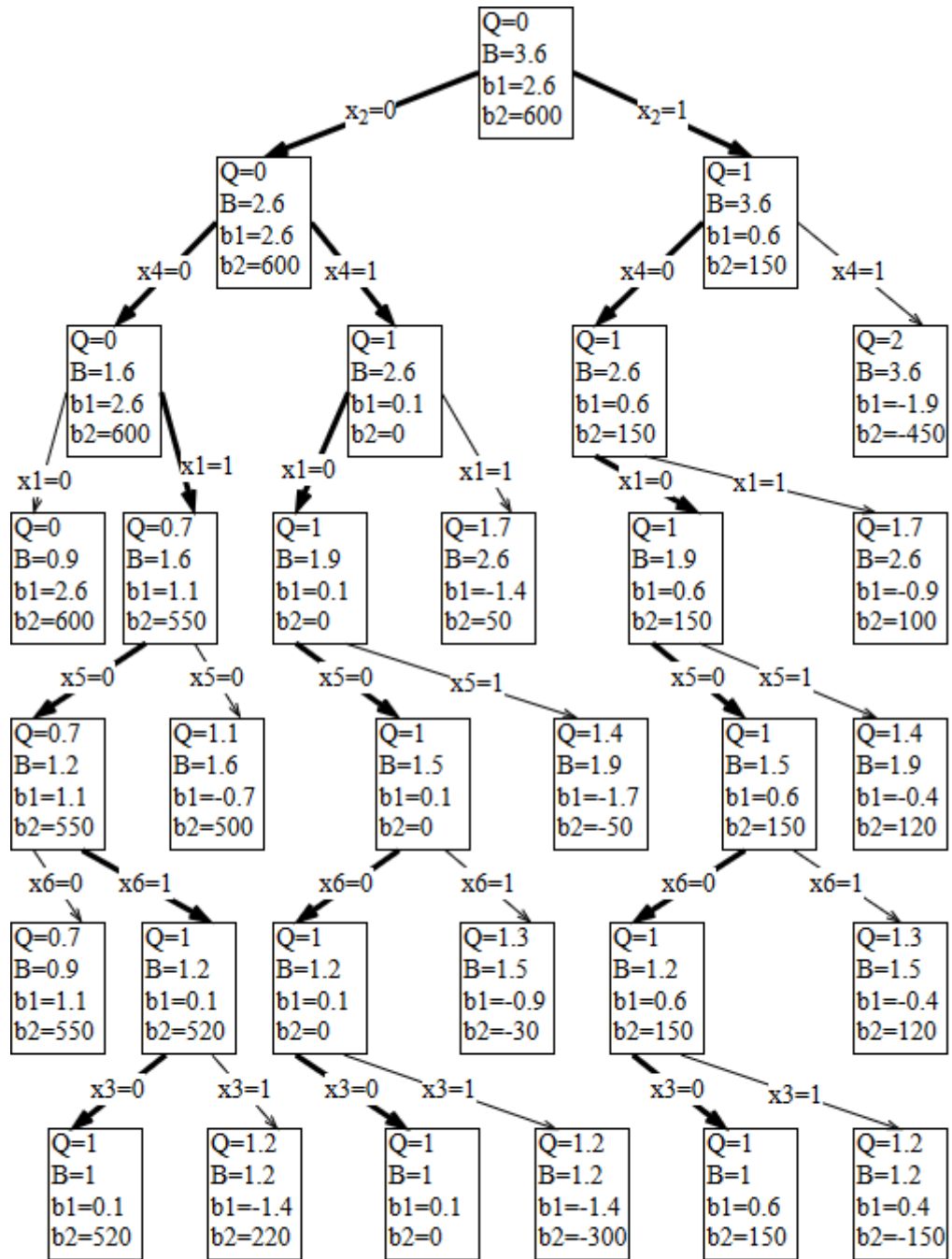
Реалізація процесу інклюзивного навчання безпосередньо пов'язана з накопиченням великих обсягів даних. Можливість організації та подання даних у розрізі різних аналітичних завдань свідчить про доцільність застосування технологій OLAP для супроводу інклюзивного навчання. Це

дасть змогу досліджувати опрацьовані дані з метою оцінювання психофізичного розвитку особи та здійснювати аналіз соціального поступу особи з особливими потребами на ґрунті накопичених даних педагогічного, медичного та психологічного діагностування.

Розроблений метод встановлення формату навчання особи передбачає накопичення результатів психофізичного діагностування особи фахівцями ПМПК. Такі дані потребують попереднього опрацювання (анонімізація, форматування, структурування, опрацювання неповноти, дискретизування). Для обраної множини атрибутів прийняття рішення застосовуються методи інтелектуального аналізу даних, результати необхідно оцінити та інтерпретувати, на основі чого прийняти рішення про найкращий формат навчання особи.

Поширення методик аналізу текстів на текстові та мовленнєві інформаційні продукти особи з особливими потребами покликане враховувати та оцінювати більш повно не лише психологічні особливості особи, але й особливості характеристик її навчання. Врахування особливостей особи дасть змогу більш персоналізовано розробляти індивідуальні навчальні плани, варіювати методики подання матеріалу, способи та методи навчання, об'єктивніше оцінювати результати навчання та більш ефективно формувати індивідуальну навчальну траєкторію учня. Використання сучасних інформаційних технологій для контент-аналізу текстових та мовленнєвих результатів психофізичного діагностування особи дає змогу прискорити та удосконалити таке діагностування. Такі технології є додатковим ефективним інструментом супроводу особистісно-орієнтованого навчання. Це, своєю чергою, уможливить формування цілісної системи управління в освітній галузі, яка забезпечуватиме процес навчання осіб з особливими потребами як однієї із сутнісних ланок вітчизняної освітньої мережі.

Для розширення переліку навчальних заходів розроблено алгоритм, що дає змогу враховувати місце проживання особи, її психологічні особливості, зацікавлення, транспортні особливості закладів додаткового навчання, фінансову спроможність батьків тощо. Для розв'язання такої задачі зручно формулювати її у вигляді задачі булевого програмування.



P-к1: $x_2=0; x_4=0; x_1=1; x_5=0; x_6=1; x_3=0$
 P-к2: $x_2=1; x_4=0; x_1=0; x_5=0; x_6=0; x_3=0$
 P-к3: $x_2=0; x_4=1; x_1=0; x_5=0; x_6=0; x_3=0$

Рисунок 3.14. Застосування методу гілок та границь для розв'язування задачі булевого програмування для встановлення закладів додаткового навчання особи з особливими потребами

РОЗДІЛ 4. АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ В ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ

4.1. Вимоги до програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Сучасне розуміння індивідуалізації навчання полягає у пристосуванні навчальних впливів до індивідуально-психологічних особливостей кожного учня, створенні сприятливих умов для розвитку спеціальних здібностей і можливостей учнів, врахуванні індивідуальних особливостей осіб, що навчаються [155, 156]. Організація індивідуального навчання є складним завданням, і застосування сучасних інформаційних технологій на кожному з етапів його реалізації дає змогу спростити, оптимізувати, прискорити та підтримати цей процес. Особливо важливим є розроблення такої системи інформаційно-технологічного супроводу особистісно-орієнтованого навчання, яка б враховувала специфічні потреби осіб з особливими потребами.

4.1.1. Вимоги до програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Аналіз процесу інклюзивного навчання дав змогу встановити мету використання системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання учасниками такого процесу (табл. 4.1) [8, 157, 158].

Програмна система інформаційно-технологічного супроводу ІН покликана уможливити врахування індивідуальних особливостей психофізичного розвитку осіб та задовольняти їх потреби у ході формування індивідуальних навчальних планів, підвищуючи ефективність освітнього процесу, оптимізуючи канали збору інформації, автоматизуючи контроль результатів навчання, здійснюючи аналіз освітніх результатів, автоматизуючи та удосконалюючи планування навчального процесу.

Вимоги до функціонування системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання подано за допомогою UML-діаграм використання (прецедентів). Вимоги доцільно сформулювати поетапно –

блоками для кожного з етапів інклюзивного навчання у залежності від учасників етапу. Розглянемо чотири блоки вимог – «Особливості психофізичного розвитку», «Персоналізована мета навчання», «Індивідуальна освітня траєкторія», «Аналіз навчальної траєкторії».

Табл.4.1 Мета використання системи ІТ супроводу учасниками ІН

Учасник ІН	Мета використання системи ІТ супроводу ІН
особа з освітніми потребами	виявлення особливостей психофізичного розвитку
особа з особливими потребами	актуалізації індивідуальних даних, для моніторингу власної навчальної траєкторії, формування перехідних навчальних планів, формування звітів про освітню траєкторію на вимогу викладачів ВНЗ, роботодавців та інших зацікавлених осіб
фахівці ПМПК	накопичення даних психофізичного діагностування, аналізу накопичених даних, для моніторингу психологічних та медичних аспектів соціалізації особи в ході інклюзивного навчання
батьки особи з особливими потребами	моніторингу освітнього, психологічного та корекційного поступу особи, як ланку взаємодії з фахівцями інклюзивного навчання, спеціалістами ПМПК
педагоги масових шкіл, їх помічники	розроблення індивідуального навчального плану особи з особливими потребами, для моніторингу та аналізу освітньої траєкторії особи, для формування перехідних навчальних планів
психологи та медики навчальних закладів	внесення основних оцінок індивідуального спостереження за процесом соціалізації особи з особливими потребами, а також для фіксування корекційного розвитку особи
фахівці додаткових освітніх закладів	внесення додаткових оцінок індивідуального спостереження за процесом соціалізації особи з особливими потребами
аналітик	аналіз даних для виявлення прихованих залежностей з метою удосконалення ІТ супроводу процесу ІН

4.1.2. Специфікація блоку вимог «Особливості психофізичного розвитку»

Дослідження процесу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами у масових навчальних закладах дало змогу встановити функціональні вимоги до системи програмного забезпечення ІТ-супроводу такого навчання [6]. У блоці «Особливості психофізичного розвитку» декларуємо вимоги формування рекомендації щодо формату навчання для особи з особливими потребами. Особі, що потребує встановлення особливостей

формату навчання, з допомогою фахівця ПМПК накопичуються дані психофізичного діагностування. Фахівець ПМПК накопичує результати відповідних досліджень, консолідує дані від спеціалістів ПМПК та зовнішніх фахівців, до яких зверталась особа, та вносить ці дані у систему. Збережені у системі дані переносяться у сховище даних. Дані у сховищі є комплексною оцінкою психофізичного розвитку особи, і накопичуються у форматі, що відповідає вимогам методів інтелектуального аналізу. Аналіз комплексної оцінки психофізичного розвитку особи дає можливість встановити особливості психофізичного розвитку та сформулювати рекомендацію щодо формату подальшого навчання. Такі рекомендації отримує фахівець ПМПК та доводить їх до відома особи, що проходила дослідження. Прийняття рішення щодо формату навчання, згідно сучасних правових норм України, здійснюється особою чи її батьками. На рис. 4.1 подано діаграму використання блоку «Особливості психофізичного розвитку» програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

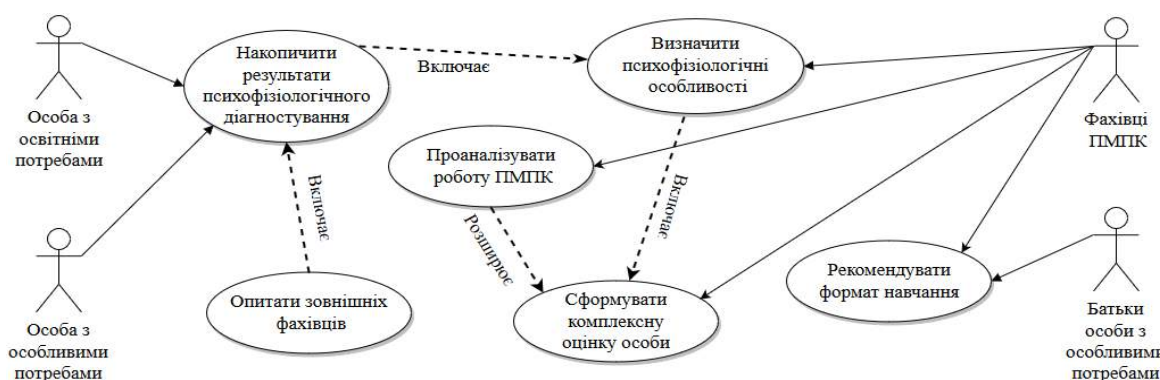


Рисунок 4.1. Діаграма використання для блоку вимог «Особливості психофізичного розвитку»

4.1.3. Специфікація блоку вимог «Персоналізована мета навчання»

У процесі використання системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання в частині блоку «Персоналізований навчальний план» встановлюється мета навчання особи (регламентована Типовими навчальними планами) та формуються рекомендації щодо параметрів персональної корекційної складової – залежно від потреб особи, встановлених у комплексній оцінці психофізичного розвитку особи. На рис.

4.2 подано діаграму використання блоку «Персоналізована мета навчання» системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

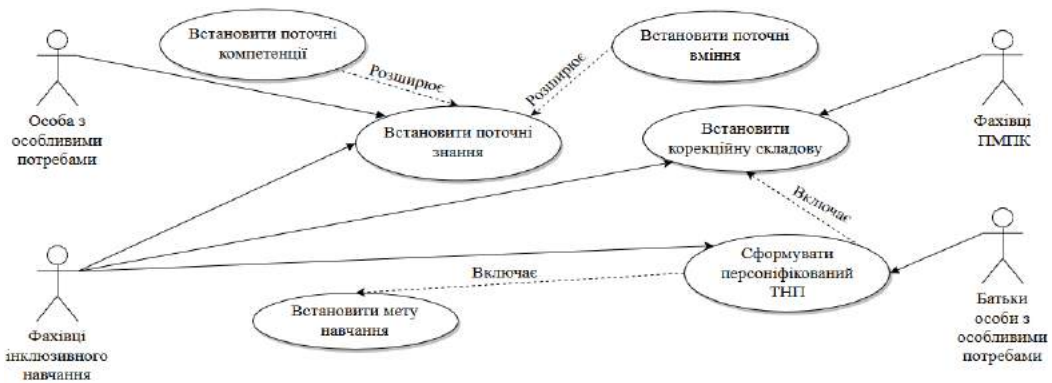


Рисунок 4.2. Діаграма використання блоку вимог «Персоналізована мета навчання»

4.1.4. Специфікація блоку вимог «Індивідуальна освітня траєкторія»

У процесі використання системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання в частині блоку «Індивідуальна освітня траєкторія» розробляється множина індивідуальних навчальних планів за освітніми дисциплінами. Для формування кожного з навчальних планів під час консолідації складових, докладніше описаних у моделі інклюзивного навчання (етап формування індивідуальної навчальної траєкторії) враховуються особливості особи, що навчатиметься, які було встановлено під час аналізу психофізичного діагностування особи. Такі індивідуальні навчальні плани, інтегровані з планом додаткового навчання, формують індивідуальну освітню траєкторію. На рис. 4.3 подано діаграму використання блоку «Індивідуальна освітня траєкторія» системи інформаційно-технологічного супроводу ІН.



Рисунок 4.3. Діаграма використання блоку вимог «Індивідуальна освітня траєкторія»

4.1.5. Специфікація блоку вимог «Аналіз навчальної траєкторії»

У процесі використання системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання в частині блоку «Аналіз навчальної траєкторії» здійснюється аналіз академічних та корекційних результатів навчання, визначається соціальний поступ особи з особливими потребами, а також здійснюється дослідження навчальної траєкторії для встановлення закономірностей та персональних особливостей навчання особи. На рис. 4.4 подано діаграму використання блоку «Аналіз освітньої траєкторії» системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.



Рисунок 4.4. Діаграма використання блоку вимог «Аналіз освітньої траєкторії»

4.2. Архітектура програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання

Архітектура програмної системи відображена за допомогою архітектурного шаблону MVC (Model-View-Controller) (рис. 4.5). Використання такого шаблону дало змогу розбити програмну систему інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання на три окремі взаємопов'язані частини, між якими розподілені функції системи. Таке розмежування уможливорює відокремлення інтерфейсу користувача від даних та зменшує взаємний вплив змін кожної з компонент.

У архітектурі програмної системи ІТ супроводу ІН рівень Відображення містить користувачів системи та клієнтські програми, через які користувачі

працюють з даними моделі. Це клієнтські програми супроводу психофізичного діагностування, встановлення психофізичного розвитку, встановлення та накопичення поточних знань, аналізу діяльності ПМПК тощо, а також клієнтська програма для роботи аналітика – фахівця аналізу даних.

Рівень Контролер відповідає за керування компонентами, передаючи дані у модель. На такому рівні розташовані системи консолідації мети навчання та встановлення особливостей психофізичного розвитку, планування навчальної траєкторії тощо. Також окремі компоненти цього рівня містять «службові» бази даних, наприклад, система консолідації даних через модуль встановлення мети навчання пов'язана із базою даних освітніх нормативів, які регулюються на рівні держави. Також Система планування навчальної траєкторії містить базу даних компонентів індивідуальних навчальних планів – доступне навчально-методичне забезпечення, матеріально-технічне, кадрове, організаційно-правове та ін.

Рівень Модель відповідає за збереження даних, для програмної системи ІТ супроводу ІН тут розташовані сховище даних та бази даних результатів інклюзивного навчання.

Користувачами програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, окрім учасників інклюзивного навчання, є аналітики – фахівці аналізу даних, що використовують накопичувані у системі результати для виявлення нетривіальних залежностей у даних для потреб фахівців інклюзивного навчання та фахівців ПМПК.

У розробленій архітектурі програмної системи забезпечується охоплення інформаційними технологіями усіх етапів інклюзивного навчання, враховано вимоги його учасників, що уможливило реалізацію розроблених алгоритмів та методу встановлення формату навчання особи з особливими потребами на основі опрацювання результатів психофізичного діагностування.

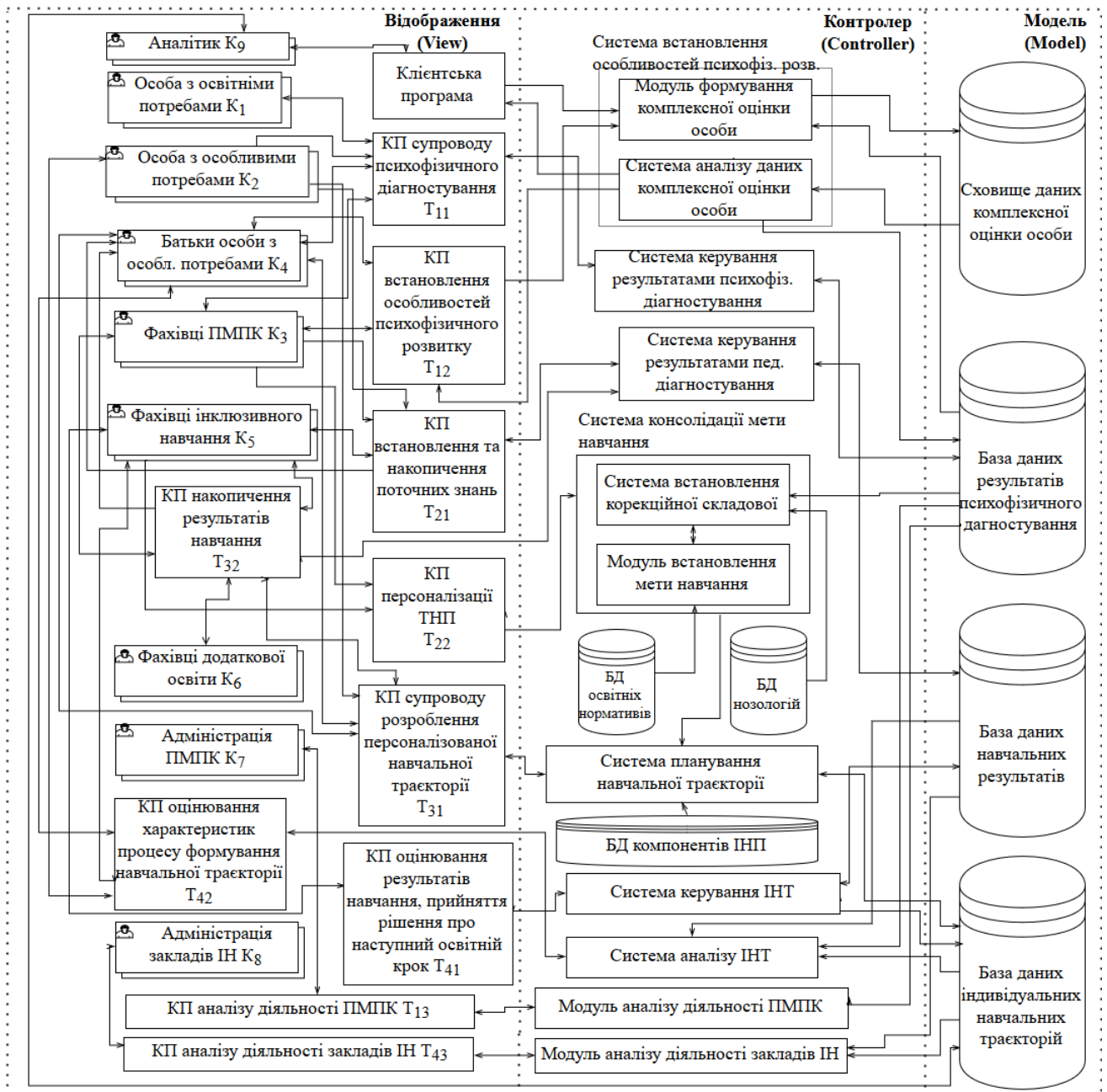


Рисунок 4.5. Архітектура програмної системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання

4.3. Даталогічна модель та схема бази даних результатів психофізичного діагностування ПМПК

На основі інфологічної моделі «Сутність-Зв'язок» бази даних результатів діагностування особи у психолого-медико-педагогічній консультації, розробленої у Розділі 3, сформуємо даталогічну модель такої бази. На рис. 4.6. подано даталогічну модель, розроблену для роботи у СКБД Microsoft Access 2013, яке є зручним завдяки тому, що усі дані та інструментальні засоби роботи з ними зберігаються в єдиному файлі бази даних.

Даталогічна модель містить структурні елементи, елементи даних та зв'язки між ними. Модель містить структури Specialist, Survey, Parents, SurveyResults та Patient.

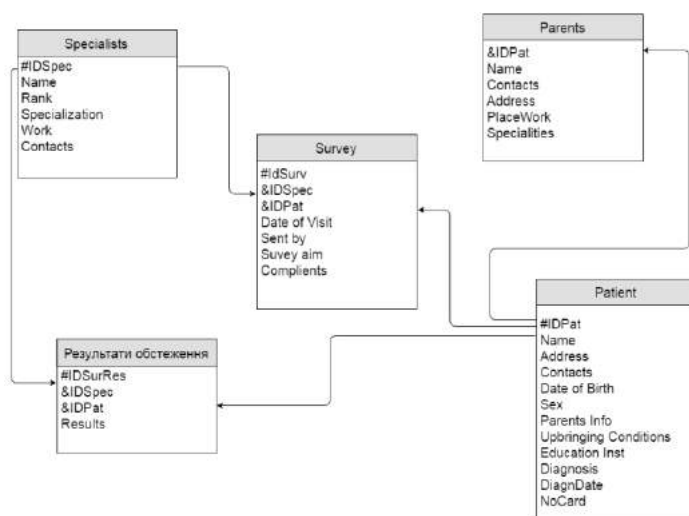


Рисунок 4.6. Даталогічна модель бази даних результатів психофізичного діагностування особи у ПМПК

На основі такої даталогічної моделі спроектовано базу даних результатів психофізичного діагностування особи в ПМПК (рис. 4.7.).

Схема даних містить нормативну таблицю Nozologies, яка зберігає можливі варіанти діагнозу за нозологіями.

Таблицю Address розбито на атомарні елементи включно з вулицею і номером будинку – для

подальшого врахування цієї інформації під час проектування основного та додаткового індивідуального навчального плану. Така детальні інформація буде корисною для формування найкращого шляхи чи сполучення між закладами інклюзивного навчання, щоб особа з особливими потребами мала можливість задовільнити освітні потреби за місцем проживання.

Спроектовано таблиці для збереження інформації про батьків дитини з особливими потребами – для наступного використання для інтелектуального аналізу даних з метою виявлення прихованих залежностей у даних.

У таблиці Visit є можливість, серед іншого, зазначити дату візиту, осіб, присутніх під час відвідування ПМПК.

Таблиця HealthAndDevelopment містить основні результати діагностування у ПМПК. Для збереження діагнозу, який встановлюють психіатр, педагог, педіатр, логопед та психолог ПМПК сформовано окремі таблиці, що пов'язані із HealthAndDevelopment зв'язком 1:1.

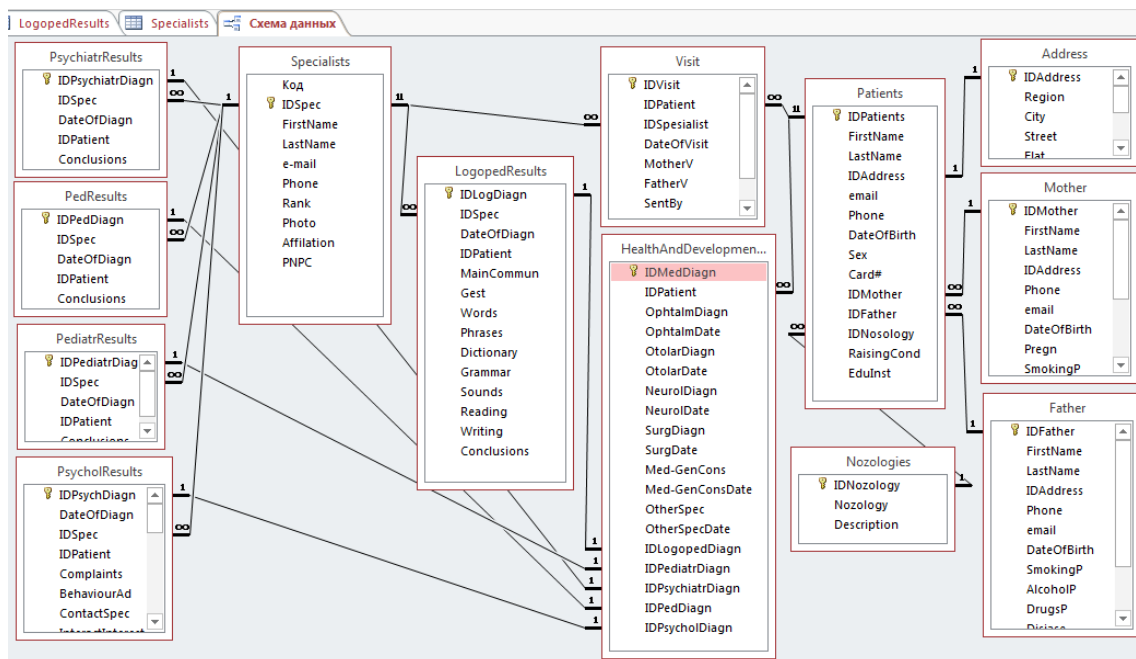


Рисунок 4.7. Схема бази даних результатів психофізичного діагностування особи у ПМПК

Таблиці, що містять інформацію про діагностування особи кожним із фахівців, розроблено із використанням внутрішньої документації ПМПК. Так, у таблиці LogopedResult (крім кодів фахівця, пацієнта) містяться також текстові поля для опису загальної характеристики спілкування, словникового запасу особи, яку діагностують, особливостей граматичної будови мовлення, вимови та розпізнавання звуків. Також таблиця містить логічні поля, які мають можливість позначити тип спілкування особи – жестами, окремим словами, фразами (рис. 4.8).

Використовуючи таким чином спроектовану базу даних результатів психофізичного діагностування особи у ПМПК, фахівці такої установи мають змогу отримати такі переваги:

- автоматизувати роботу фахівців ПМПК;
- полегшити накопичення та аналіз медичних, педагогічних, психологічних даних;
- розширити можливості накопичення даних від батьків особи з особливими потребами;

- удосконалити процес супроводу та моніторингу розвитку особи, що має особливі потреби;
- досліджувати дані на предмет виявлення прихованих залежностей та нетривіальних закономірностей із використанням різноманітних технологій видобування знань [155, 159];
- спрощення трансферу даних між установами інклюзивного навчання – ПМПК, школами, ВУЗами додатковими навчальними установами тощо.

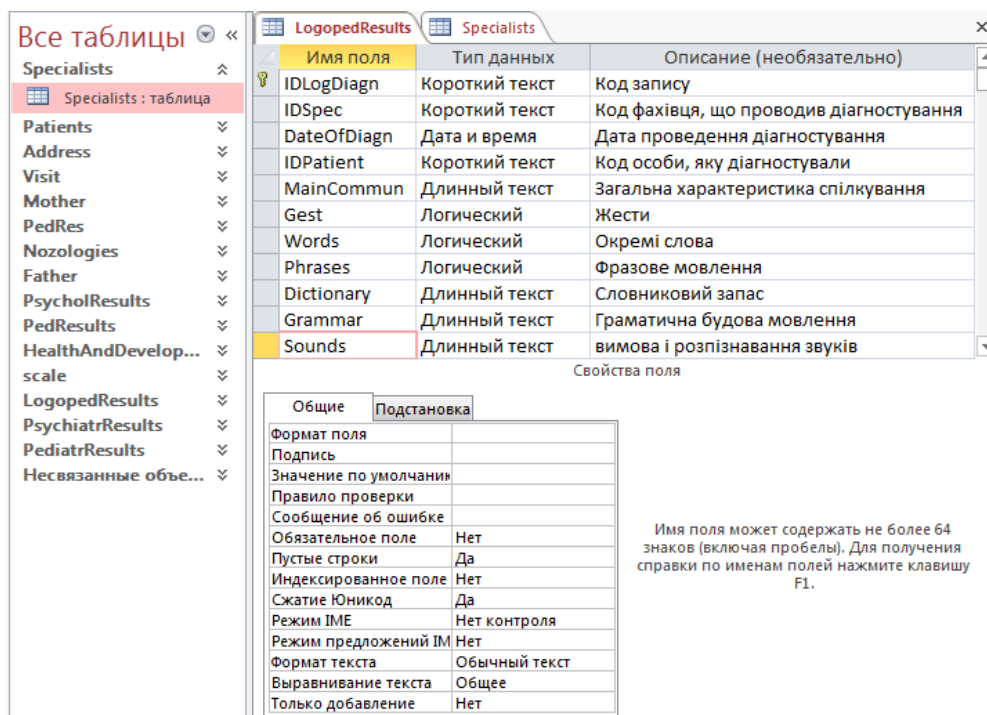


Рисунок 4.8. Режим конструктора таблиці LogopedResult

Для адміністрації ПМПК з'являється можливість більш повно аналізувати особливості функціонування такої установи та її працівників.

4.4. Реалізація алгоритмів аналізу даних

4.4.1. Алгоритм багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних показників моделі

Архітектуру програмної системи розроблено з урахуванням алгоритму багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних показників моделі (скорочено БАДВП, рис. 4.9) програмно реалізовано у комп'ютерній програмі «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ГК» [39], розробленій для

використання в ОС Windows 98 і вище (мінімальні системні вимоги для функціонування: процесор 450 МГц Intel Pentium або сумісний, оперативна пам'ять 128 кБ, дисковий простір 2МБ, розмір екрану дисплея 800x600 точок, про що є Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір (№45273 від 21.08.2012, у співавторстві).

Алгоритм багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних

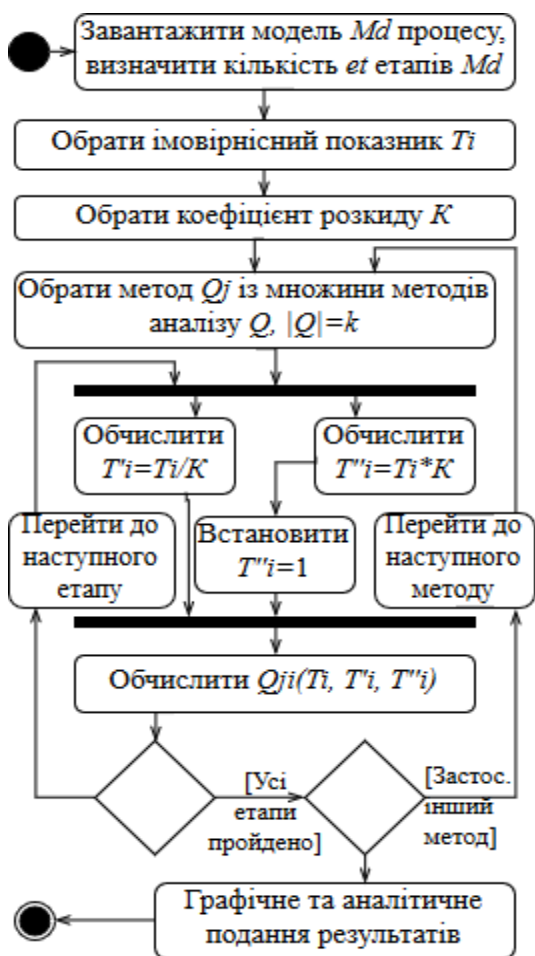


Рисунок 4. 9. Діаграма діяльності процесу аналізу даних (алгоритм БАДВП)

показників моделі доцільно використовувати під час розв'язання задачі встановлення методів організації навчання, а саме вибору такого компромісного набору контрольних заходів, які б давали можливість об'єктивно оцінити навчальні досягнення особи та відповідали особливостям її психофізичного розвитку. Алгоритм дає можливість провести аналіз можливих варіантів реалізації певного набору контрольних заходів, вхідні дані для аналізу формують з допомогою експертних оцінок: педагоги інклюзивного навчання та помічники педагога оцінюють міри можливості оцінити певні компетенції особи під час кожного з типів контрольних заходів. На основі

проведених оцінок формується модель – варіант дослідження, яка є вхідним набором даних для роботи програмного комплексу [39]. Дослідник обирає налаштування програмного комплексу (методи дослідження – покрокової оптимізації, “золотого січення”, Хука-Дживса та їх параметри). Аналіз такого набору даних за алгоритмом БАДВП полягає у знаходженні значень показників кількості відповідних контрольних заходів, які б забезпечували

краще значення показника корисного ефекту, наприклад, рівня відповідності психофізичному розвитку особи, часовим затратам на проведення таких контрольних заходів тощо. Знайдені із використанням обраних методів значення порівнюються (для більшої зручності дослідника – візуально) із набором стандартних (звичних) контрольних заходів (Рис. 4.10). На рисунку стовпці для глибини контролю рівній одиниці вказують на кількість стандартних контрольних заходів, глибина контролю тут – відносний показник. Результати дослідження фахівець може використати як рекомендацію для адаптування організації процесу навчання особи з особливими потребами.

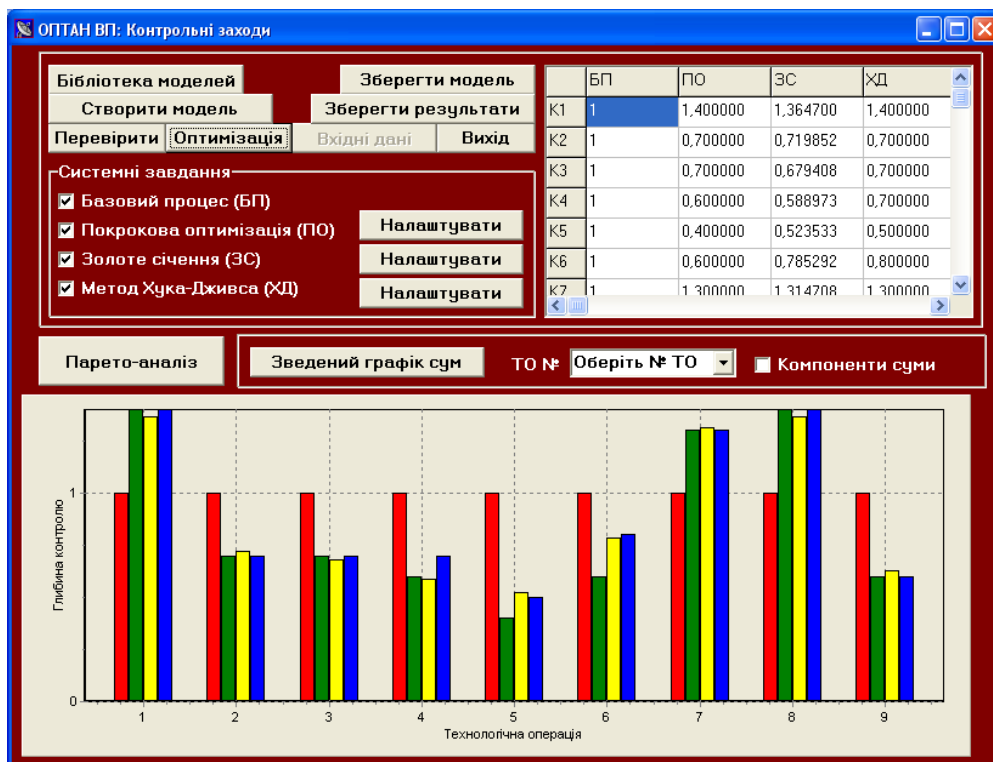


Рисунок 4.10. Результати реалізації алгоритму БАДВПІ

4.4.2. Алгоритм аналізу області значень

Алгоритм аналізу області значень за критеріями за умови варіації імовірнісних показників моделі та фіксованих значеннях параметрів попереднього кроку (рис. 4.16а) програмно реалізовані у програмному комплексі «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ВП» [40] (розробленій для використання в ОС Windows 98 і вище (мінімальні системні вимоги для

функціонування: процесор 450 МГц Intel Pentium або сумісний, оперативна пам'ять 128 кБ, дисковий простір 2МБ, розмір екрану дисплея 800x600 точок), про що є Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Алгоритм аналізу області значень за критеріями за умови варіації імовірнісних показників моделі та фіксованих значеннях параметрів попереднього кроку доцільно використовувати для подання розв'язування задачі дослідження парадигми контрольних заходів для встановлення наборів контрольних заходів, які відповідають особливостям психофізичного розвитку особи із чисельним поданням результатів (рис. 4.11). На основі встановлених експертами оцінок формується модель – варіант дослідження, яка є вхідним набором даних для роботи програмного комплексу [40]. Аналіз такого набору даних полягає у формуванні множини наборів досліджуваного параметра, наприклад, міри можливості оцінити певні компетенції особи під час кожного контрольного заходу певного типу. Для дослідження фахівцеві пропонується обрати параметр моделі, вказати коефіцієнт розкиду цього параметра. Значення досліджуваного параметра буде збільшене та зменшене в задану кількість разів та обчислене значення сумарного показника. У разі, якщо досліджуваним параметром обрано імовірнісний показник, існує можливість появи значень, більших за одиницю, в такому випадку значення параметра присвоюють наближеним до 1. Чисельні результати відображають значення сумарної характеристики для етапів досліджуваної моделі.

На рисунку 4.13а подано вікно програми з результатами застосування алгоритму аналізу області оптимальності за критеріями за умови варіації імовірнісних показників витрат ресурсів та фіксованих значеннях параметрів попереднього кроку для розкиду 2 досліджуваного показника.

4.4.3. Алгоритм аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множину розв'язків

Алгоритм аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множину розв'язків за Парето (рис. 4.12) програмно реалізовані у програмному комплексі «Автоматизована система моделювання, дослідження та

оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ВП» [40]. Такий алгоритм є зручним для використання розв'язування задачі дослідження парадигми контрольних заходів для встановлення наборів контрольних заходів, які відповідають особливостям психофізичного розвитку особи, умовам ефективності оцінювання компетенцій особи та обмеженням на час чи інші ресурси із графічним аналізом розв'язків, зображених на Парето-області. Вхідний набір даних для роботи алгоритму формується на основі встановлених експертами оцінок.

Обчислені згідно налаштувань процесу дослідження міри можливості оцінити компетенції особи та сумарних витрат на проведення контрольного заходу такого типу візуалізуються як точка відповідної Парето-області. Задаючи межі – допустимі рівні міри можливості оцінити компетенції особи та сумарних витрат, можемо виділити ті варіанти наборів контрольних заходів, які гарантують потрібний рівень врахування особливостей психофізичного розвитку особи при проведенні контрольних заходів при допустимих рівнях витрат. На рисунку 4.13б подано вікно програми з результатами застосування алгоритму аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множині розв'язків за Парето, реалізованого для моделювання процесу аналізу ресурсних витрат на підготовку та проведення контрольних заходів різними методами у порівнянні із сумарною характеристикою їх ефективності з огляду на встановлені персональні характеристики особи.

4.4.4. Аналіз статистичних властивостей коду програмного забезпечення

Комп'ютерна програма «ОПТАН ВП» [40] є до певної міри удосконаленням «ОПТАН ГК» [39], «ОПТАН ВП» успадкувала (з удосконаленням) частину класів, що виконували основні обчислення, процедури вводу та виводу даних були розширені для виведення результатів різноманітних досліджень, які не підтримувала КП «ОПТАН ГК» тощо. Тому для опису функціонального призначення модулів програм «ОПТАН ГК» та «ОПТАН ВП», у яких реалізовані досліджувані алгоритми, відберемо ті модулі, які

здіянні у реалізації алгоритмів, і подамо опис лише частини функціоналу таких модулів, значущий для реалізації досліджуваних алгоритмів.

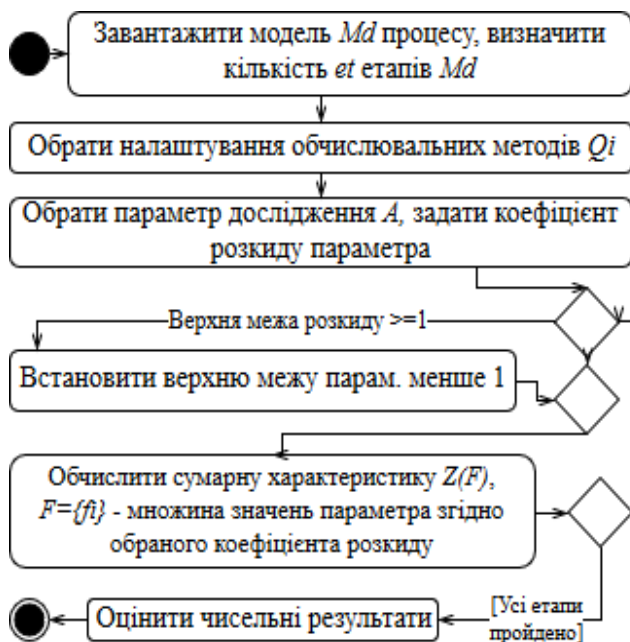


Рисунок 4.11. Діаграма діяльності процесу дослідження області значень

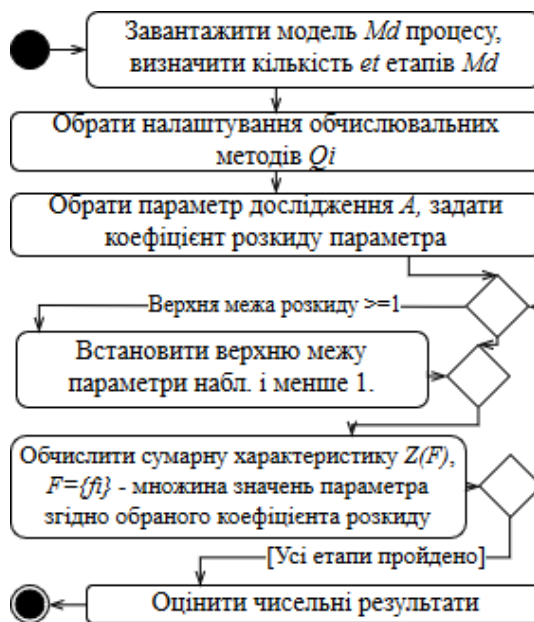


Рисунок 4.12. Діаграма діяльності процесу дослідження впливу імовірнісних показників моделі на множину розв'язків

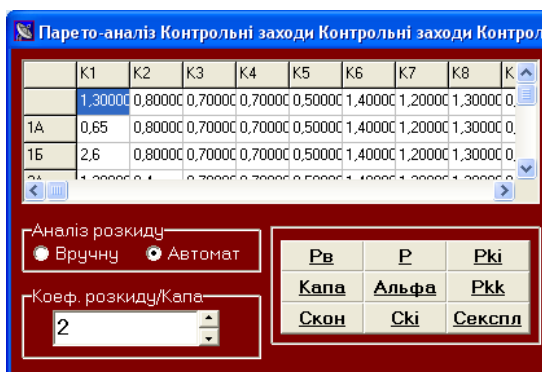


Рисунок 4.13а. Результати реалізації алгоритму дослідження області значень



Рисунок 4.13б. Результати реалізації алгоритму аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множину розв'язків

Для опису функціональних особливостей та статистичних властивостей коду підпрограм, що реалізують ці алгоритми, введено такі позначення:

- Алгоритм 1 – алгоритм багатокритеріального аналізу даних для варіації імовірнісних показників моделі, реалізований у КП «ОПТАН ГК», подано діаграмою діяльності у п. 4.4.1.

• Алгоритм 2 – алгоритм аналізу області значень за критеріями за умови варіації імовірнісних показників моделі та фіксованих значеннях параметрів попереднього кроку, реалізований у КП «ОПТАН ВП», подано діаграмою діяльності у п. 4.4.3.

• Алгоритм 3 – алгоритм аналізу впливу імовірнісних показників моделі на множину розв’язків за Парето, реалізований у КП «ОПТАН ВП», подано діаграмою діяльності у п. 4.4.2.

Функціональне призначення основних модулів КП «ОПТАН ГК» та КП «ОПТАН ВП» наведено у таблиці табл. 4.2.

Для встановлення властивостей коду розробленого програмного забезпечення оцінимо деякі його властивості, мірою яких є метрики програмного забезпечення [160]. Такі метрики зручно використати для оцінення коду, яким було реалізовано відповідні алгоритми. З цією метою використаємо програмне забезпечення SourceMonitor (<http://www.campwoodsw.com/sourcemonitor.html>), розроблене та розміщене у вільному доступі у 2014 році для проведення досліджень статистичних параметрів кодів програмного забезпечення, розробленого мовами програмування C++, C, C#, VB.NET, Java, Delphi, Visual Basic. Розробники використали означення метрики як виміру кількості (також відсоток, середнє або максимальне значення) появ конструкції мови програмування у вихідному файлі, або в сукупності для всіх вихідних файлів програмного продукту, кількості рядків у ньому або у найглибшому блоці.

Для встановлення значень метрик для компонентів комп’ютерних програм «ОПТАН ГК» та «ОПТАН ВП», у SourceMonitor необхідно вказати мову програмування, завантажити файли з кодом програми та обрати налаштування файлу з результуючими метриками. Серед доступних метрик у SourceMonitor для мови програмування Delphi, якою було реалізовано комп’ютерні програми «ОПТАН ГК» та «ОПТАН ВП», оберемо наступні.

- **Рядок (Lines):** кількість рядків коду.
- **Класи (Classes):** кількість класів, оголошених у частині опису файлу.

Таблиця 4.2. Функціональне призначення основних модулів системи

<i>Модуль</i>	<i>Основні функції</i>	<i>Алгоритм 1</i>	<i>Алгоритм 2</i>	<i>Алгоритм 3</i>
Unit1.pas	Виконання основних обчислень за методами оптимізації	+	+/-	+/-
Unit2.pas	Завантаження та валідація моделей, збереження моделей	+	+/-	+/-
Unit3.pas	Створення нових моделей процесів	-	+	+
Unit4.pas	Опрацювання імовірнісних показників моделі процесу	+/-	+	+
Unit6.pas	Опрацювання витратних показників моделі процесу	+	+	+
Unit8.pas	Збереження результатів у вигляді таблиць, графіків, моделей	-	+	+
Unit9.pas	Налаштування параметрів методів оптимізації	+	-	-
Unit10.pas	Візуалізація результатів	-	+/-	+
HUKDZYVS.pas	Багатопараметрична оптимізація	+	-	-

- **Команда (Statements):** кількість команд, розділені символом «;», включно з «if», «for», «repeat...until» та інші.
- **Відсоток рядків з коментарями (Percent Lines with Comments):** відношення кількості рядків, що містять коментарі типу {...} або (*...) або //... до загальної кількості рядків коду.
- **Глобальні підпрограми (Global Subroutines):** кількість глобально визначених процедур та функцій.
- **Глобальні змінні (Global Variables):** кількість глобально визначених змінних.
- **Методів на клас, в середньому (Average Methods per Class):** середня кількість методів на клас.
- **Команд на метод, в середньому (Average Statements per Method):** відношення загальної кількості команд у всіх методах до кількості методів.
- **Змінних на клас, в середньому (Average Variables per Class):** середня кількість змінних на клас.

- **Максимальна складність підпрограми (Complexity of Most Complex Subroutine):** обчислюється наближено, метрику запропонував Steve McConnell у 1993 [161]. Складність метрики збільшується на одиницю для кожної операції в підпрограмі – «if», «else», «for», «for each», «while», «break», «goto» тощо.
- **Команд на підпрограму, в середньому (Average Statements per Subroutine):** відношення загальної кількості команд у всіх підпрограмах до кількості підпрограм.
- **Максимальна глибина блоку (Maximum Block Depth):** максимальний рівень глибини вкладення, визначається за кількістю команд «if», «case» та «while».
- **Середня глибина блоку (Average Block Depth):** відношення глибини блоків до кількості блоків.
- **Середня складність (Average Complexity):** відношення складності кожного методу до кількості методів.

Для дослідження параметрів коду, яким реалізовано відповідний алгоритм, з основного коду відповідної КП вибрано ту множину підпрограм, які реалізують вказаний алгоритм, а також включають завантаження моделі з бібліотеки, валідизацію моделі, налаштування параметрів методів, проведення необхідних обчислень, візуалізацію результатів та їх збереження. Отримані значення метрики для КП порівнювались із отриманими значеннями для кожного з алгоритмів. На рис. 4.14а, 4.14б подано вікно програми SourceMonitor зі знайденими значеннями метрик для коду ПК «ОПРАН-ГК» та Алгоритму 1.

На рис. 4.15 та подано вікно програми SourceMonitor, де у вигляді пелюсткової діаграми порівнюють значення обчислених метрик для коду реалізації Алгоритму 1 (КП «ОПТАН ГК») та стандартних значень (визначені розробниками SourceMonitor, на діаграмі подано темнішою заливкою).

З рис. 4.15а робимо висновок про те, що код програмної реалізації Алгоритму 1 виходить за межі, встановлені SourceMonitor, у частині складності методів (37 проти межі 2-24), кількості змінних на клас (38 проти межі 2-20),

середньої складності (5,54 проти межі 2,0-4,0). Такі відмінності можуть бути пояснені складністю математичних моделей, використаних у Алгоритмі 1.

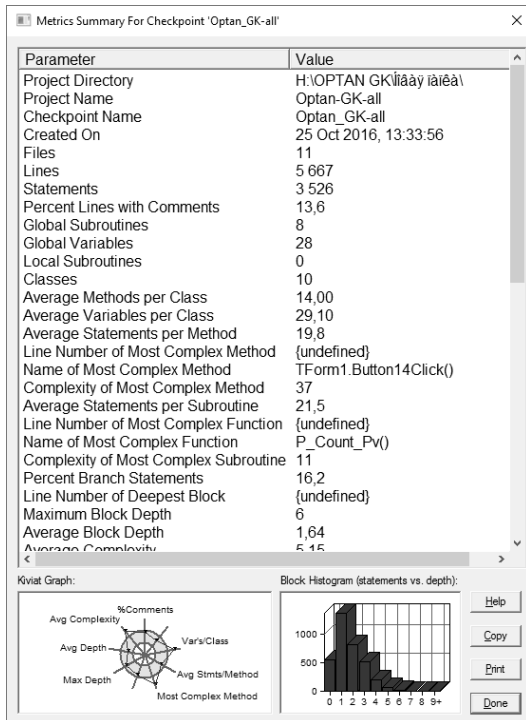


Рисунок 4.14а. Вікно програми статистичного аналізу коду КП «ОПТАН ГК»

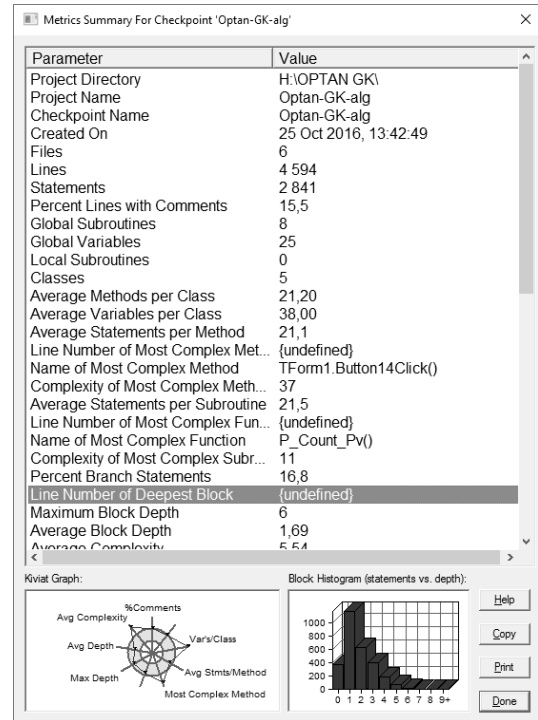


Рисунок 4.14б. Вікно програми статистичного аналізу коду Алгоритму 1 (КП «ОПТАН ГК»)

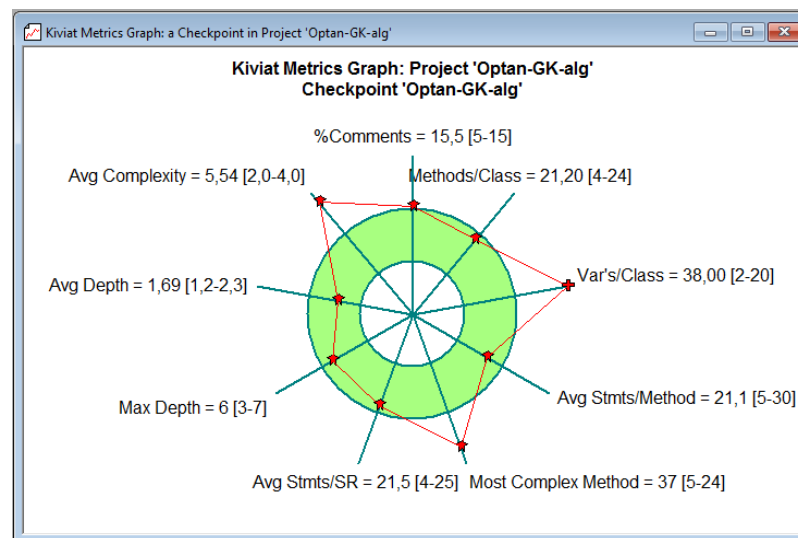


Рисунок 4.15а. Пелюсткова діаграма порівняння значень метрики для Алгоритму 1 (КП «ОПТАН ГК»)

Аналогічні порівняння проведено для коду програми, яким реалізовано Алгоритм 2 та Алгоритм 3 (КП «ОПТАН ВП»), рис. 4.15б, рис. 4.15в.

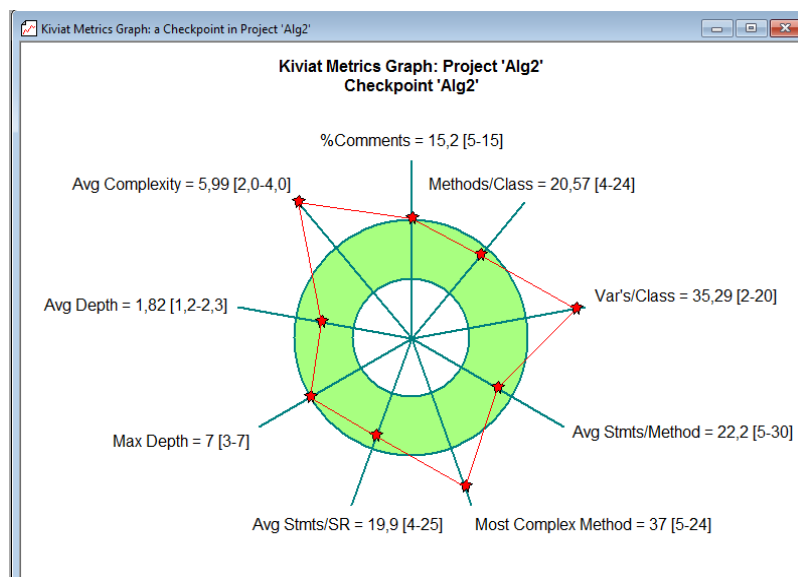


Рисунок 4.15б. Пелюсткова діаграма порівняння значень метрики для Алгоритму 2 (КП «ОПТАН ВП»)

З рис. 4.15б робимо висновок про те, що код програмної реалізації Алгоритму 2 виходить за межі, запропоновані SourceMonitor, у частині кількості змінних на клас (35,29 проти межі 2-20), складності методів (37 проти межі 5-24), середньої складності (5,99 проти межі 2,0-4,0), і також незначно перевищено часту коментарів (на 0,2%). Такі відмінності можуть бути пояснені особливостями математичного забезпечення «ОПТАН ВП» та Алгоритму 1, зокрема.

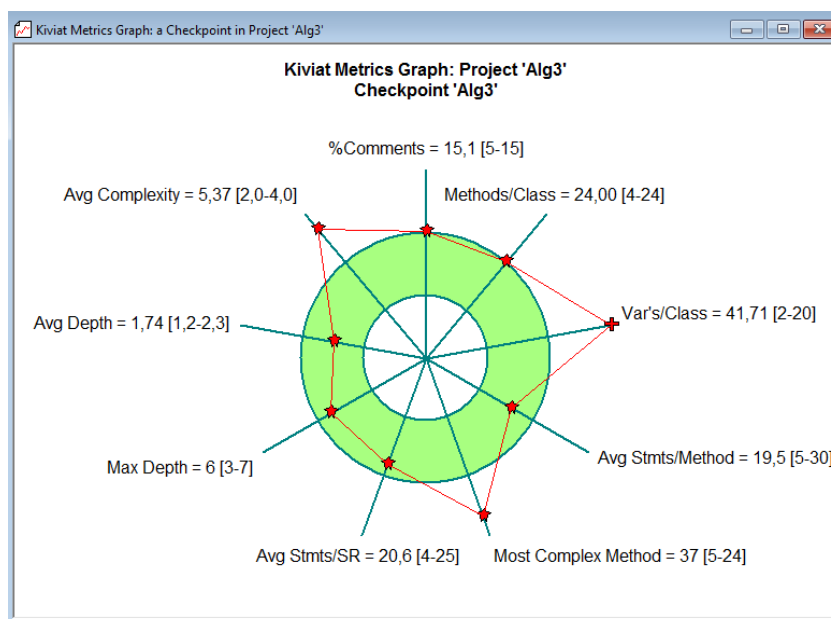


Рисунок 4.15в. Пелюсткова діаграма порівняння значень метрики для Алгоритму 1 (КП «ОПТАН ГК»)

З рис. 4.15в робимо висновок про те, що код програмної реалізації Алгоритму 3 виходить за межі, запропоновані SourceMonitor, у частині кількості змінних на клас (41,71 проти межі 2-20), складності методів (37 проти межі 5-24), середньої складності (5,37 проти межі 2,0-4,0), і також незначно перевищено часту коментарів (на 0,1%). Такі відмінності можуть бути пояснені особливостями математичного забезпечення «ОПТАН ВП» та Алгоритму 3, зокрема.

Зведені результати порівняння метрик програмної реалізації відповідних алгоритмів, що дають змогу порівняти показники оцінки об'єму коду, внесено у таблицю 4.3, для метрик Файли, Рядки, Команда, Глобальні підпрограми, Глобальні змінні та Класи їх значення співвіднесено зі значеннями метрики комп'ютерних програм, у яких алгоритми реалізовано.

Таблиця 4.3. Величини метрик досліджуваних кодів КП та їх компонентів

Метрики	Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 3	Стандарт SourceMonitor
Файли	6	7	6	
Рядки	4 594	6 227	6514	
Команда	2 841	3 870	4060	
Глобальні підпрограми	8	10	9	
Глобальні змінні	25	23	26	
Класи	5	7	7	
Рядків з коментарями, %	15,5	15,2	15,1	5-15
Методів на клас, в середньому	21,20	20,57	24,00	4-24
Змінних на клас, в середньому	38,00	35,29	41,71	2-20
Команд на метод, в середньому	21,1	22,2	19,5	5-30
Максимальна складність методу	37	37	37	5-24
Команд на підпрограму, в середньому	21,5	19,9	20,6	4-25
Максимальна глибина блоку	6	7	6	3-7
Середня глибина блоку	1,69	1,82	1,74	1,2-2,3
Середня складність	5,54	5,99	5,37	2,0-4,0

З результатів, поданих на рис. 4.16 робимо висновок, що виконання кожного з аналізованих алгоритмів потребує залучення понад 75 відсотків коду та понад 66 відсотків команд основної КП, близько половини класів, реалізованих у основному коді.

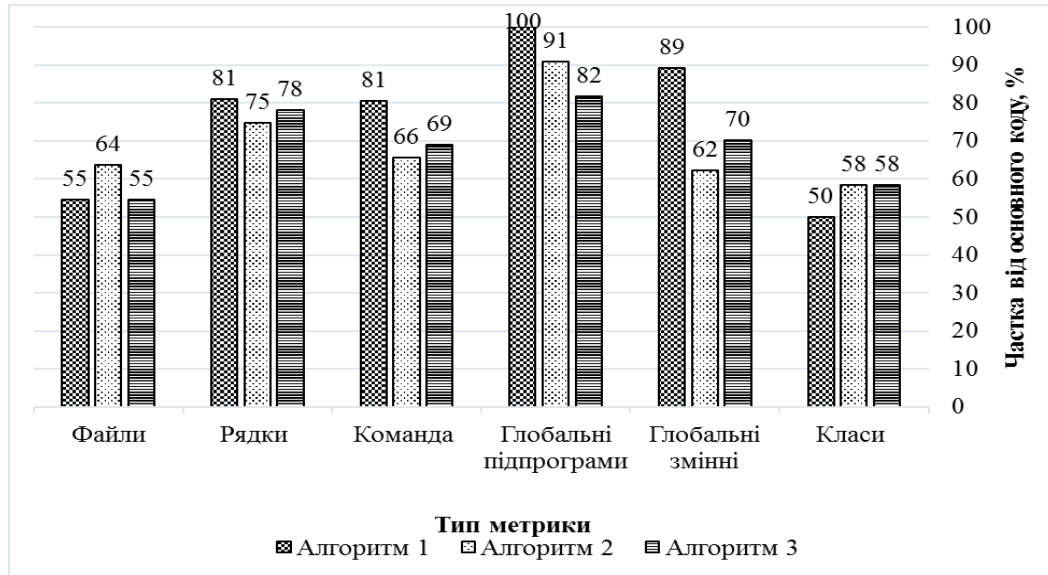


Рисунок 4.16. Порівняння значень метрики для досліджуваних алгоритмів (у відсотках від значень метрики для КП, у яких їх реалізовано).

На рис. 4.17 подано графічне порівняння значень метрик для досліджуваних Алгоритмів та запропонованих SourceMonitor. Реалізація усіх алгоритмів має показники понад стандарт в частині середньої кількості змінних на клас, а також максимальної складності методу.

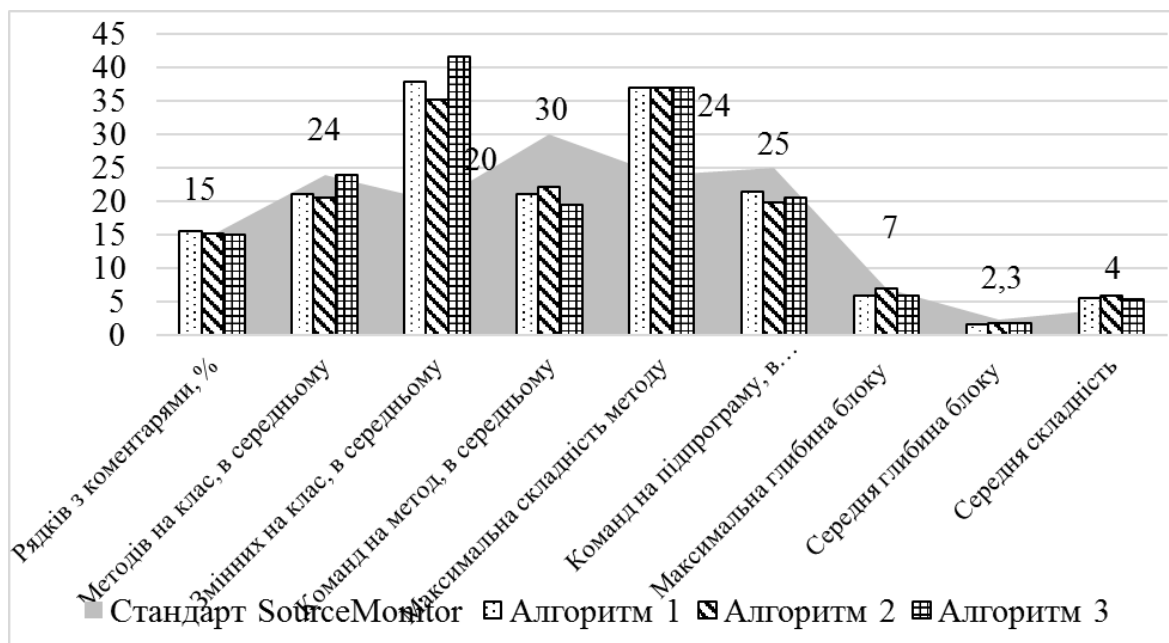


Рисунок 4.17. Порівняння значень метрик програмного коду

На рисунку 4.18 графічно подано результати часових витрат на виконання досліджуваних алгоритмів (у Мс), не включаючи час, протягом якого із моделлю працює оператор комп'ютерної програми, тобто завантажує, створює, верифікує, редагує модель процесу, аналізує чисельні та графічні результати, зберігає модель та отримані результати. Дослідження передбачало знаходження середніх значень тривалості роботи алгоритму на основі проведення 50 виконань для моделей різної розмірності – 5, 6, 9, 14 та 22 кроки. Дослідження виконувалось на процесорі 3400+ 1.81 ГГц, 496 МБ ОП.



Рис. 4.18 Порівняння часових затрат на виконання алгоритмів

Дослідження динаміки зміни часових затрат на виконання алгоритмів дає можливість стверджувати про експоненціальне зростання складності алгоритмів $O(2^n)$.

4.4.5. Алгоритм Джонсона аналізу попередньо опрацьованих даних

У розділі 3 даної роботи розглянуто алгоритм Джонсона для аналізу попередньо опрацьованих даних (підпункт 3.4.3). Сформована у ході попереднього опрацьовання даних таблиця прийняття рішень (складається з 0 та 1) поступає на вхід програми, що реалізує алгоритм Джонсона, в результаті застосування якої отримаємо редукт – набір атрибутів. Головне вікно його програмної реалізації подано на рис. 4.20. На цьому рисунку подано вигляд таблиці прийняття рішень, яка містить 15 атрибутів та 3523 записи, таблицю було проаналізовано алгоритмом Джонсона, внаслідок роботи якого сформовано множину атрибутів редукту з 11 атрибутів вихідної таблиці. Отримані результати свідчать, що атрибутами, які не чинять впливу на прийняття рішення, є атрибути 8, 12, 13 та 14.

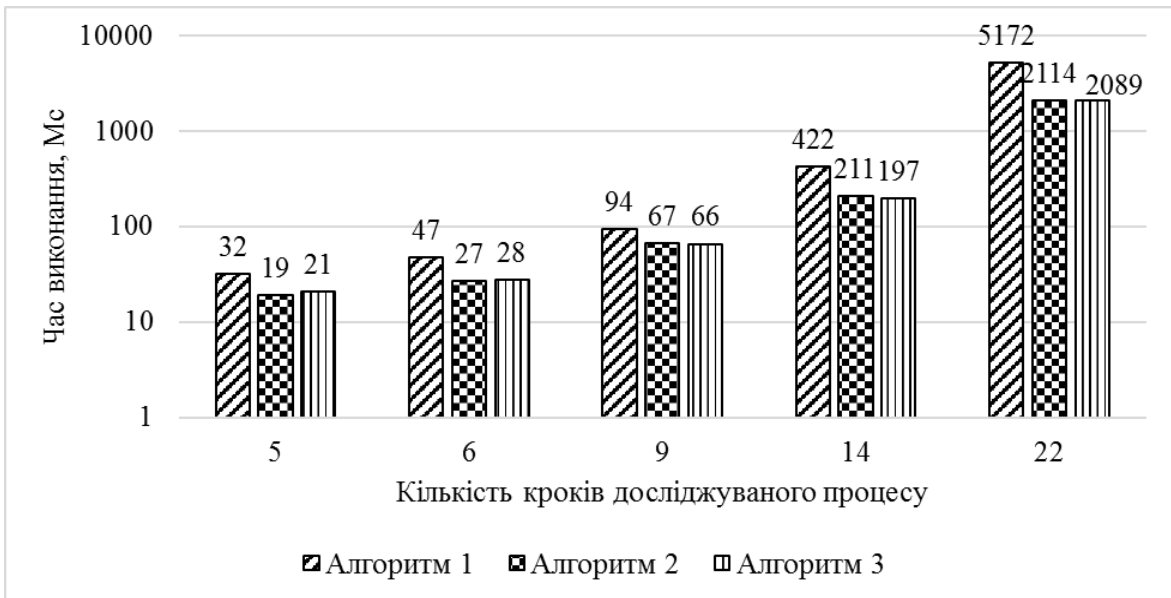


Рисунок 4.19 Порівняння часових затрат на виконання алгоритмів

Оцінимо статистичні параметри коду (рис. 4.20а) програмної реалізації алгоритму Джонсона із використанням програмного продукту SourceMonitor, функції та можливості якого описано вище.

Реалізація такого алгоритму характеризується великим значенням максимальної глибини вкладеного блоку – понад 9, що зумовлене значною кількістю умовних операторів. Інші значення метрик програмної реалізації алгоритму Джонсона подано у Таблиці 4.4.

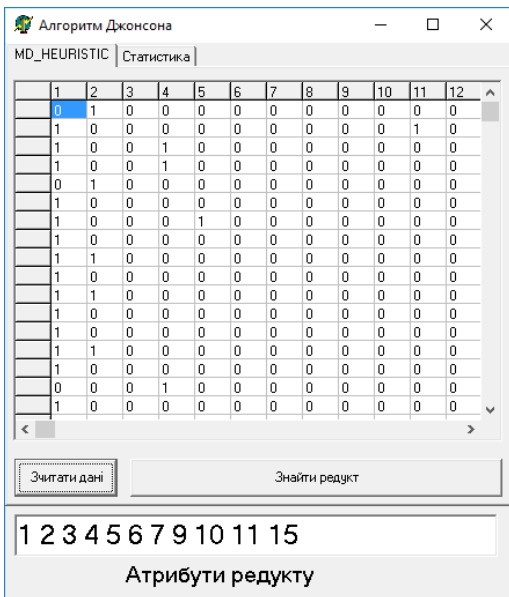


Рисунок 4.20. Вікно програми, що реалізує алгоритм Джонсона

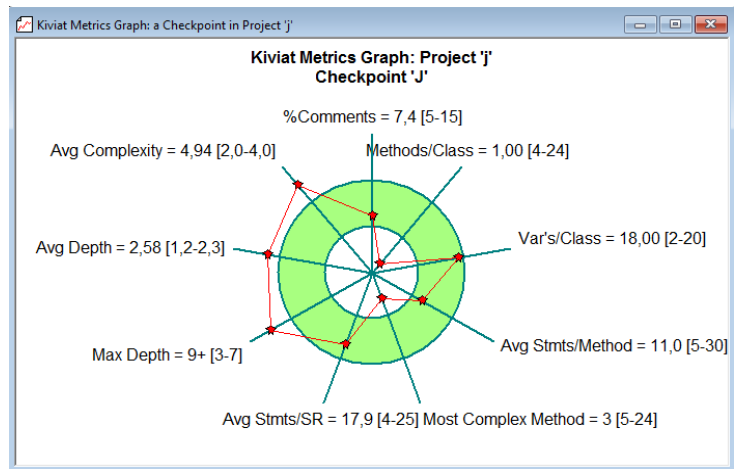


Рисунок 4.20а. Пелюсткова діаграма порівняння значень метрики для програмної реалізації алгоритму Джонсона

Таблиця 4.4. Метрики програмної реалізації алгоритму Джонсона

<i>Метрики</i>	<i>Реалізація алгоритму Джонсона</i>	<i>Стандарт SourceMonitor</i>
Файли	2	
Рядки	564	
Команда	371	
Глобальні підпрограми	13	
Глобальні змінні	2	
Класи	1	
Рядків з коментарями, %	7,4	5-15
Методів на клас, в середньому	1,00	4-24
Змінних на клас, в середньому	18,00	2-20
Команд на метод, в середньому	19,4	5-30
Максимальна складність методу	17	5-24
Команд на підпрограму, в середньому	17,9	4-25
Максимальна глибина блоку	9+	3-7
Середня глибина блоку	2,58	1,2-2,3
Середня складність	4,94	2,0-4,0

Було визначено середню тривалість виконання алгоритму Джонсона (у Мс) з 50 виконань алгоритму: для вихідної таблиці прийняття рішень у 15 атрибутів та 3523 записи – 1160 Мс, 7046 записів – 2344 Мс та 14096 записів – 4734 Мс. Дослідження виконувалось на процесорі 3400+ 1.81 ГГц, 496 МБ ОП.

4.4.6. Оцінювання додаткових навчальних заходів

У розділі 3 даної роботи розглянуто алгоритм вибору додаткових навчальних заходів (підпункт 3.6). Розглянемо програмну реалізацію Кроку 6 цього алгоритму – формування комплексної оцінки корисності кожного доступного закладу на основі експертної оцінки учасниками інклюзивного навчання. На рис. 4.22 подано вікно програми, яке відображає усереднені оцінки експертів щодо корисності запропонованих архітектурно доступних закладів додаткового навчання, обчислені значення коефіцієнтів функції корисності, а також вказані батьками обмеження на допустимі час та вартість таких заходів. Для функції, що виконує такі обчислення, вхідними даними для такої програми є файл, у якому зберігаються оцінки експертів (учасників ІН) параметрів корисності для кожного доступного закладу. Таку функцію реалізовано у середовищі розробки програмного забезпечення Delphi, функція

передбачає збереження завантажених даних у пам'яті комп'ютера у тривимірному масиві, на рис. 4. 21 у матриці відображено усереднені значення за сімома параметрами оцінки експертами відповідних закладів. На наступний крок алгоритму оцінювання додаткових навчальних заходів функція передає вектор коефіцієнтів корисності, двовимірну матрицю умов, значення часових та фінансових обмежень.

Було визначено середню тривалість виконання такої функції (у Мс), яка реалізує Крок 6 алгоритму оцінювання додаткових навчальних заходів з 50 виконань алгоритму: для вихідного файлу даних, що містить 50*50*7 записів – 8 Мс, для вихідного файлу даних, що містить 100*100*7 записів – 39 Мс. Дослідження виконувалось на процесорі 3400+ 1.81 ГГц, 496 МБ ОП.

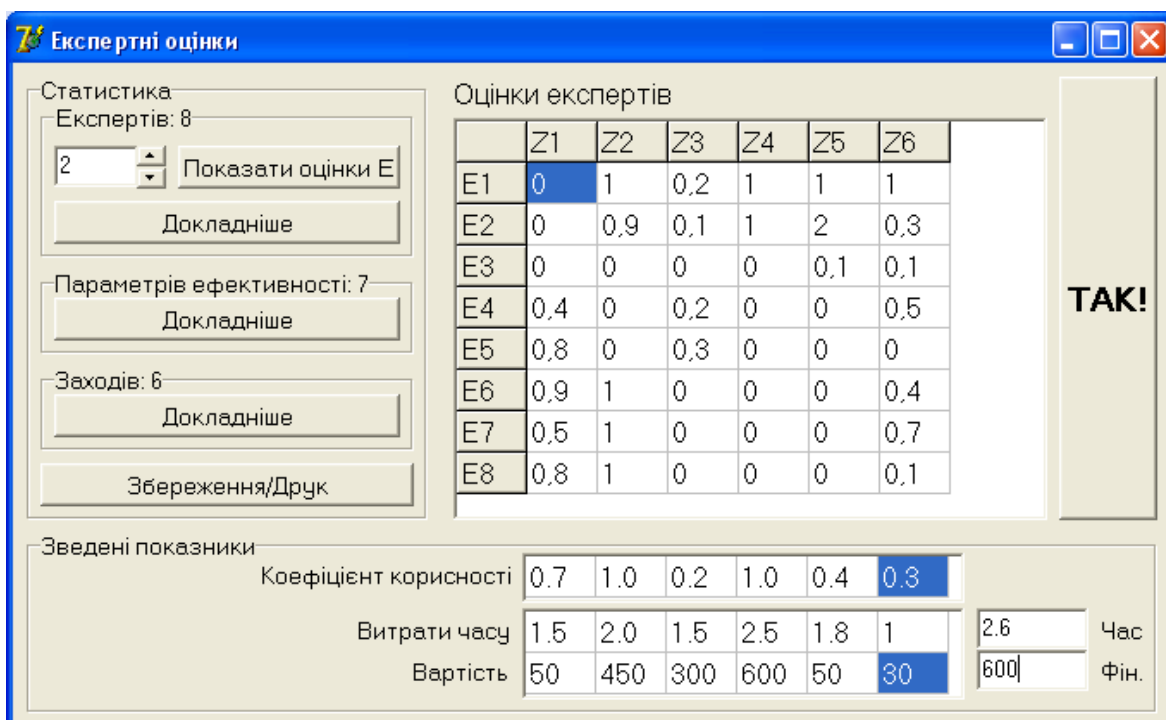


Рисунок 4.21. Вікно програми супроводу процесу вибору додаткових навчальних заходів

4.5. Система ефектів впливу від впровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

Для врахування безпосередніх та опосередкованих ефектів від запровадження інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання було розроблено систему критеріїв оцінювання ефектів такого впливу.

Науково-технічний ефект впровадження системи комплексного супроводу інклюзивного навчання з'являється на етапі розробки та освоєння такої системи, тому виступає своєрідним результатом низки прикладних досліджень, наукових робіт та дослідних проєктів, тобто супроводжується накопиченням та приростом наукової інформації. Науково-технічний ефект впровадження системи комплексного супроводу інклюзивного навчання полягає у підвищенні організаційного рівня виробництва і праці, зростанням кількості науково-технічних публікацій. Ресурсний ефект може бути відображений показниками покращення використання ресурсів, наприклад, зростанням продуктивності праці (або зменшенням трудомісткості). Соціальний ефект впровадження системи комплексного супроводу інклюзивного навчання полягає у покращенні умов праці та зміні кваліфікації фахівців інклюзивного навчання. Основним методом оцінки соціального ефекту є експертний, наприклад, у формі індивідуальної або колективної експертизи кваліфікованими фахівцями різних сфер діяльності, а також соціологічні опитування учасників інклюзивного навчання. Найскладнішою з точки зору методології є оцінювання культурного ефекту від впровадження системи комплексного супроводу інклюзивного навчання. В основу оцінки ефективності розроблення та застосування комплексної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання необхідно покласти комплексний підхід, який ґрунтується на врахуванні ресурсних, науково-технічних, економічних, культурних та соціальних показників.

З метою оцінки ефективності впровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання визначимо низку чинників, які зазнають вдосконалення. Умовно назвемо їх ефектами від впровадження такої системи. Слід зазначити, що супровід інклюзивного навчання характеризується недостатністю інформації щодо динаміки процесів та має значну кількість взаємопов'язаних чинників. Для визначення напрямку та сили впливу ефективність впроваджуваного ІТ супроводу ІН використовуємо

когнітивне моделювання, що дає змогу проаналізувати логіку взаємозв'язків та розвитку подій у випадку великої кількості взаємозалежних факторів [162-168].

На основі аналізу процесу інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання із застосуванням PEST-аналізу (Policy – політика; Economy – економіка; Society – суспільство; Technology – технологія [169]) сформовано множину факторів, що мають безпосередній та опосередкований вплив на розвиток системи супроводу інклюзивного навчання при впровадженні комплексу інформаційних технологій. Своєю чергою, це дало змогу виділити окремі групи ефектів, отримуваних внаслідок впровадження системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання, а саме: науково-технічні ефекти (X), економічні ефекти (W), ресурсні ефекти (R), соціальні ефекти (U) та культурні ефекти (C). Для оцінювання цих груп ефектів було залучено експертів з царини інформаційних технологій, фахівців особистісно-орієнтованого навчання, фахівців інклюзивного навчання, батьків дітей з особливими потребами (рис. 4.22).

На основі встановлених експертами вагових коефіцієнтів побудовано матрицю когнітивні карти ефектів та системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання, та когнітивну карту взаємовпливу інформаційних технологій і складових кожного з ефектів. Когнітивна карта взаємодії «системи» та «ефектів» подається наступним зваженим графом, в якому: вершини відповідають концептам – компонентам системи ІТ-супроводу ІН та ефектам від її впровадження; дуги визначають взаємозв'язки між зазначеними концептами і дають змогу аналізувати причинно-наслідкові ланцюжки, що описують траєкторії поширення впливів одного концепту на інші. Когнітивну карту множини ефектів від запровадження інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання подамо у вигляді [170], рис. 2.23:

$$G = \langle V, E \rangle,$$

де $G = \langle V, E \rangle$ – орієнтований граф, у якого V – множина вершин (концептів), вершини $V_i \in V, i = 1, 2, \dots, k$ є компонентами системи; E – множина дуг, $e_{ij} \in E, i, j = 1, 2, \dots, n$ відображають взаємозв'язок між вершинами V_i та V_j . З графом

асоціюється матриця суміжності $\|a_{ij}\|$, елементи якої характеризують вплив концепта x_i на концепт x_j .



Рисунок 4.22. Ефекти від впровадження програмної системи ІТ супроводу ІН

Для оцінювання взаємозв'язків між концептами ситуації застосування системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання обрано лінгвістичну шкалу, якій у відповідність поставлено число на інтервалі $[0; 1]$ (табл. 4.5).

Задамо когнітивну карту множини ефектів від запровадження інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання зваженим графом (рис. 4.25), у якій враховані оцінки експертів щодо сили взаємного

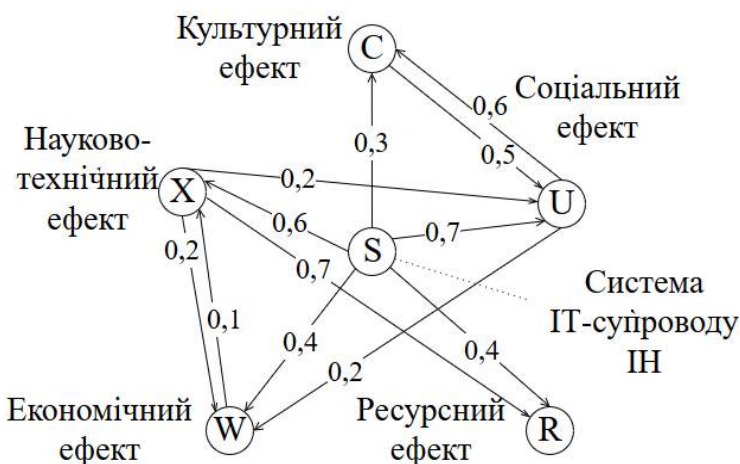


Рисунок 4.23. Когнітивна карта множини ефектів запровадження системи ІТ супроводу ІН

впливу відповідних концептів.

Ефекти впливу від запровадження системи ІТ-супроводу ІН, за результатами SWOT-аналізу та експертної оцінки, декомпоновані та подані множиною наступних складових.

Таблиця 4.5. Оцінка зв'язків між концептами ситуації застосування системи ІТ-супроводу ІН

<i>Лінгвістичний опис</i>	<i>Чисельне значення (a_{ij})</i>	<i>Лінгвістичний опис</i>	<i>Чисельне значення (a_{ij})</i>
Не впливає	0	Помірно впливає	0,5; 0,6
Дуже слабо впливає	0,1; 0,2	Сильно впливає	0,7; 0,8
Слабко впливає	0,3; 0,4	Дуже сильно впливає	0,9; 1,0

Науково-технічний ефект:

- Інформатизація діяльності ПМПК та закладів ІН.
- Прискорення впровадження інформаційних та комунікаційних технологій ІН.
- Підвищення рівня наукової та інноваційної діяльності в ІН.
- Підвищення ефективності роботи адміністрації ПМПК та закладів ІН.
- Підвищення ефективності роботи фахівців ПМПК та ІН.
- Підвищення рівня аналітичного забезпечення у сфері управління інклюзивними навчальними закладами.
- Підвищення рівня фахової підготовки спеціалістів ІН та ПМПК.
- Оптимізація процесу навчання.
- Зростання загального рівня інформатизації суспільства
- Підвищення рівня інформаційного забезпечення наукової та методичної роботи.
- Розширення парадигми даних, досліджуваних у конкретній галузі освіти та медицини.
- Забезпечення диференціації навчання.
- Розширення практики інклюзивного та інтегрованого навчання дітей та молоді, що потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку, в дошкільних, загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах.

Економічний ефект:

- Підвищення ефективності бюджетних витрат на утримання та навчання осіб з особливими потребами.

Ресурсний ефект:

- Вивільнення часу фахівців інклюзивного навчання від виконання рутинних непродуктивних робіт та операцій.
- Сприяння педагогічній творчості.

Соціальний ефект:

- Підвищення відповідальності сім'ї за освіту і виховання дітей.
- Підвищення рівня задоволеності учасників інклюзивного навчання станом медичного та педагогічного обслуговування ІН.
- Підвищення рівня залучення дітей і молоді до здобуття повної загальної середньої освіти.
- Підвищення рівня соціальної адаптованості осіб з особливими потребами.
- Підвищення рівня доступності та безперервності освіти протягом усього життя.
- Підвищення рівня вмотивованості учасників інклюзивного навчання.
- Пропаганда інклюзивного навчання як інноваційної педагогічної моделі.
- Підвищення довіри до закладів інклюзивного навчання та ПМПК.
- Підвищення якості та тривалості життя фахівців ПМПК.
- Підвищення рівня життя осіб з особливими потребами.
- Підвищення ефективності функціонування сфери інклюзивного навчання загалом.

Культурний ефект:

- Сприяння адекватнішому сприйняттю дітей з особливими потребами в соціумі.
- Забезпечення впровадження засад гуманної педагогіки.

У результаті проведеного аналізу множини ефектів впливу від упровадження системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання, експерти виділили їх базові фактори. Розглянемо взаємовпливи базових факторів як концептів на прикладі у декомпонованому поданні впливів *Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект*. Позначення концептів (базових факторів науково-технічного ефекту) подано у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Концепти складових науково-технічного ефекту

Познач.	Зміст концепту
x_1	Інформатизація діяльності ПМПК та закладів ІН
x_2	Прискорення впровадження інформаційних та комунікаційних технологій ІН
x_3	Підвищ. ефективності роботи адміністрації ПМПК та закладів ІН
x_4	Підвищення ефективності роботи фахівців ПМПК та ІН
x_5	Підвищення рівня аналітичного забезпечення у сфері управління інклюзивними навчальними закладами

Систему ІТ-супроводу інклюзивного навчання декомпонуємо за складовими компонентами – відповідними інформаційними технологіями (таблиця 4.7), функції яких задано діаграмою діяльності інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання. Зазначені інформаційні технології вважаємо концептами декомпозиції *Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект*.

Задамо когнітивну карту декомпозиції впливу *Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект* зваженим графом (Рис. 4.24, Таблиця 4.8), враховуючи оцінки експертів щодо сили взаємного впливу концептів. Зауважимо, що у даному дослідженні не враховувались взаємні впливи інформаційних технологій як елементів програмної системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання, тому елементи стовпців $T_1 - T_{10}$ матриці вагових коефіцієнтів покладемо рівними 0.

Для побудованої когнітивної карти декомпозиції *Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект* було проведено імпульсне моделювання можливих сценаріїв розвитку системи.

Імпульс на когнітивних картах в ході теоретичного дослідження відображається впорядкованою послідовністю значень $w_i(n)$, $w_i(n+1)$ у вершині i без прив'язки до часу, яку використовують для інтерпретації результатів обчислювального експерименту [170].

Таблиця 4.7. Концепти системи ІТ-супроводу ІН

Позначення	Зміст концепту
IT_{11}	Накопичення результатів психофізичного діагностування
IT_{12}	Формування комплексної оцінки психофізичного розвитку особи, рекомендація формату навчання
IT_{13}	Аналіз роботи ПМПК
IT_{21}	Встановлення та накопичення поточних знань, вмінь, компетенцій
IT_{22}	Персоналізація Типових навчальних планів
IT_{31}	Планування персоналізованої освітньої траєкторії
IT_{32}	Накопичення результатів навчання за персоналізованою навчальною траєкторією
IT_{41}	Оцінювання академічних, корекційних та соціальних досягнень та оновлення навчальної траєкторії
IT_{42}	Прийняття рішення про наступний освітній крок, оцінювання характеристик процесу формування навчальної траєкторії та їх врахування
IT_{43}	Аналіз роботи фахівців інклюзивного навчання

Моделювання імпульсних процесів відбувається за формулою:

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} P_j(n) + Q_i(n)$$

де $w_i(n)$ – величина імпульсу в вершині i на попередньому такті моделювання (n), $w_i(n+1)$ – величина імпульсу в вершині i в цікавий для дослідника момент ($n+1$); f_{ij} – коефіцієнт перетворення імпульсу, тут $f_{ij}=1$; $P_j(n)$ – значення імпульсу в вершинах, суміжних із вершиною i ; $Q_i(n)$ – вектор збурень і управляючих впливів, що входять у вершину i в момент (n).

Набір реалізацій імпульсних процесів називають «сценарієм розвитку», який відображає можливі тенденції розвитку ситуацій. Проведення обчислювального експерименту шляхом імпульсного моделювання складається з наступних вибору вершин, в які будуть вноситися збурення (впливи), формування комбінації вершин та вибору моментів внесення збурень [170].

Проведемо розбиття концептів декомпозиції Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект на керуючі та цільові концепти. До керуючих концептів відносимо T_{11} , ..., T_{43} – ті, що збурюються удосконаленням

відповідних компонентів системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання, до цільових концептів відносимо ефекти науково-технічного впливу впровадження системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання. Керування відбуватиметься через збурення відповідних вершин когнітивної карти.

План експерименту складається з трьох сценаріїв, реалізованих шляхом збурення однієї, двох та чотирьох вершин керування, результати подано для десяти тактів моделювання. Експеримент реалізовано засобами MS Excel.

Таблиця 4.8. Матриця вагових коефіцієнтів взаємовпливу Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект

	IT_{11}	IT_{12}	IT_{13}	IT_{21}	IT_{22}	IT_{31}	IT_{32}	IT_{41}	IT_{42}	IT_{43}	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
IT_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0,8	0
IT_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0
IT_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,8	0,4	0,7
IT_{21}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,5	0
IT_{22}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0,8	0
IT_{31}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	0,8	0,2	0
IT_{32}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,6	0
IT_{41}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0,4	0,2	0,5
IT_{42}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,7	0,5	0,6
IT_{43}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,4	0,7	0
x_1	0,6	0	0,8	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0,3	0,9	0,4	0,8
x_2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,2	0,6	0	0,1	0,3	0,5	0	0	0	0,4	0
x_3	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0,1	0,8
x_4	0,2	0,4	0	0	0	0	0,1	0,3	0	0	0,4	0	0,3	0	0,3
x_5	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0,6	0,3	0	0,8	0	0

Сценарій 1. Впровадження (удосконалення) інформаційної технології формування комплексної оцінки особи, встановлення особливостей психофізичного розвитку та рекомендації формату навчання особи. Імпульс подаємо у вершину T_3 (табл. 4.9, рис. 4.24). Отримані результати свідчать, що впровадження інформаційних технологій для формування комплексної оцінки особи, встановлення особливостей психофізичного розвитку та рекомендації формату навчання особи буде найбільш ефективним для підвищення ефективності роботи адміністрації закладів інклюзивного навчання та збільшення рівня аналітичного забезпечення для управління такими закладами.

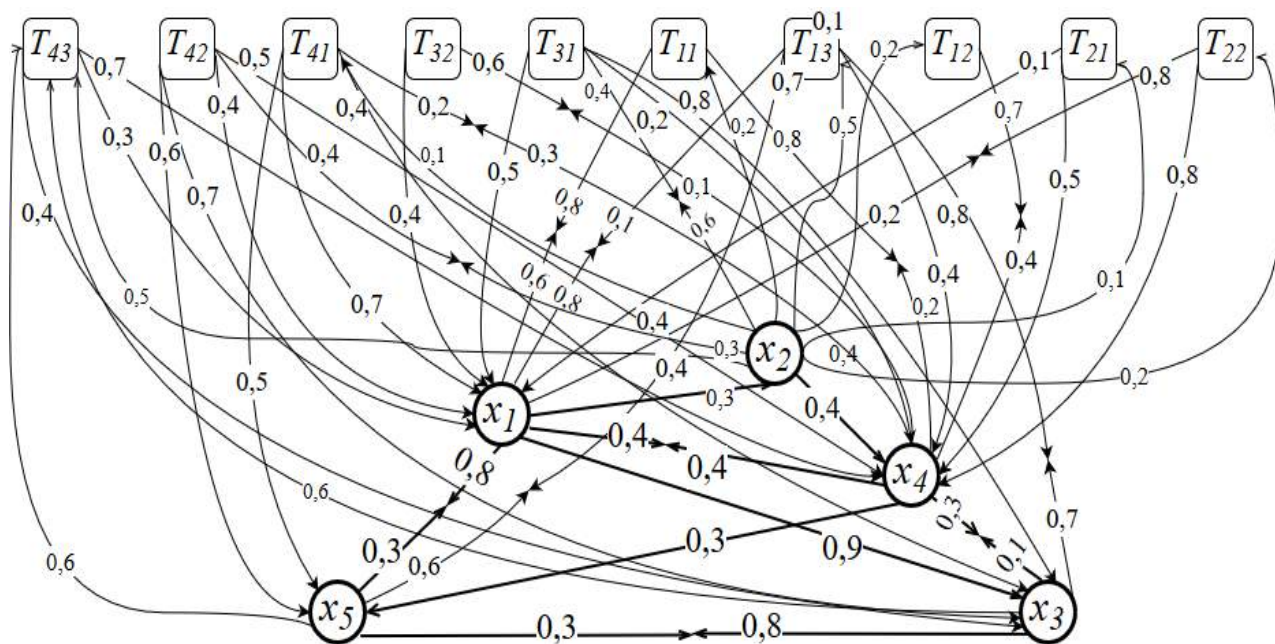


Рисунок 4.24. Граф когнітивної карти декомпозиції Система ІТ-супроводу ІН – Науково-технічний ефект

Таблиця 4.9 Результати моделювання за першим сценарієм

Концепт	Такти моделювання										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_1	0,0	0,0	0,4	1,1	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6
x_2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
x_3	0,0	0,0	0,3	2,3	4,3	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3	16,3
x_4	0,0	0,7	0,7	1,2	2,1	3,0	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5
x_5	0,0	0,0	0,3	2,2	4,1	6,0	7,9	9,8	11,7	13,6	15,5

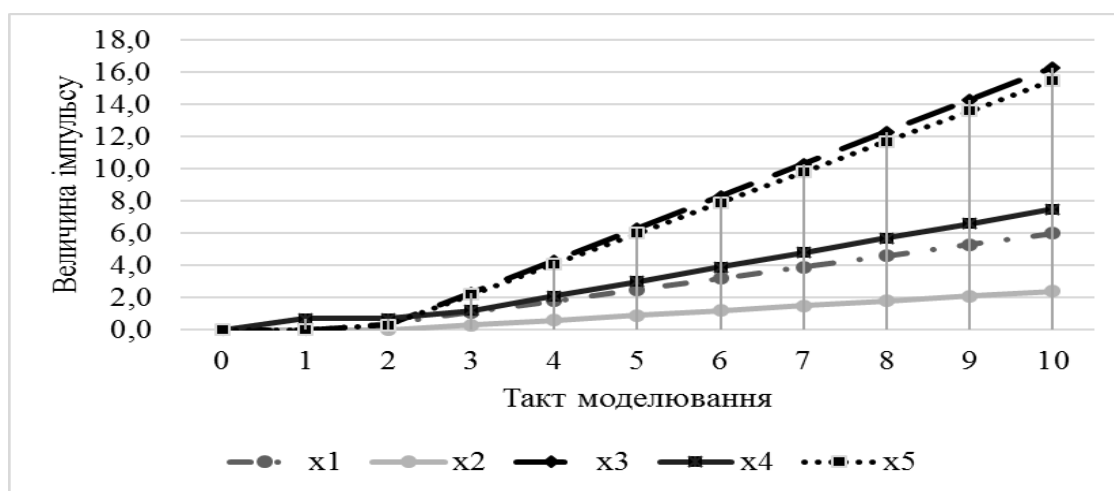


Рисунок 4.25. Графічне подання результатів моделювання за сценарієм 1

Сценарій 2. Впровадження (удосконалення) інформаційних технологій аналізу діяльності фахівців ПМПК та інклюзивного навчання. Імпульс

подаємо у вершини T_{13} та T_{43} (табл. 4.10, рис. 4.26). Отримані результати свідчать, що впровадження інформаційних технологій для аналізу діяльності фахівців інклюзивного навчання найбільший ефект справить на підвищення ефективності роботи адміністрації закладів інклюзивного навчання та збільшення рівня аналітичного забезпечення для управління такими закладами. Це передбачає підвищення ефективності роботи адміністрації ПМПК та закладів інклюзивного навчання з 16,3 до 19,2, тобто на 17%, і збільшення рівня аналітичного забезпечення для управління закладами інклюзивного навчання на 14% - з 15,5 до 17,8.

Таблиця 4.10 – результати моделювання за другим сценарієм

Концепт	Такти моделювання										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_1	0,0	0,4	1,1	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,3	6,0	6,7
x_2	0,0	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
x_3	0,0	1,2	3,2	5,2	7,2	9,2	11,2	13,2	15,2	17,2	19,2
x_4	0,0	1,1	1,6	2,5	3,4	4,3	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8
x_5	0,0	0,7	2,6	4,5	6,4	8,3	10,2	12,1	14,0	15,9	17,8

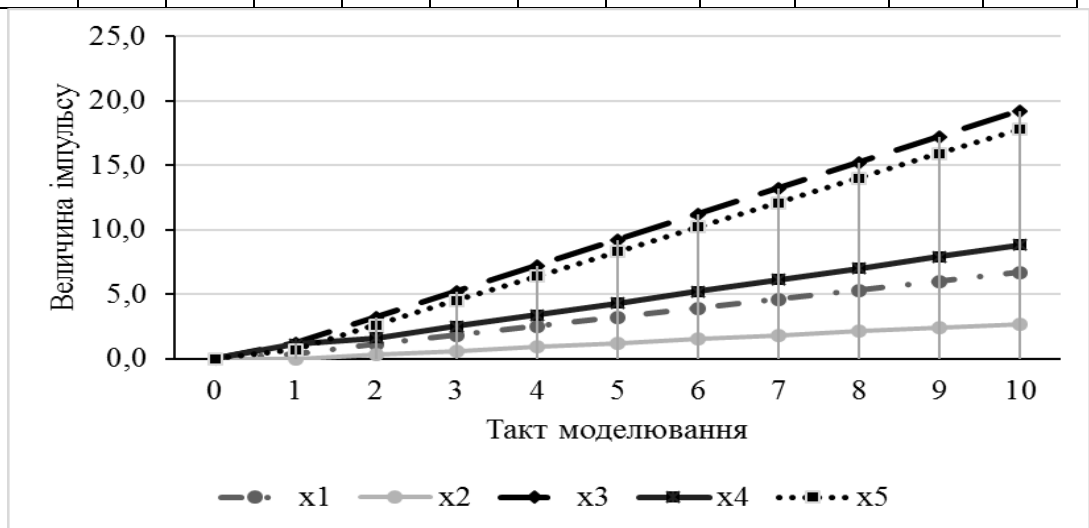


Рисунок 4.26. Графічне подання результатів моделювання за сценарієм 2

Сценарій 3. Розглянемо вплив на науково-технічні ефекти провадження інформаційних технологій на першому етапі інклюзивного навчання – тобто впровадження ІТ-супроводу у роботу психолого-медико-педагогічних консультацій, а саме реалізацію інформаційних технологій накопичення

результатів психофізичного діагностування, аналізу роботи фахівців ПМПК та формування комплексної оцінки особи, встановлення особливостей психофізичного розвитку та рекомендації формату навчання особи. Імпульс подаємо у вершини T_{11} , T_{12} та T_{13} (табл. 4.11, рис. 4.27). Отримані результати підтверджують, що впровадження інформаційних технологій супроводу етапу визначення психофізичних особливостей особи у ПМПК найбільший вплив справить на ті ж науково-технічні ефекти, що і у попередніх сценаріях. З результатів серії сценаріїв, що входять до запропонованого експерименту, робимо висновок про те, що найбільшого впливу впровадження системи ІТ-супроводу інклюзивного навчання зазнають ефективність роботи адміністрації закладів інклюзивного навчання, рівень аналітичного забезпечення для управління такими закладами. Разом з тим, встановлено, що ефективність роботи фахівців закладів інклюзивного навчання (x_4) має найвищі значення величини імпульсу на першому такті моделювання для кожного із розглянутих сценаріїв цього експерименту.

Таблиця 4.11 – результати моделювання за третім сценарієм

Концепт	Такти моделювання										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_1	0,0	0,9	1,6	2,3	3,0	3,7	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2
x_2	0,0	0,0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
x_3	0,0	0,8	2,8	4,8	6,8	8,8	10,8	12,8	14,8	16,8	18,8
x_4	0,0	1,9	2,4	3,3	4,2	5,1	6,0	6,9	7,8	8,7	9,6
x_5	0,0	0,7	2,6	4,5	6,4	8,3	10,2	12,1	14,0	15,9	17,8

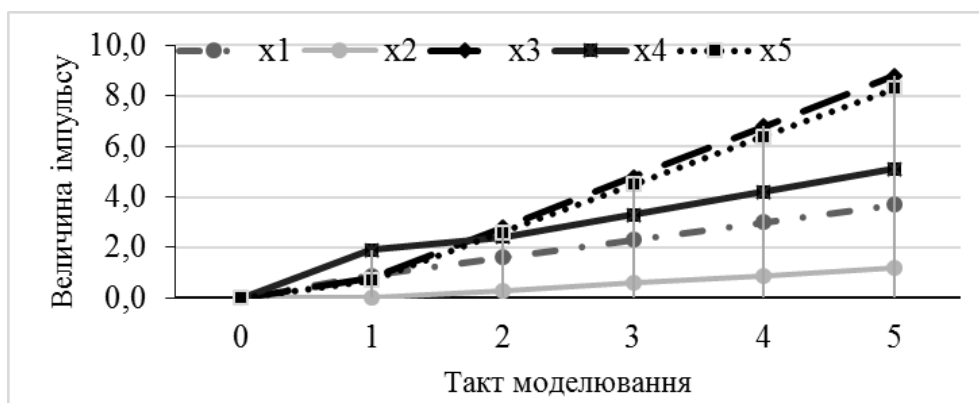


Рисунок 4.27. Графічне подання результатів моделювання за сценарієм 3

4.6. Висновки до Розділу 4

Програмна система інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання призначена для підтримки процесів, що реалізуються у ході інклюзивного навчання осіб з особливими потребами. Компоненти системи спроектовано у такий спосіб, що дані у систему можуть вводитись фахівцями психолого-медико-педагогічних консультацій, фахівцями інклюзивного навчання, особами з особливими потребами, фахівцями додаткового навчання. Отримати дані з системи можуть батьки особи з особливими потребами, фахівці психолого-медико-педагогічних консультацій та адміністрація ПМПК, фахівці інклюзивного навчання та адміністрація інклюзивних навчальних закладів. Систему доцільно використовувати для накопичення результатів психофізичного діагностування, встановлення особливостей психофізичного розвитку, формування порад щодо формату навчання, аналізу академічних та корекційних результатів навчання, визначення соціального поступу особи з особливими потребами, для дослідження навчальної траєкторії та для встановлення закономірностей і персональних особливостей навчання особи, а також для аналізу роботи фахівців ПМПК та інклюзивного навчання. На основі цих вимог, а також необхідності охопити усі етапи інклюзивного навчання та врахувати специфіку вітчизняного інклюзивного, було розроблено архітектуру із використанням архітектурного шаблону MVC.

Для накопичення результатів психофізичного діагностування було розроблено схему бази даних на основі документації, що використовується у психолого-медико-педагогічної консультації. Створена таким чином база даних дає змогу автоматизувати роботу фахівців ПМПК, уможливаючи накопичення та аналізу медичних, педагогічних, психологічних даних, а також дослідження даних на предмет виявлення прихованих залежностей та нетривіальних закономірностей із використанням різноманітних технологій видобування знань.

Статистичне дослідження коду програмного забезпечення для аналізу алгоритмів дослідження даних було виконане засобами SourceMonitor, що дало

зможу визначити метрики коду, такі як кількість команд, відсоток рядків з коментарями середню кількість методів на клас, максимальну складність підпрограми тощо. Метрики кодів програмної реалізації алгоритмів аналізу даних виходить за межі, запропоновані SourceMonitor, у частині кількості змінних на клас (усередньому майже вдвічі перевищують верхню межу 2-20), складності методів (усередньому вполовину перевищують верхню межу 5-24), середньої складності (усередньому менш ніж вполовину перевищують верхню межу 2,0-4,0), і також незначно перевищено часту коментарів (на 0,1% всередньому). Такі відмінності можуть бути пояснені особливостями математичного забезпечення комп'ютерних програм «ОПТАН ГК» та «ОПТАН ВП», у яких реалізовано досліджувані алгоритми. Для порівняння показників оцінки об'єму коду величини деяких метрик програмної реалізації алгоритмів співвіднесено зі значеннями метрики комп'ютерних програм, у яких алгоритми реалізовано. Так, для реалізованих алгоритмів метрика Файли складає 55-64%, Рядки – 75-81%, Команда – 66-81%, Глобальні підпрограми – 82-100%, Глобальні змінні – 62-89%, Класи – 50-58% від метрики комп'ютерних програм «ОПТАН ГК» та «ОПТАН ВП», у яких їх реалізовано.

Для алгоритму Джонсона аналізу попередньо опрацьованих даних в межах, запропонованих SourceMonitor, знайдено метрики кількості рядків з коментарями, середньої кількості змінних на клас, середньої кількості команд на метод і на підпрограму, максимальної складності методу. Значення нижче мінімальної межі має метрика середньої кількості методів на клас, перевищують межі метрика максимальної глибини блоку – понад 9 при максимальній межі 7, метрика середньої глибини блоку – 2,58 при максимальній межі 2,3, а також метрика середньої складності – 4,94 при максимальній межі 4,0.

Для реалізації алгоритму вибору додаткових навчальних заходів на кроці формування комплексної оцінки корисності кожного доступного закладу на основі експертної оцінки учасниками інклюзивного навчання розроблено компоненту програмного забезпечення – функцію, що опрацьовує оцінки

експертів, зроблені для встановлення параметрів корисності для кожного архітектурно доступного закладу додаткового навчання.

Для оцінювання ефекту від впровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання було використано когнітивного моделювання. Серед встановлених складових науково-технічного, соціального, ресурсного, економічного та культурного ефектів з використанням методів експертних оцінок були виділені найбільш релевантні базові ефекти, які використано для формування когнітивної карти впливів від впровадження такої програмної системи, проведено оцінювання лінгвістичного опису розміру впливу ефектів. Для аналізу впливу впровадження системи ІТ-супроводу на науково-технічний ефект проведено імпульсне моделювання. Імпульсне моделювання за сценарієм впровадження інформаційних технологій для аналізу діяльності фахівців інклюзивного навчання найбільший ефект справить на підвищення ефективності роботи адміністрації закладів інклюзивного навчання та збільшення рівня аналітичного забезпечення для управління такими закладами. Це передбачає підвищення ефективності роботи адміністрації ПМПК та закладів інклюзивного навчання з 16,3 до 19,2, тобто на 17%, і збільшення рівня аналітичного забезпечення для управління закладами інклюзивного навчання на 14% – з 15,5 до 17,8. Після серії експериментів було встановлено, що показник ефективності роботи фахівців закладів інклюзивного навчання має найвищі значення величини імпульсу на першому такті моделювання для кожного із розглянутих сценаріїв експерименту.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання удосконалення інформаційно-технологічної підтримки процесів навчання осіб з особливими потребами шляхом розроблення математичного та програмного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання. Отримано наступні наукові та практичні результати.

1. Проаналізовано процес навчання осіб з особливими потребами в умовах інклюзії для виявлення специфіки етапів такого процесу, що дало змогу розробити модель інклюзивного навчання, яка враховує вимоги до послідовного та паралельного виконання навчальних завдань на кожному з його етапів. Така модель формально специфікує процес інклюзивного навчання, та, на відміну від існуючих, враховує процес діагностування особи у ПМПК одним із етапів інклюзивного навчання, що уможлиблює повне охоплення усіх етапів інклюзивного навчання.

2. Проаналізовано специфіку забезпечення інклюзивного навчання інформаційними технологіями та рівень такого забезпечення, розроблено модель процесу його інформаційно-технологічного супроводу, яка, на відміну від подібних, враховує специфічні потреби учасників такого процесу, що дало змогу обґрунтувати вимоги до функцій програмного забезпечення ІТ супроводу навчання в умовах інклюзії та розробити архітектуру відповідної програмної системи.

3. Розроблено метод встановлення формату навчання особи з особливими потребами на основі аналізу даних, що накопичуються під час інклюзивного навчання, який, на відміну від існуючих, враховує особливості результатів психофізичного діагностування особи в ПМПК. Такий метод дає змогу досліджувати дані комплексної оцінки психофізичного розвитку особи засобами інтелектуального аналізу даних для встановлення доцільного формату її навчання. Засоби багатовимірного аналізу даних використано для аналізу роботи фахівців ПМПК та фахівців інклюзивного навчання.

Розроблений алгоритм аналізу текстових, аудіо- та відеодокументів, накопичуваних у процесі інклюзивного навчання, уможливив урахування особливостей особи у процесі персоналізації її навчальної траєкторії. Розроблені методи та алгоритми використано у проектуванні програмної системи ІТ супроводу інклюзивного навчання.

4. Розроблено систему оцінювання, яка забезпечує формалізування критеріїв оцінювання ефектів від впровадження програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання на основі використання методу експертних оцінок та методології когнітивного моделювання для встановлення взаємозв'язків між інформаційними технологіями програмної системи супроводу інклюзивного навчання та множиною ефектів впровадження такої системи. Розроблена система, на відміну від подібних, дає можливість проаналізувати логіку взаємозв'язків та розвитку подій у випадку великої кількості взаємозалежних факторів впровадження інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання.

5. Розроблено архітектуру програмної системи інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, яка, на відміну від подібних, враховує вимоги учасників інклюзивного навчання, дає змогу підтримувати інформаційними технологіями кожен з етапів інклюзивного навчання.

6. Створено програмні засоби інформаційно-технологічного супроводу окремих етапів інклюзивного навчання, які, на відміну від існуючих, уможливають підтримку процесу формування персоналізованої навчальної траєкторії особам з особливими потребами в частині формування рекомендацій щодо додаткової навчальної діяльності з урахуванням встановлених психофізичних особливостей особи та місця її проживання і навчання.

Література

1. Пасічник В. В. Моделювання паралелізму в освітніх процесах осіб з особливими потребами / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харківський політехнічний інститут». Сер. : Інформатика та моделювання. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – № 32 (1141). – С. 130-138.
2. Pasichnyk V. The model of data analysis of the psychophysiological survey results / Pasichnyk V., Shestakevych T. // Advances in Intelligent Systems and Computing. – Dordrecht : Springer International Publisher, 2016. – Vol. 512. – P. 271-281.
3. Шестакевич Т. В. Інформаційно-технологічний супровід освітніх процесів для осіб з особливими потребами / Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2014. – №783 : Інформаційні системи та мережі. – С. 251-261.
4. Завалій Т. І. Інтелектуальний аналіз результатів психологічного тестування / Завалій Т. І., Нікольський Ю. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2008. – №631 : Інформаційні системи та мережі. – С. 113-138.
5. Шестакевич Т. В. Застосування породжувальних граматики для генерування речень українською мовою / Т. В. Шестакевич, В. А. Висоцька // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Х. , 2012. – № 3/2 (57). – С. 51-53.
6. Пасічник В. В. Структурне моделювання процесів інклюзивного навчання осіб з особливими потребами // Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2014. – № 805 : Інформаційні системи та мережі. – С. 180-195.
7. Shestakevych T. The use of Petri Nets for inclusive education IT-support / T. Shestakevych, V. Pasichnyk // Econtechmod (Poland). – 2015. – Vol. 4, № 2. – P. 33- 38.

8. Пасічник В. В. Інформаційно-технологічний супровід особистісно-орієнтованого навчання як домінуюча освітня тенденція / В. В. Пасічник, Т. В. Шестакевич // Вісн. нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2015. – № 829: Інформаційні системи та мережі. – С. 215–227.
9. Пасічник В. Застосування формальних граматики у моделюванні інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання / В. Пасічник, Т. Шестакевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2015. – № 831 : Інформатизація вищого навчального закладу. – С. 58–64.
10. Завалій Т. І. Використання технології наближених множин для інтелектуального аналізу даних / Завалій Т. І., Нікольський Ю. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2007. – № 589 : Інформаційні системи та мережі. – С. 98-107.
11. Утворення українських дієприкметників за допомогою породжувальних граматики / Ю. Щербина, Ю. Нікольський, В. Висоцька, Т. Шестакевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2011. – № 715 : Інформаційні системи та мережі. – С. 354-369.
12. Шестакевич Т. В. Застосування мереж Петрі для генерування тексту / Т. В. Шестакевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2011. – № 699 : Інформаційні системи та мережі. – С. 376-385.
13. Результати впровадження програмно-методичного комплексу моделювання та оптимізації процесів забезпечення якості РЕА на стадії виготовлення / Ю. Я. Бобало, А. П. Бондарєв, М. Д. Кіселичник, О. В. Надобко, Л. А. Недоступ, П. В. Тарадаха, Л. В. Чирун, Т. В. Шестакевич // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2013. – №1/3. – С. 51-55.
14. Програмно-методичний комплекс для моделювання та оптимізації процесів забезпечення якості РЕА на стадії виготовлення / Ю. Я. Бобало, А. П. Бондарєв, М. Д. Кіселичник, О. В. Надобко, Л. А. Недоступ, П. В. Тарадаха, Л. В. Чирун, Т. В. Шестакевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2012. – № 738 : Радіоелектроніка та телекомунікації. – С. 206-212.

15. Пасічник В. Модель процесу аналізу даних психофізіологічного діагностування / Пасічник В., Шестакевич Т. // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харківський політехнічний інститут». Сер. : Інформатика та моделювання. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – 21 (1193). – С. 86-91.

16. Пасічник В. В. Моделювання інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами / В. В. Пасічник, Т. В. Шестакевич // Вісн. Вінницького нац. техн. ун-ту. Сер. : Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2015. – Т. 3 (№34). – С. 58-65.

17. Методи оптимізації процесів забезпечення якості РЕА на стадії виготовлення / Надобко О. В., Недоступ Л. А., Чирун Л. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2011. – № 705 : Радіоелектроніка та телекомунікації. – С. 237-242.

18. Висоцька В. А. Утворення речень англійською та німецькою за допомогою породжувальних граматики / В. А. Висоцька, Т. В. Шестакевич, Ю. М. Щербина // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2012. – № 744 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 142-152.

19. Чирун Л. В. Інтелектуальний аналіз таблиць прийняття рішень в системах електронної комерції / Чирун Л. В., Шестакевич Т. В. // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2008. – № 621: Інформаційні системи та мережі. – С. 230-239.

20. Пасічник В. В. Модель процесу аналізу даних освітньої траєкторії інклюзивного навчання / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD 2016): матер. Міжнар. наук.-практ. конф., Ч.ІІІ. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – С. 11.

21. Пасічник В. В. Контент-аналіз корпусу текстів у особистісно-орієнтованому навчанні / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Теоретичні і прикладні аспекти побудови програмних систем ТАAPSD-2016, Київ: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – Кіровоград : ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2016. – С. 193-197.

22. The software complex development for modeling and optimizing of processes of radio-engineering equipment quality providing at the stage of manufacture / A. Bondariev, M. Kiselychnyk, O. Nadobko, L. Nedostup, L. Chyrun, T. Shestakevych // Сучасні проблеми ра-діоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії TCSET'2012, Львів-Славське : матер. XI Міжнар. конф. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – С. 159.

23. Пасічник В. Програмно-алгоритмічний комплекс моделювання ІТ-супроводу інклюзивного навчання / В. Пасічник, Т. Шестакевич // Інформаційні технології та взаємодії ІТ&І-2016 : Матер. наук.-практ. конф. – К. : Вид.-полігр. центр «КПІ», 2016. – С. 52-53.

24. Шестакевич Т. В. Застосування методу опорних слів у авторській атрибуції тексту / Т. В. Шестакевич // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2010 : зб. праць Міжнар. наук. конф., Євпаторія : у 2 т. / Херсон. нац. техн. ун-т. – Херсон, 2010. – Т. 2. – С. 502-506.

25. Шестакевич Т. В. Механізм відсутності даних як параметр задачі прийняття рішень в умовах невизначеності / Т. В. Шестакевич // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2009 : зб. праць Міжнар. наук. конф., Євпаторія : у 2 т. – Херсон, 2009. – С. 150-153.

26. Pasichnyk V. Structural modeling of inclusive education of persons with special needs // V. Pasichnyk, T. Shestakevych, // Computer Science and Information Technologies CSIT'2014 : Proc. of the IXth International Scientific and Technical Conference. – Lviv, 2014. – P. 110-112.

27. The results of software complex OPTAN use for modeling and optimization of standard engineering processes of printed circuit boards manufacturing / O. Bazylyk, P. Taradaha, O. Nadobko, L. Chyrun, T. Shestakevych // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії TCSET'2012 : матер. XI Міжнар. конф., Львів-Славське. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – С. 107-108.

28. Пасічник В. Специфіка освітніх процесів осіб з особливими потребами та їх інформаційно-технологічний супровід / В. Пасічник, Т. Шестакевич // Інтернет-Освіта-Наука : матер. ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 266-268.

29. Пасічник В. В. Формальний аналіз освітніх процесів при інклюзивній формі навчання / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В., Федонюк А. А. // Сучасні проблеми математичного моделювання та обчислювальних методів : матер. Міжнар. наук. конф. – Рівне : РВВ РДГУ, 2015. – С. 128-129.

30. Pasichnyk V. The application of multivariate data analysis technology to support inclusive education / V. Pasichnyk, T. Shestakevych // Computer Science and Information Technologies CSIT'2015: Proc. of the Xth International Scientific and Technical Conf. – Lviv : Lviv Polytechnic Publishing House, 2015. – P. 88-90.

31. Пасічник В. В. Застосування мереж Петрі для моделювання багатозадачності в освітніх процесах осіб з особливими потребами / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2015 : матер. Міжнар. наук. конф., Залізний Порт. – Херсон : Вид-во ХНТУ, 2015. – С. 134-136.

32. Висоцька В. А. Генерування речень українською за допомогою породжувальних граматики / В. А. Висоцька, Т. В. Шестакевич // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2012) : матер. Міжнар. наук. конф., Євпаторія. – Херсон : Вид-во ХНТУ, 2012. – С. 48-50.

33. Пасічник В. В. Аналіз корпусу текстів інклюзивного навчання / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі: матер. 8-ї наук.-практ. конф. – 2016. – С. 128-133.

34. Шестакевич Т. В. Побудова моделі тексту із застосуванням мереж Петрі / Т. В. Шестакевич // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2011) : матер. міжнар. наук. конф., Євпаторія : у 2 т. / Херсонський нац. технічний ун-т. – Херсон, 2011. – Т. 1. – С. 332–336.

35. Shestakevych T. The application of Petri nets to the modeling of text building / T. Shestakevych // Computer Science and Information Technologies CSIT-2010 : Proc. of the Vth International Scientific and Technical Conference. – Lviv : PH Vezha and Co, 2010. – P. 94-95.

36. Шестакевич Т. В. Способи опрацювання таблиць прийняття рішень з невідомими значеннями атрибутів / Т. В. Шестакевич // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій (ISDMIT'2007) : матер. наук.-практ. конф., Євпаторія. – Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2007. – Т. 2. – С. 98-100.

37. Пасічник В. Особистісно-орієнтоване навчання: методологічні основи та інформ-аційно-технологічний супровід / Пасічник В., Кут В., Шестакевич Т. // Україна–Цивілізація. Історичні та духовні чинники консолідації української держави, нації та суспільства : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – Ужгород : Вид. від. КаУ, 2015. – Т. 4. – С. 242-252.

38. Пасічник В. В. Застосування формальних граматики у моделюванні інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами / Пасічник В. В., Шестакевич Т. В. // Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі: матер. 6-ї наук.-практ. конф. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2014. – С. 100-106.

39. Комп'ютерна програма «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ГК» («ОПТАН-ГК») : свідоцтво про реєстрацію авт. права на твір № 56419 / Недоступ Л. А., Бобало Ю. Я., Кіселичник М. Д., Надобко О. В., Бондарев А. П., Шестакевич Т. В., Чирун Л. В. ; заявка від 21.08.2012.

40. Комп'ютерна програма «Автоматизована система моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів ОПТАН-ВП» («ОПТАН-ВП») : свідоцтво про реєстрацію авт. права на твір № 56419 Україна / Недоступ Л. А., Бобало Ю. Я., Кіселичник М. Д., Надобко О. В., Бондарев А. П., Шестакевич Т. В., Чирун Л. В., Тарадаха П. В. ; заявка від 09.09.2014.

41. Report of the 2012-2015 BFUG working group on the social dimension and lifelong learning to the BFUG [Electronic Resours]. – Access mode: <http://www.ehea.info/>.

42. Про Національну програму інформатизації [Електронний ресурс] : Закон України від 04.02.1998 № 74/98-ВР (Редакція від 01.08.2016) / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/98-%D0%B2%D1%80>.

43. Основи інформаційного права України : навч. посіб. / В.С. Цимбалюк, В.Д. Гавловський, В.В. Гриценко та ін. // За ред. М.Я. Швеця, Р.А. Калюжного та П.В. Мельника. – К. : Знання, 2004. – 274 с.

44. Нормативно-правова база в сфері інклюзивної освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://krasnokutsk-logoped.edu.kh.ua/metodichna_robota/.

45. Колупаєва А.А. Інклюзивна освіта: реалії та перспективи / Колупаєва А. А. – К. : «Саміт-Книга», 2009. – 272 с.

46. Hersh M. Evaluation framework for ICT-based learning technologies for disabled people [Electronic Resours] / M. Hersh // Computers and Education, 2014. – P. 30-47. – Access mode : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131514001146>

47. Грозная Н.С. От школы к взрослой жизни. Обзор зарубежных подходов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://psyjournals.ru/files/43780/DS_XXI_2008_n1_Groznaya.pdf

48. Колупаєва А. А. Діти з особливими освітніми потребами та організація їх навчання. Видання доповнене та перероблене : наук.-метод. посіб. / А. А. Колупаєва, Л. О. Савчук. – К. : Видавн. група «АТОПОЛ», 2011. – 274 с.

49. Всеукраїнський фонд «Крок за Кроком». Видання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ussf.kiev.ua/ieeditions/>.

50. Інклюзивна освіта для дітей з особливими потребами в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.education-inclusive.com>.

51. Про затвердження Типових навчальних планів спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей, які потребують корекції фізичного та (або) розумового розвитку (початкова школа) [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства освіти і науки України № 80 від 28.01.2014. – Режим доступу : <http://old.mon.gov.ua/files/normative/2016-09-13/1736/80zizminami.pdf>

52. Про вищу освіту : Закон України від 1.07.2014 р. № 1178-2 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=45512.

53. До 2022 року учнів із спеціальних шкіл для дітей із затримкою психічного розвитку поступово переведуть до інклюзивних класів загальноосвітніх навчальних закладів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/usi-novivni/novini/2016/10/26/do-2020-roku-uchniv-iz-speczialnix-shkil/>.

54. Інклюзивна освіта: основні положення. Всеукраїнський фонд «Крок за кроком» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ussf.kiev.ua/ie_inclusive_education/.

55. Методичне об'єднання вчителів корекційно-розвиткової роботи. Тербовлянський навчально-реабілітаційний центр Тернопільської обласної ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://terebschool.ucoz.ua/index/korekcijno_rozvitkovoji_roboti/0-26.

56. Полещук С. В. Сурдопедагогіка (лекції). Шкільне навчання глухих і слабочуючих дітей [Електронний ресурс] // Полещук С. В. – Режим доступу : <http://dls.ksu.kherson.ua/dls/Library/LibdocView.aspx?id=8945fcc3-0a5a-40ef-875d-e3074daedfc1>.

57. Про затвердження плану заходів щодо створення безперешкодного життєвого середовища для осіб з обмеженими фізичними можливостями та інших маломобільних груп населення на 2009–2015 роки «Безбар'єрна Україна» : Постанова Кабінету Міністрів України від

29.07.2009 р. № 784 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/784-2009-%D0%BF>.

58. Рашкевич Ю. М. Болонський процес та нова парадигма вищої освіти / Ю. М. Рашкевич. – Львів: Вид-во Львів. політехніки. – 2014. – 166 с.

59. Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vmurol.com.ua/>.

60. Пасічник В. В. Інформаційні технології та системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами / В. В. Пасічник, В. І. Кут // Вісн. Терноп. нац. техн. ун-ту. – Тернопіль, 2012. – № 1(65). – С. 127–137.

61. Демплер Д. Переосмислюючи допоміжні послуги спеціалістів в інк-люзивних класах / Д. Демплер, Т. Лорман, У. Шарма // Дефектологія. – 2009. №3. – С. 9-14.

62. D. Rose / The universally designed classroom: Accessible curriculum and digital technologies // D. Rose, A. Meyer, C. Hitchcock. – Cambridge, MA : Harvard Education Press, 2005. – 216 p.

63. Booth T. From them to us: An international study of inclusion in education / T. Booth, M. Ainscow. – New York : Routledge, 1998. – 273 p.

64. The Use of Single-subject Research to Identify Evidence-based Practice in Special Education / R. H. Horner, E. G. Carr, J. Halle, G. McGee, S. Odom, M. Worley // Exceptional Children. – 2005. – №71(2). – P. 165–179.

65. Loreman T. Inclusive Education: A Practical Guide to Supporting Diversity in the Classroom / Loreman T., Deppeler J., Harvey D. // Psychology Press. – 2005. – 273 с.

66. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: Имитационное моделирование процесса обучения. / Майер Р. В. // Глазов: ГГПИ, 2013. – 138 с.

67. Астанин С. В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования / Астанин С. В. // Дистанцион. образование. – 2000. – № 5. – С. 27-32.

68. Ломакин В. В. Организация интеллектуального управления индивидуальными образовательными траекториями [Електронний ресурс] /

В. В. Ломакин, Р. Г. Асадуллаев // Научн. ведомости Белгородского гос. ун-та. – 2013. – №22-1 (165) : Экономика. Информатика. – С. 167-173. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-intellektualnogo-upravleniya-individualnymi-obrazovatelnyimi-traektoriyami>.

69. Open web-based learning environments and knowledge forums to support people with special needs / Hamburg I., Hersh M., Gavota M., Lazea M. // Interactive Technology and Smart Education. – 2004. – №1(3). – P. 205-216.

70. Starcic A. ICT-supported learning for inclusion of people with special needs: Review of seven educational technology journals, 1970–2011 / Starcic A., Bagon S. // British Journal of Educational Technology, 2013. – Vol. 45, Iss. 2, P. 202-230.

71. Romero C. Educational Data Mining: A Survey from 1995 to 2005 [Electronic Resours] / C. Romero, S. Ventura // Expert Systems with Applications. – 2007. – 33(1), P. 135-146. – Access mode : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.4774&rep=rep1&type=pdf>.

72. Baker R. Data mining for education [Electronic Resours] / Baker R. // International encyclopedia of education. – 2010. – vol. 7, pp. 112–118. – Access mode : <http://www.columbia.edu/~rsb2162/Encyclopedia%20Chapter%20Draft%20v10%20-fw.pdf>.

73. Detection and Utilization of Emotional State for Disabled Users / Y. Mohamad, D. T. Hettich, E. Bolinger, N. Birbaumer, W. Rosenstiel, M. Bogdan, T. Matuz // Computers Helping People with Special Needs : Lecture Notes in Computer Science. Springer. – 2014. – Vol. 8547. – P. 248-255.

74. An educational data mining tool to browse tutor–student interactions: Time will tell! / J. Mostow, J. Beck, H. Cen, A. Cuneo, E. Gouvea, C. Heiner // Educational data mining : proceedings of the workshop. – 2005 – P. 15–22.

75. Чунаев А. В. Информационная система формирования индивидуальных образовательных траекторий студентов высших учебных заведений как составная часть е-дидактики [Электронный ресурс] / Чунаев А. В., Шиков А. Н. // Образовательные технологии и общество. – 2015.

– №1. – Режим доступу : <http://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-sistema-formirovaniya-individualnyh-obrazovatelnyh-traektoriy-studentov-vysshih-uchebnyh-zavedeniy-kak-sostavnaya>.

76. For professionals working with pre-school disabled children [Electronic Resours]. – Access mode : <https://www.scope.org.uk/support/professionals/preschool-teachers#rjTucy8sgEQ80QGv.99>.

77. IEP writer [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.iepwriter.co.uk/>.

78. Stem learning [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.nationalstemcentre.org.uk>.

79. Communication Passports [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.communicationpassports.org.uk/Creating-Passports/Templates/>.

80. SEN assist [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.senassist.com/>.

81. Very special maths [Electronic Resours]. – Access mode : <http://veryspecialmaths.co.uk/>.

82. Widgit Software [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.widgit.com/>.

83. Rice D. Use of ICTs for Inclusive Education: costs and benefits [Electronic resours] / Rice D. // Benefits and costs of e-accessibility : proceedings of 5th European eAccessibility Forum. – 2011. – Access mode: <http://inova.snv.jussieu.fr/evenements/colloques/colloques/article.php?c=70&l=en&a=361>.

84. Hextol [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.hextol.org>.

85. Interplayleeds [Electronic Resours]. – Access mode : <http://www.interplayleeds.co.uk/>.

86. Особа з функціональними обмеженнями в колі проблем здоров'я - навчання – працевлаштування : монографія / О. М. Дікова-Фаворська, Г. В. Бурова, С. М. Глоба, К. В. Шафранова, О. П. Чабан, О. О. Селезньова, Ю. В. Бардашевський, Г. П. Мошковська, Т. Л. Панченко, В. М. Косенко // ВНЗ Ун-т «Україна», Житомир. екон.-гуманіт. ін-т. – Житомир : Полісся, 2009. – 364 с.

87. Дмитренко Т. О. Диференціація та інтеграція в управлінні навчальними закладами / Т. О. Дмитренко, К. В. Яресько // Витоки педагогічної майстерності. – 2011. – Вип. 8(1) : Педагогічні науки. – С. 31-35. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpm_2011_8%281%29__8.

88. Кут В. Математичне та програмно-алгоритмічне моделювання системи дистанційного навчання осіб з особливими потребами / В. Кут, Ю. Нікольський, В. Пасічник // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. Політехніка». – 2011. – № 710 : Інформаційні системи та мережі. – С. 113-121.

89. Давидов М. В. Математичне та програмне забезпечення комп'ютерної системи ідентифікації елементів української жестової мови : автореф. дис. ... канд. техн. наук за спеціальністю 01.05.03 / М. В. Давидов ; Л. , 2009. – 20 с.

90. Метешкін К. О. Методологічні основи автоматизованого навчання фахівців з використанням інтелектуальних інформаційних технологій : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / К. О. Метешкін / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т». – Х. , 2006. – 33 с.

91. Холод Д. В. Дослідження методів побудови сервісно-орієнтованих систем автоматизації електронного навчання : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.03 / Д. В. Холод ; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – К. , 2007. – 20 с.

92. Міський медичний центр проблем слуху та мовлення «СУВАГ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.suvag.health.kiev.ua/>.

93. Демчук А. Б. Відеоконтент для незрячих: метод тифлокоментування / А. Б. Демчук // Наук. журн. Запор. нац. техн. ун-ту. – 2014. - №1(30) : Радіо-електроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – С. 146–149.

94. Демчук А. Б. Информационные технологии для незрячих и неслышающих людей / О. В. Лозинская, А. Б. Демчук // Наука и мир : междунар. науч. журн. – Волгоград, 2014. – № 1 (5). – С. 102–104.

95. Демчук А. Б. Освітній відеоконтент для людей з вадами зору. Напрацювання та досвід Нац. ун-ту «Львівська політехніка» / А. Б. Демчук, В. В. Литвин / Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 20 с.
96. Годич О. В. Комп'ютерне розпізнавання жестів: програмно алгоритмічний підхід : монографія / О. В. Годич, М. В. Давидов, Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник, Ю. М. Щербина. – Л. : Манускрипт, 2011. – 310 с.
97. Кривонос Ю. Г. Системи жестової комунікації: моделювання інформаційних процесів / Кривонос Ю. Г., Крак Ю. В., Бармак О. В. // Київ : Наук. думка, 2014. – 228 с.
98. Білощицька С. В. Інформаційна технологія планування та моніторингу обсягів навчальної роботи у вищих навчальних закладах : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / С. В. Білощицька ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К. , 2009. – 20 с.
99. Антоник М. С. Інформаційна технологія побудови автоматизованої системи управління навчальним процесом : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / М. С. Антоник ; Держ. ком. зв'язку та інформатизації України; НАН України; Держ. НДІ інформ. інфраструктури. – Л. , 2005. – 20 с.
100. Олейнікова Т. Ю. Інформаційна технологія протиризикового планування навчального процесу в умовах модульно-рейтингової системи навчання : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / Т. Ю. Олейнікова ; Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси, 2009. – 20 с.
101. Ясенова І. С. Методи та моделі інформаційної технології управління навчальним навантаженням у вищому навчальному закладі : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / І. С. Ясенова ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К. , 2008. – 18 с.
102. Пшонківська І. М. Інструментарій проектування інтелектуальних інтерфейсів користувача : автореф. дис. канд. фіз.-мат. наук: 01.05.03 / І. М. Пшо-нківська ; НАН України. Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова. – К. , 2000. – 16 с.

103. Семенець А. В. Методи та програмні засоби оцінки знань в медичній освіті : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.05.03 / А. В. Семенець / Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. , 2011. – 20 с.

104. Гадецька З. М. Побудова інструментальних програмних систем автоматизації тестування знань в гібридних інтелектуальних середовищах на основі агентних технологій : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.03 / З. М. Гадецька / Ін-т пробл. моделюв. в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. – К. , 2008. – 18 с.

105. Яковенко О.Є. Моделі та методи контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процесом : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / О.Є. Яковенко ; Одес. нац. політехн. ун-т. – О. , 2006. – 19 с.

106. Голощук Р.О. Математичне та програмне забезпечення систем дистанційного мережевоцентричного навчання : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.03 / Р.О. Голощук ; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Л. , 2008. – 20 с.

107. Дакак Х. Метод побудови програмного забезпечення систем дистанційного навчання : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.03 / Дакак Х. ; Нац. авіац. ун-т. – К. , 2006. – 17 с.

108. Ткаченко О. М. Методи та програмні засоби сервісів мережних навчальних комплексів : автореф. дис... канд. техн. наук: 01.05.03 / О. М. Ткаченко ; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – К. , 2005. – 20 с.

109. Кунанець Н. Е. Інформаційно-бібліотечне обслуговування користувачів з особливими потребами: історія та сучасність : монографія / Н. Е. Кунанець; Нац. ун-т «Львівська Політехніка». – Л. : Галицька видавнича спілка, 2013. – 439 с.

110. Кут В. Алгоритм створення дистанційного навчально-консультаційного центру для осіб з особливими потребами / В. Кут // Інновац. комп'ютер-ні технології у вищій школі : матер. 8-ї наук.-практ. конф. – 2011. – С. 161–164.

111. Горноста́й М. П. Розробка алгоритмів та методів персоналізації для систем електронного навчання : автореф. дис... канд. фіз.-мат. наук: 01.05.03 / М. П. Горноста́й ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. , 2008. – 20 с.
112. Данилова О. В. Моделі та інформаційна технологія підтримки самостійного навчання, що базується на компетентнісному підході : автореф. дис... канд. тех. наук: 05.13.06 / О.В. Данилова ; Міжнар. наук.-навч. центр інформ. технологій та систем НАН України. – К. , 2009. – 19 с.
113. Зянчу́ріна І. М. Моделі та методи комп'ютерного навчання з урахуванням індивідуальних здібностей користувачів : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / І.М. Зянчу́ріна ; Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є.Жуковського «Харк. авіац. ін-т». – Х. , 2005. – 19 с.
114. Киричек Г. Г. Моделі, методи та інструментальні засоби інформаційного забезпечення навчального процесу : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Г. Г. Киричек ; Херсон. нац. техн. ун-т. – Херсон, 2011. – 20 с.
115. Ус М.Ф. Моделі, методи та засоби адаптації інформаційних технологій підтримки прийняття рішень і навчання до когнітивних можливостей користувачів : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / М.Ф. Ус ; Одес. нац. політехн. ун-т. – Одеса, 2009. – 32 с.
116. Меньяйленко О.С. Теоретико-методологічні основи синтезу індивідуалізованих стратегій управління дидактичним процесом в атоматизованих навчальних системах : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / О.С. Меньяйленко / Міжнар. наук.-навч. центр інформ. технологій та систем. – К. , 2007. – 34 с.
117. Кизименко Л. Д. Психологія інновацій в освіті з використанням діагностичних експрес-технологій / Л. Д. Кизименко // Управління в освіті : зб. матеріалів V Міжнар. наук.-практ. конф. – 2011. – С. 124–126.
118. Відділ освіти Черкаської РДА [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://rvo.ck.ua/>.

119. Департамент освіти і науки Київської обласної державної адміністрації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kyiv-oblosvita.gov.ua/>.
120. Всеукраїнський фонд «Крок за Кроком» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ussf.kiev.ua/>.
121. Національна Асамблея інвалідів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : naiu.org.ua.
122. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – 7-е изд. [Електронний ресурс] / Колмогоров А.Н., Фомин С.В. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 572 с. – Режим доступу: <http://bookre.org/reader?file=1347952&pg>.
123. Нікольський Ю. В. Дискретна математика / Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник, Ю. М. Щербина – К. : Видавнича група ВНУ, 2007. – 368 с.
124. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : Пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
125. Race, Ethnicity, and Language Data: Standardization for Health Care Quality Improvement. Improving Data Collection across the Health Care System [Electronic resours] / Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD, 2014. – Access mode : <http://www.ahrq.gov/research/findings/final-reports/iomracereport/index.html>.
126. Завалій Т.І. Методи та засоби структурування і зберігання даних в електронних медичних картках / Т.І. Завалій, Ю.В. Нікольський // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – Львів, 2010. – № 689: Інформаційні системи та мережі.– С.158-168.
127. Литвин В. В. Аналіз даних та знань : навч. посібник / Литвин В. В., Пасічник В. В., Нікольський Ю. В. – Львів: Магнолія-2006, 2015. – 276 с.
128. Data Warehouse Design Methods Review: Trends, Challenges and Future Directions for the Healthcare Domain / Khnaisser C., Lavoie L., Diab H., Ethier J.-F. // Springer Intern. Publishing Switzerland, 2015. – Vol. 539. – P. 76-87.

129. Jemal D. What If Mixing Technologies for Big Data Mining and Queries Optimization / D. Jemal, R. Faiz // *Lecture Notes in Computer Science : proceedings of Intern. Conf. ICCCI Madrid, Spain.* – Springer, 2015. – Vol. 9330. – С. 619-627.
130. Shen L. Research of Customer Classification Based on Rough Set Using Rosetta Software / L. Shen, S. Chen // *Advances in Intelligent Systems and Computing : proceedings of Intern. Conf. on Communication, Electronics and Automation Engineering.* – Springer Berlin Heidelberg, 2013. – Vol. 181, P. 837-843.
131. Choi G. Analysis of Medical Data Using the Big Data and R. *Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing* // Choi G., Lee K., Seo D., Kim S., Kim D., Lee Y. – Springer Science+Business Media, 2015. – Vol. 373. – P. 867-873.
132. Литвин В.В. Процес підтримки прийняття управлінських рішень у системі раннього попередження / Литвин В.В., Цмоць О.І. // *Актуальні проблеми економіки.* – № 11(149). – 2013. – С. 222-229.
133. Шаховська Н. Б. Сховища та простори даних : монографія / Шаховська Н. Б., Пасічник В. В. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2009. – 244 с.
134. Гудков А. А. Система поддержки принятия решений на основе технологий KDD в управлении образованием / А. А. Гудков // *Университ. образование : сборн. статей XII Междунар. научно-метод. конфер.* – Пенза, 2008. – С. 297-299.
135. Назарук М. В. Інформаційна технологія аналізу діяльності середніх шкіл / М. В. Назарук, В. В. Пасічник // *Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка».* – 2014. - № 783 : Інформаційні системи та мережі. – С. 458-466.
136. Sankar K. *Pattern Recognition : From Classical to Modern Approaches [Electronic Resours]* / Sankar K. Pal, Amita P. // Singapore : World Scientific, 2001. – 612 p. http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789812386533_0001
137. Audigier V. A principal component method to impute missing values for mixed data / Audigier V., Husson F., Josse J. // *Advances in Data Analysis and Classification.* – Springer Berlin Heidelberg, 2013. – P. 1-22.

138. Козлов С. В. Педагогическое проектирование индивидуального тестирования в личностно ориентированной обучающей системе : Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01, 13.00.02 / Козлов С. В. – Смоленск, 2006. – 195 с.
139. Пісоцька М. Е. Особливості індивідуалізації навчання в різних його видах [Електронний ресурс] / М. Е. Пісоцька // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. – 2016. – Вип. 46. – С. 118-125. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2016_46_19.
140. Мартиненко С. М. Лекції із загальної педагогіки : навч. посіб. / Мартиненко С. М., Хоружа Л. Л. – КМПУ імені Б. Д. Грінченка. – 2008. – 83 с.
141. Beck J. How who should practice: Using learning decomposition to evaluate the efficacy of different types of practice for different types of students / J. Beck, J. Mostow // Lecture Notes in Computer Science. – 2008. – Vol. 5091. – Berlin : Springer. – P. 353-362.
142. Тарануха В.Ю. Інтелектуальна обробка текстів : [навч. пос.] / В. Ю.Тарануха. – Київ: електронна публікація на сайті факультету, 2014. – 80 с.
143. Берко А. Системи електронної контент-комерції : монографія / А. Берко, В. Висоцька, В. Пасічник. – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2009. – 612 с.
144. Волкова Л.О. Дослідження групових норм у неформальних молодіжних об'єднаннях за допомогою методу аналізу текстових документів [Електронний ресурс] / Волкова Л.О. // Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education : матер. інтернет-конф. – 2012. – Режим доступу : <http://www.sworld.com.ua/konfer29/613.pdf>.
145. Vysotska V. Classification Methods of Text Documents Using Ontology Based Approach / V. Lytvyn, V. Vysotska, O. Veres, I. Rishnyak, H. Rishnyak, N. Shakhovska // Advances in Intelligent Systems and Computing. – During : Springer International Publisher, 2016. – Vol. 512. – P. 229-240.
146. Борисенко Е. Н. Критериально-уровневое оценивание социальной компетентности студентов [Електронний ресурс] // Вестник КемГУ. 2012. №3. – Режим доступу : <http://cyberleninka.ru/article/n/kriterialno-urovnevoe-otsenivanie-sotsialnoy-kompetentnosti-studentov>.

147. Математична лінгвістика: навч. посіб. Кн. 1. Квантитативна лінгвістика / В. В.Пасічник [та ін.]. – Л. : Новий Світ-2000, 2012. – 359 с.

148. Галян І.М. Психодіагностика. Навч. посібник / І.М. Галян. – К.: Академвидав, 2009. – 464с.

149. Метод контент-анализа в психологических исследованиях : уч.-метод. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по специальности «Психология» / А.Ю. Бергфельд, О.И. Кильченко, Е.В. Шевкова, Н.А. Шиленкова, Л.В. Ширинкина; под ред. О.И. Кильченко. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2007. – 104 с.

150. Мясникова О. М. Использование контекстных задач при оценивании метапредметных результатов [Электронный ресурс] // Пермский педагогический журнал. 2014. №5. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kontekstnyh-zadach-pri-otsenivanii-metapredmetnyh-rezultatov>.

151. Малахова, Ю. В. Технологии оценивания компетенций: обзор проблемы [Электронный ресурс] / Ю. В. Малахов, В. В. Хохлова // Вестник КемГУ: №1 (57) 2014. – Том 2. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-otsenivaniya-kompetentsiy-obzor-problemy#ixzz3b8FyvRtA>.

152. Нигматов З. Г. Современные средства оценивания образовательных результатов [Электронный ресурс] / Нигматов З. Г. // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. гуманитар. науки. 2013. №6. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sredstva-otsenivaniya-obrazovatelnyh-rezultatov>.

153. Волковинська В. Всесвітній економічний форум у Давосі: українські перемоги та «домашні завдання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1908:vsesvitnij-ekonomichnij-forum-v-davosi&catid=8&Itemid=350.

154. Нікольський Ю. Модель процесу аналізу даних / Нікольський Ю. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010. – № 663 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 108-116.
155. Dosyn D. Knowledge discovery as planning development in knowledgebase framework / D. Dosyn, V. Lytvyn, V. Kovalevych, O. Oborska, R. Holoshchuk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science : proceedings of 13th International Conference. – Lviv, 2016. – P. 449-451.
156. Коберник Г. Адаптування навчальних завдань як засіб індивідуалізації навчання молодших школярів [Електронний ресурс] / Г. Коберник // Збірник наук. праць Уманського держ. пед. ун-ту. – 2013. – Ч. 2. – С. 200-207. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/znpu_dpu_2013_2_28.pdf.
157. Бояринов Д. А. Проектирование личностно-ориентированной обучающей системы : автореф. дис. канд. пед. наук / Бояринов Д. А. – Смоленск, 2004. – 24 с.
158. Ваграменко Я. А. Техничко-технологические требования к адаптивной автоматизированной системе управления учебным процессом в общеобразовательной школе / Ваграменко Я. А., Яламов Г. Ю. // Педагогическая информатика. – 2014. – №4. – С. 3-19.
159. Vysotska V. Linguistic analysis of textual commercial content for information resources processing / V. Vysotska // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science : proceedings of 13th International Conference. – Lviv, 2016. – P. 709-713.
160. Безменов М. І. Метрики як оцінка моделей якості програмного забезпечення медичного обладнання / М. І. Безменов, О. М. Ланських, В. Г. Борисов // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. : Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2010. – № 9. – С. 188-196.

161. McConnell S. Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction [Electronic Resours] / McConnell S. – Access mode : <http://www.stevemccconnell.com/cc1.htm>.

162. Горелова Г. В. Когнитивный анализ, синтез, прогнозирование развития больших систем в интеллектуальных РИУС / Г. В. Горелова, Э. В. Мельник, Я. С. Коровин // Искусственный интеллект. – 2010. – №3. – С. 61–72.

163. Поддержка принятия решений в слабоструктурированных проблемных областях. Анализ ситуаций и оценка альтернатив / А. Н. Аверкин, О. П. Кузнецов, А. А. Кулинич, Н. В. Титова // Теория и системы управления. – 2006. – № 3. – С. 139–149.

164. Авдеева З. К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) [Электронный ресурс] / З. К. Авдеева, С. В. Коврига, Д. И. Макаренко // Управление большими системами. – 2007. – № 16. – С. 26–39. – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnoe-modelirovanie-dlya-resheniya-zadach-upravleniya-slabostrukturirovannymi-sistemami-situatsiyami>

165. Козлов Л. А. Когнитивное моделирование на ранних стадиях проектной деятельности / Л. А. Козлов. – Барнаул : АлтГТУ, 2008. – 246 с.

166. Вокуева Т. А. Вычисление матрицы взаимовлияния когнитивной карты [Электронный ресурс] // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2012. №3 (11). – Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/vychislenie-matritsy-vzaimovliyaniya-kognitivnoy-karty>

167. Кузнецов О. П. Когнитивное моделирование слабоструктурированных ситуаций / О. П. Кузнецов // Искусственный интеллект – проблемы и перспективы. – 2006. – № 7. – С. 86–100.

168. Горелова Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.

169. Лебідь О. Ю. Деякі аспекти застосування когнітивного моделювання в державному управлінні [Електронний ресурс] / О. Ю. Лебідь //

Державне управління: удосконалення та розвиток : електрон. вид. – 2015. – №11. – Режим доступу : <http://www.dy.nauka.com.ua/?op=1&z=922>.

170. Горелова Г. В. Моделирование взаимосвязи проблем системы высшего образования и социально-экономической системы средствами когнитивного подхода [Электронный ресурс] / Г. В. Горелова, Е. Л. Макарова. – Режим доступу : http://ubs.mtas.ru/upload/library/UB_S30125.pdf.

**Додаток 1. Акти про впровадження результатів дисертаційної
роботи**

Затверджую

Проректор з наукової роботи
Рівненського державного
гуманітарного університету

О.В. Дейнега

23.10.2023

А К Т

про впровадження та використання результатів дисертаційних досліджень Шестакевич Тетяни Валеріївни за темою «Математичне та програмне забезпечення інформаційно- технологічного супроводу інклюзивного навчання»

Цей акт засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Шестакевич Тетяни Валеріївни на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» використовуються у роботі кафедри інформатики та прикладної математики Рівненського державного гуманітарного університету в процесах організації особистісно-орієнтованого навчання математики та інформатики студентів університету, а також учнів ряду середніх шкіл м. Рівне та Рівненської області, організації проведення навчальних занять у спеціалізованих школах. Розроблене Т. Шестакевич математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання дає змогу підтримувати процеси навчання учнів з урахуванням їх психофізичних особливостей, реалізуючи основні положення сучасного педагогічного підходу компетентнісної особистісно-орієнтованої моделі навчання.

Результати досліджень Шестакевич Т.В. планується використовувати у роботі студентської проблемної групи «Комп'ютер у навчальному процесі школи і ВНЗ», а також при викладанні дисциплін «Аналіз даних», «Методика викладання інформатики», «Моделювання складних систем», «Проектування програмних систем», «Сучасні інформаційні технології».

Застосування системи інформаційно-технологічного супроводу особистісно-орієнтованого навчання особи з урахуванням можливостей та специфічних схильностей є корисним та ефективним інструментом підтримки процесів інклюзивного навчання дітей, які мають особливості психофізичного розвитку.

Завідувач кафедри інформатики
та прикладної математики РДГУ,
доктор технічних наук, професор

А. Я. Бомба



«Затверджую»

Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

проф. Н.І. Чухрай

12 2016 р.

А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» асистента кафедри інформаційних систем та мереж Шестакевич Тетяни Валеріївни, представлені на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, при виконанні науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка»

Ми, що нижче підписалися, начальник НДЧ, к.т.н., доц. Жук Л.В. та члени комісії: завідувач відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень, к.т.н. Лазько Г.В., заступник начальника планово-фінансового відділу Чулой Т.М. та завідувач кафедри інформаційних систем та мереж, д.т.н., проф. Литвин В.В. цим актом підтверджуємо, що результати дисертаційного дослідження асистента кафедри інформаційних систем та мереж Шестакевич Т.В. використано під час виконання науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка», зокрема:

- «Інформаційно-технологічна підтримка освітніх процесів, зорієнтованих на людей з особливими потребами» (2016-2017 рр., номер державної реєстрації 0116U007752);

В рамках науково-дослідної роботи Шестакевич Т.В. розробила математичну модель інклюзивного навчання, структурну модель інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, удосконалила метод контент-аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання.

- «Науково-освітнє соціокомунікаційне середовище великого міста: моделювання, прототипування, інформаційні технології» (2016-2019 рр., номер державної реєстрації 0116U006723);

В рамках науково-дослідної роботи Шестакевич Т.В. розробила алгоритмічні засоби, які реалізують інформаційну технологію супроводу вибору додаткових навчальних заходів, рекомендованих особі з особливими потребами (за місцем проживання) для застосування на етапі формування персоналізованої навчальної траєкторії інклюзивного навчання.

- «Комплексна оптимізація процесів виготовлення радіоелектронної апаратури за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (2013-2014 рр., номер державної реєстрації 0113U003199);

В рамках науково-дослідної роботи Шестакевич Т.В. розробила інформаційні моделі (діаграми інтерактивності) програмної реалізації методу Парето-оптимізації, розробила підходи до врахування принципу багатомодальності складної системи.

- «Розроблення методів забезпечення конкурентоздатності радіоелектронної апаратури шляхом комплексної оптимізації процесів виробництва за критеріями якості та раціонального використання ресурсів» (2010-2012 рр., номер державної реєстрації 0110U001112);

В рамках науково-дослідної роботи Шестакевич Т.В. розробила алгоритм багатокритеріального аналізу для варіації імовірнісних показників моделі, розкрила особливості формального опису взаємодії користувачів із програмним комплексом.

Використання розроблених Шестакевич Т.В. математичних моделей, методів, алгоритмів та програмних засобів моделювання процесів інклюзивного навчання дало змогу обґрунтувати вимоги до функцій системи інформаційних технологій супроводу інклюзивного навчання. Розроблені алгоритми та інформаційні моделі автоматизованої системи моделювання, дослідження та оптимізації виробничо-технологічних процесів використані у розробленні комп'ютерних програм ОПТАН-ВП та ОПТАН-ГК.

Начальник НДЧ,
канд. техн. наук, доц.

Л.В. Жук

Члени комісії:
зав. відділу НОСНД,
канд. техн. наук

Г.В. Лазько

Заст. нач. ПФВ

Т.М. Чулой

Зав. кафедри
інформаційних систем та мереж,
д. т. н., проф.

В.В. Литвин



«Затверджую»

Директор з науково-педагогічної роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

О.Р. Давидчак

« 14 » грудня 2016 р.

АКТ

про впровадження результатів кандидатської дисертаційної роботи асистента кафедри інформаційних систем та мереж Шестакевич Тетяни Валеріївни на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» у навчальний процес на кафедрі інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка»

Даним актом засвідчується, що наукові та практичні результати дисертаційної роботи асистента кафедри інформаційних систем та мереж Шестакевич Т.В. на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук впроваджено в навчальний процес кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка». Матеріали дисертаційного дослідження використовуються під час написання студентами курсових робіт, кваліфікаційних бакалаврських та магістерських робіт, а також під час викладання дисциплін «Методи та засоби інженерії даних та знань», «Інтелектуальні технології аналітико-синтетичного опрацювання інформації», «Методи прийняття рішень в активних середовищах», «Інноваційні інформаційні технології», «Розподілені системи баз даних та знань», «Методи та засоби квантитативної лінгвістики», «Методи та засоби комбінаторної лінгвістики», «Штучний інтелект в ігрових застосуваннях».

Зокрема, у навчальному процесі використовуються запропоновані Т. В. Шестакевич:

- Методи врахування особливостей отримання інформації від експертів-учасників процесу інклюзивного навчання, підходи до психологічних аспектів врахування багатоособових рішень в процесі інклюзивного навчання, підходи до структуризації генеральної мети прийняття рішення на окремих етапах інклюзивного навчання, підходи до синтезу глобальних пріоритетів альтернатив для етапу формування траєкторії інклюзивного навчання (навчальна дисципліна «Методи прийняття рішень в активних середовищах» для освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», спеціальність 124 «Системний аналіз», спеціалізація «Системи і методи прийняття рішень», тема 3 „Моделі та методи багатоособового прийняття рішень”, тема 5 „Методи прийняття стратегічних рішень”, тема 6 „Аналітичні методи прийняття рішень в активному середовищі”).
- Підходи до аналізу корпусу текстів інклюзивного навчання із використанням методу контент-аналізу, врахування специфіки психологічного та лінгвістичного підходів до видобування знань з текстів інклюзивного навчання, підходи до класифікації знань в системі інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання (навчальна дисципліна «Методи та засоби інженерії даних та знань» для освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», спеціальність 122 «Комп’ютерні науки», спеціалізація «Системи штучного інтелекту», тема 1 „Методи видобування знань з даних та текстів”, тема 4 „Методи класифікації і систематизації знань”, тема 7: „Придбання знань на прикладах”).
- Алгоритми врахування особливостей формування системи теоретичних, методичних знань про види, процеси, технології аналітико-синтетичного опрацювання інформації, що стосується інклюзивного навчання, аналізу та синтезу такої інформації, методів згортання та представлення інформації, що стосується інклюзивного навчання, у різних видах інформаційних продуктів, придатних для використання із застосуванням традиційних та комп’ютерних інформаційних систем (навчальна дисципліна «Інтелектуальні технології аналітико-синтетичного опрацювання інформації» для освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», напрям 6.050101 «Комп’ютерні науки та інформаційні технології», тема 2 „Форматне представлення інформації”, тема 4 „Методика використання програмних систем для створення електронних каталогів та баз даних”).
- Методи застосування новітніх інформаційних технологій як стратегічного ресурсу, практичного застосування їх до поставлених завдань; отримання навиків з адаптування та використання інформаційних технологій; набуття навиків роботи в

команді (навчальна дисципліна «Інноваційні інформаційні технології» для освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», спеціальність 122 «Комп'ютерні науки», спеціалізація «Управління проектами», тема 2 «Основи теорії інформаційних потоків та процесів обробки даних», тема 3 «Програмні засоби офісних технологій», тема 6 «Технології організації роботи в команді»).

- алгоритми побудови розподілених систем баз даних та знань для систем штучного інтелекту для ефективного виконання завдань інноваційного характеру та дослідження й розв'язання задач проектування та розроблення інформаційних систем з урахуванням специфіки навчання осіб з особливими потребами (навчальна дисципліна «Розподілені системи баз даних та знань» для освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», спеціальність 122 «Комп'ютерні науки», спеціалізація «Системи штучного інтелекту», тема 2 «Проектування розподіленої системи баз даних та знань», тема 3 «Інтеграція баз даних»).
- Методи та засоби побудови статистичних моделей тексту та ймовірнісних характеристик норм мови, методи та засоби статистичної лінгвістики для розв'язування задач лінгвометрії, стилеметрії, оцінювання статистичних параметрів мови та встановлення кількісних оцінок мовлення (навчальна дисципліна «Методи та засоби квантитативної лінгвістики» для освітньо-наукового рівня, спеціальність 124 «Системний аналіз», кваліфікація доктор філософії за спеціальністю «Системний аналіз», тема 2 «Статистичне опрацювання тексту», тема 7 «Статистична лінгвістика»).
- Методи та засоби обґрунтування вибору концептуальної лінгвістичної моделі опрацювання природномовних текстів відповідно до поставленої мети, структури та середовища інформаційної системи лінгвістичного аналізу та формування вимог відповідності інформаційної системи технічному завданню, підходи до аналізу природномовних текстових масивів даних інклюзивного навчання (навчальна дисципліна «Методи та засоби комбінаторної лінгвістики» для освітньо-наукового рівня, спеціальність 124 «Системний аналіз», кваліфікація доктор філософії за спеціальністю «Системний аналіз», тема 1 «Породжувальні граматики», тема 2 «Грамотичний аналіз», тема 6 «Мережі Петрі»).
- Алгоритми до розроблення складних систем штучного інтелекту для застосування в інклюзивному навчанні, моделей інформаційних систем засобами комп'ютерного моделювання (навчальна дисципліна «Штучний інтелект в ігрових застосуваннях» для освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр», спеціальність 122 «Комп'ютерні

науки», спеціалізація «Системи штучного інтелекту», тема 1 „Базові методи штучного інтелекту”, тема 2 „Дерева рішень та системи, засновані на правилах”).

Результати кандидатської дисертаційної роботи Шестакевич Т.В. опубліковані у навчальному посібнику: Математична лінгвістика. / Пасічник В.В., Щербина Ю.М., Висоцька В.А., Шестакевич Т.В. – Львів : “Новий світ – 2000”, 2012. – 359 с.

Директор
Інституту комп’ютерних наук та
інформаційних технологій,
д. т. н., проф.

М.О. Медиковський

Завідувач кафедри
інформаційних систем та мереж,
д. т. н., проф.

В.В. Литвин

Лектор навчальної дисципліни
«Методи прийняття рішень
в активних середовищах»,
к. е. н., доц.

А.В. Катренко

Лектор навчальної дисципліни
«Методи та засоби інженерії
даних та знань»,
д. т. н., проф.

В.В. Литвин

Лектор навчальної дисципліни
«Інтелектуальні технології аналітико-синтетичного
опрацювання інформації»,
д. н. с. к., проф.

Н.Е. Кунанець

Лектор навчальної дисципліни
«Розподілені системи баз даних та знань»,
д. т. н., проф.

Є.В. Буров

Лектор навчальної дисципліни
„Штучний інтелект в ігрових застосуваннях”,
д. т. н., проф.

Н.Б. Шаховська

Лектор навчальної дисципліни
«Інноваційні інформаційні технології»,
д. т. н., проф.

Р.М. Камінський

Лектор навчальних дисциплін
„Методи та засоби квантитативної лінгвістики”,
„Методи та засоби комбінатроної лінгвістики”,
д. т. н., проф.

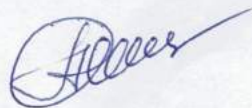
В.В. Пасічник

А К Т
про використання результатів дисертаційних досліджень
Шестакевич Тетяни Валеріївни
за темою
«Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу
інклюзивного навчання»

Актом підтверджується, що результати дисертаційного дослідження Шестакевич Тетяни Валеріївни на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» впроваджено та використовуються у навчальній та науково-методичній роботі кафедри вищої математики та інформатики Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Зокрема, її наукові результати використовуються для вдосконалення навчально-методичного забезпечення та процесів викладання дисципліни «Методика навчання інформатики».

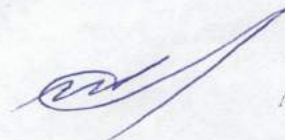
Інклюзивне навчання осіб з особливими потребами передбачає реалізацію принципів особистісно-орієнтованого навчання. Застосування інформаційних технологій супроводу інклюзивного навчання уможливило, серед іншого, враховувати особливості психофізичного розвитку особи, її схильностей та специфічних освітніх потреб. Використання системного підходу до розроблення програмного та математичного забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання, запропонований Шестакевич Т.В., дає змогу високотехнологічно реалізувати підтримку усіх етапів інклюзивного, та особистісно-орієнтованого навчання – від встановлення особливостей освітніх потреб особи і до розроблення індивідуальних навчальних планів та аналізу результатів такого навчання. Метод багатоварового аналізу даних, запропонований Шестакевич Т.В., дає змогу планувати процеси особистісно-орієнтованого навчання інформатиці, виявляти, враховувати та реалізовувати на базі сучасних інформаційних технологій інноваційні педагогічні методики навчання.

Завідувач кафедри вищої математики
та інформатики
Східноєвропейського національного
університету імені Лесі Українки,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент



А.А. Федонюк

Перший проректор,
проректор з адміністрування та розвитку
д.н.ф.с., професор



А.В. Цьобь



Підпис *Федонюк А.А.*
ЗАСВІДЧУЮ *Цьобь А.В.*
Вчений секретар університету *Федонюк А.А.*
"18" 01 2017р.

А К Т

про впровадження результатів дисертаційних досліджень

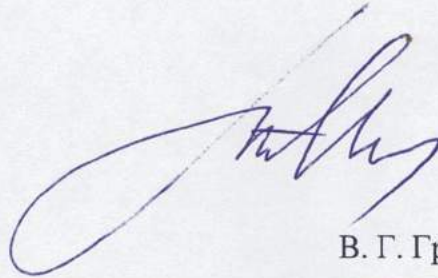
Шестакевич Тетяни Валеріївни

за темою «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання»

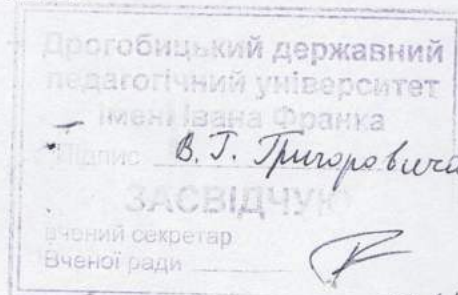
Цим актом стверджується, що результати дисертаційного дослідження Шестакевич Тетяни Валеріївни на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» використовуються у навчальній роботі кафедри інформаційних систем і технологій інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка для удосконалення професійної підготовки студентів.

Сформовані Шестакевич Т.В. вимоги до функцій програмних засобів супроводу інклюзивного навчання використовуються при виконанні ряду тем наукових досліджень кафедри при розробленні навчальних програмних комплексів. Моделі інформаційних технологій супроводу окремих етапів інклюзивного навчання, запропоновані Шестакевич Т.В., використовуються для удосконалення системи автоматизації управління освітньою діяльністю ВНЗ та його підрозділів, розроблених та впроваджених кафедрою інформаційних систем і технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. Реалізація додаткових функціональних можливостей системи автоматизації управління освітньою діяльністю університету дає змогу впровадити новітні інтегровані освітні технології, технічні, інформаційні та комунікаційні засоби навчання, орієнтовані на особистісні характеристики студента.

Завідувач кафедри інформаційних систем і технологій Інституту фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, кандидат фізико-математичних наук, доцент



В. Г. Григорович



22.11.2016

А К Т

про впровадження та використання результатів дисертаційних досліджень Шестакевич Тетяни Валеріївни за темою «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання»

Цим актом засвідчується, що результати дисертаційного дослідження Шестакевич Тетяни Валеріївни на тему «Математичне та програмне забезпечення інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання» використовуються у роботі кафедри інформаційних технологій та аналітики Карпатського університету імені Августина Волошина. Для удосконалення процесу оцінювання знань студентів, що навчаються дистанційно, було використано запропоновані Шестакевич Т. В. методи та реалізовано процедури залучення фахівців дистанційного навчально-консультаційного центру навчання осіб з особливими потребами до оцінювання результатів навчання.

Запропонована Шестакевич Т.В. модель інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання як комплексного багатокрокового процесу відповідає сучасним світовим освітнім тенденціям і дає можливість враховувати специфіку дистанційної, стаціонарної та змішаної форми навчання, що активно використовується у навчальному процесі кафедри інформаційних технологій та аналітики Карпатського університету імені Августина Волошина.

Завідувач кафедри інформаційних технологій та аналітики
Карпатського університету
імені А. Волошина, к.т.н., доцент

В.І. Кут

Підпис Кута В.І.

*засвідчую:
во відділ кадрів
Карпатського університету
ім. А. Волошина*



[Handwritten signature]

Л. О. Солбоком

12.2016

Додаток 2. Моделювання порядку слідування освітніх завдань для етапу 2-4 процесу інклюзивного навчання

Другий етап ІІІ

Цей етап полягає у визначенні мети навчання особи у залежності від особливостей її психофізичного розвитку. Визначення особливостей психофізичного розвитку реалізовується шляхом дослідження результатів комплексного оцінювання психофізичного розвитку особи, з даних, отриманих в результаті діагностування особи в ПМПК, аналізу інформації, отриманої від батьків і безпосередньо від особи. У разі діагностування відхилень від нормального фізичного чи психічного розвитку для особи необхідно визначити мету навчання, що відповідає її потребам та можливостям.

Характеристики складових елементів етапу визначення мети навчання подано у таблиці 1:

Таблиця 1. Характеристики складових елементів етапу визначення мети навчання

Зміст складових етапу	Ідентифікатор складових етапу	ФП
Визначення аналізу даних, отриманих в процесі проведення комплексного оцінювання особи	Аналіз комплексної оцінки особи	$m_{2,1}$
Визначення мети навчання особи з особливостями психофізичного розвитку з урахуванням індивідуальних потреб і можливостей	Визначення мети навчання особи з ОНР	$m_{2,2}$

Опис складових етапу визначення ОНР особи подамо відношенням нестроного порядку елементів у такому виді:

$$m_2 \leq m_{2,1}, (1)$$

$$m_2 \leq m_{2,2}, (2)$$

У процесі аналізу результатів комплексного оцінювання особи досліджують дані, отриманих в результаті діагностування особи в ПМПК, а також інформацію, отриману від батьків і безпосередньо особи, що проходила діагностування в ПМПК. На основі аналізу цих даних робиться висновок про відсутність чи наявність особливостей психофізичного розвитку, і яких саме. Характеристики завдання, що реалізує процес визначення ОНР на основі комплексної оцінки особи, подано у таблиці 2:

Таблиця 2. Характеристики завдання, що реалізує процес визначення ОНР на основі комплексної оцінки особи

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Застосування методик для аналізу результатів комплексного оцінювання особи та встановлення психофізичних особливостей особи	Визначення ОНР на основі комплексної оцінки особи	$m_{2,3}$

Опис завдання, що полягає у визначенні ОНР на основі комплексної оцінки особи, подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{2,1} \leq m_{2,3}, (3)$$

В ході реалізації завдання визначення ОПР з комплексної оцінки особи визначаються особливості психофізичного розвитку особи. Визначені особливості є вагомим чинником у процесі вибору мети навчання особи з ОПР. Характеристики ОПР особи як освітнього завдання – у таблиці 3:

Таблиця 3. Характеристики ОПР особи

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Визначення особливостей психофізичного розвитку	ОПР	$m_{2,4}$

Формально визначення особливостей психофізичного розвитку особи як результат видобування знань з комплексної оцінки особи подамо у наступному вигляді:

$$m_{2,3} \leq m_{2,4}, \quad (4)$$

У залежності від встановлених особливостей психофізичного розвитку визначають мету навчання особи. Процес визначення мети навчання осіб з особливими потребами визначається учасниками ходу ІН, і полягає у здобутті компетенцій, досвіду, знань, умінь та навичок у відповідних предметних областях. Мета навчання відповідає потребам і можливостям особи, що дає змогу виділити окремо зміст та форму навчання, безпосередньо пов'язані з визначеними ОПР. Характеристики складових завдання визначення мети навчання особи у залежності від особливостей її психофізичного розвитку подано у таблиці 4:

Таблиця 4. Характеристики завдання визначення мети навчання особи

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Вибір форми навчання, що найбільш повно відповідає потребам та можливостям особи з ОПР	Визначення форми навчання особи з ОПР	$m_{2,5}$
Визначення змісту навчання з урахуванням обраної форми навчання	Визначення змісту навчання особи з ОПР	$m_{2,6}$

Завдання з визначення мети навчання особи у залежності від характеру особливих потреб подамо відношенням нестрогого порядку елементів у такому виді:

$$m_{2,4} \leq m_{2,5}, \quad (5)$$

$$m_{2,4} \leq m_{2,6}, \quad (6)$$

$$m_{2,2} \leq m_{2,5} \quad (7)$$

$$m_{2,2} \leq m_{2,6}. \quad (8)$$

Форма навчання осіб з особливими потребами – це базовий спосіб засвоєння змісту навчання. Форми навчання осіб з особливими потребами в Україні визначені законодавчо – це навчання у спеціальному загальноосвітньому закладі, навчання у спецкласі масового навчального закладу, навчання у звичайному класі масового навчального закладу (інклюзивне навчання), навчання вдома і т. ін. Характеристики складових завдання визначення форми навчання для особи з ОПР подано у таблиці 5:

Таблиця 5. Характеристики складових завдання визначення формату навчання особи

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Навчання у спеціальних освітніх закладах	Навчання у спецзакладі	$m_{2,7}$
Навчання у загальноосвітньому класі масової школи	Інклюзивне навчання	$m_{2,8}$
Навчання осіб з особливими потребами вдома	Домашнє навчання особи з ОНР	$m_{2,9}$

Складові завдання визначення форми навчання особи з ОНР подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_{2,5} \leq m_{2,7}, \quad (9)$$

$$m_{2,5} \leq m_{2,8}, \quad (10)$$

$$m_{2,5} \leq m_{2,9}, \quad (11)$$

Сучасні тенденції в навчанні осіб з особливими потребами вимагають докладного аналізу освітніх процесів у ключі власне інклюзивного навчання.

У змісті навчання закладено навчальні цілі, які необхідно досягти в процесі навчання (належні компетенції, досвід, розвиток здібностей, знання, уміння й навички у відповідних предметних областях тощо). Зміст навчання дітей з особливими потребами з 1-го вересня 2014 року формується згідно розроблених МОН України «Типових навчальних планів спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей з особливими освітніми потребами» (наказ МОН від 28.01.2014 № 80). У «Типових навчальних планах...» визначено: зміст і структуру початкової загальної освіти дітей з особливими потребами на основі інваріантної та варіативної складових, якими встановлюється погодинне співвідношення між освітніми галузями; гранично допустиме тижневе навантаження учнів; загальнотижневу кількість годин за освітніми галузями та загальнотижнева кількість годин на корекційно-розвиткові заняття.

Характеристики адаптованого «Типового навчального плану...» особи подано у табл. 6:

Таблиця 6. Характеристики реалізації процедури визначення змісту інклюзивного навчання

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Персоналізація «Типових навчальних планів спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей з особливими освітніми потребами» для врахування особливих потреб особи	Адаптований «Типовий навчальний план...» до ОНР особи	$m_{2,10}$

Реалізацію процедури визначення змісту інклюзивного навчання у формі адаптованого «Типового навчального плану...» подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_{2,4} \leq m_{2,10}, \quad (12)$$

$$m_{2,6} \leq m_{2,10}. \quad (13)$$

Інваріантна складова формується на державному рівні і є обов'язковою для всіх загальноосвітніх навчальних закладів незалежно від їх підпорядкування, типу та форми

власності. Змістове наповнення освітніх галузей інваріантної складової визначається Державним стандартом початкової загальної освіти, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України 20 квітня 2011 р. № 462. Проте, набутий фахівцями досвід роботи в процесах навчання осіб з особливими потребами свідчить про доцільність та необхідність персоналізованого підходу до освіти такої категорії осіб, покращенню освітніх результатів сприятиме індивідуальна адаптація розроблених МОН «Типових навчальних планів...».

Для особи з особливостями психофізичного розвитку корекційно-реабілітаційну роботу доцільно планувати індивідуально, спираючись на можливості особи. Так, наприклад, для особи з вадами слуху корекційно-реабілітаційна робота базується на розвитку слухового, тактильно-вібраційного сприймання мовленнєвих і не мовленнєвих звуків, максимальному використанні залишкового слуху і системи спеціальних вправ фонетичної ритміки для формування вимови. Основні аспекти корекційної роботи з особами з вадами слуху сформовані, наприклад, у верботональну методику, розроблену спеціалістами центру «Суваг» у хорватському місті Загреб, в Україні використовується у центрі «Суваг-Київ». Авторські методики корекційно-реабілітаційної роботи розроблені, практично, у кожному спеціальному освітньому закладі.

Таким чином, формально визначено складові елементи другого етапу ходу ІН особою з особливими потребами – викладено специфіку формування мети навчання в залежності від визначених особливостей психофізичного розвитку особи.

Множина елементів M_2 , введених для другого етапу ІН, має такий вигляд:

$$M_1 = \{ m_{2,1}, m_{2,2}, m_{2,3}, m_{2,4}, m_{2,5}, m_{2,6}, m_{2,7}, m_{2,8}, m_{2,9}, m_{2,10} \}.$$

Умови слідування, задані в (14) – (26), формують відношення нестрогого порядку на множині M_2 .

Третій етап ІН

Сформована мета навчання особи з особливими потребами поєднує форму та зміст навчання з корекційною складовою. Реалізація мети навчання вимагає підбору відповідних методів та засобів її досягнення, зафіксований набір таких методів та засобів з урахуванням особистісної зорієнтованості складає індивідуальний навчальний план (ІНП) особи з особливостями психофізичного розвитку. ІНП є формальний документом, що містить всебічну інформацію про дитину і освітні послуги, які вона повинна отримувати.

Процес укладання індивідуального навчального плану для особи з ОПР, що навчатиметься інклюзивно та відвідуватиме профільні позанавчальні установи, лежить в основі третього етапу освітнього процесу особи з особливими потребами. Характеристики складових етапу укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...» подано у таблиці 7:

Таблиця 7. Характеристики складових етапу укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...»

Зміст складових етапу	Ідентифікатор складових етапу	ФП
Розроблення індивідуального навчального плану для особи з особливостями психофізичного розвитку в рамках інклюзивного навчання	Укладання ІНП інклюзивного навчання особи з ОПР	$m_{3,1}$

Складові етапу укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...» подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_3 \leq m_{3,1}, \quad (14)$$

Індивідуальний навчальний план розробляється командою педагогів, відповідних фахівців та батьків особи, інтегруючи їхні зусилля для розроблення комплексної програми роботи з особою, і визначає характер та об'єм послуг, які надаватиме кожний профільний фахівець.

В процесі укладання ІНП фахівцям необхідно сформувати ефективну цілісну комбінацію методів та засобів досягнення мети навчання, тобто підібрати адекватні методики навчання, необхідне навчальне та методичне забезпечення, технічні засоби, визначити необхідний рівень фахової підтримки спеціалістів згідно особливостей та потреб особи. Характеристики завдань, що є складовими процесу укладання індивідуального навчального плану для осіб з ОНР, подано у таблиці 8:

Таблиця 8. Характеристики завдань, що є складовими процесу укладання індивідуального навчального плану для осіб з ОНР

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Поєднання загальноосвітніх компонентів навчання зі спеціальними програмами, методиками, підходами	Підбір навчально-методичного забезпечення навчання особи з ОНР	$m_{3,2}$
Формування лінійки технічних та матеріальних засобів для супроводу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами	Підбір матеріально-технічного забезпечення навчання особи з ОНР	$m_{3,3}$
Створення команди фахівців – учителів та викладачів, що працюють з особами з особливими потребами, медиків, психологів, реабілітологів та ін.	Підбір кадрового забезпечення навчання особи з ОНР	$m_{3,4}$
Врахування поблизу розташованих освітніх закладів, де реалізовано інклюзивне навчання	Вибір закладу інклюзивного навчання за місцем проживання особи з ОНР	$m_{3,5}$
Врахування досвіду батьків під час створення ІНП	Допомога батьків	$m_{3,6}$
Нормативно-правове та інформаційне підтримання інклюзивної освіти	Організаційно-правове забезпечення інклюзивної освіти	$m_{3,7}$
Взаємне поєднання складових індивідуального навчального плану	Узгодження складових ІНП	$m_{3,8}$
Втілення в життя індивідуального навчального плану, розробленого для особи з особливими потребами для інклюзивного навчання	Реалізація ІНП	$m_{3,9}$

Завдання, що лежать в основі укладання індивідуального навчального плану особи для інклюзивного навчання, подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_{3,1} \leq m_{3,2}, \quad (28)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,3}, \quad (29)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,4}, \quad (30)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,5}, \quad (31)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,6}, \quad (32)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,7}, \quad (33)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,8}, \quad (34)$$

$$m_{3,1} \leq m_{3,9}, \quad (35)$$

В ході розв'язання завдання підбору навчально-методичного забезпечення навчання осіб з особливими потребами відбувається поєднання змісту підручників, консолідація загальноосвітніх та спеціальних планів, програми, методик навчання для забезпечення реалізації різнорідних форм навчання. Характеристики навчально-методичного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОПР подано у таблиці 9:

Таблиця 9. Характеристики навчально-методичного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОПР

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Консолідація загальноосвітніх та спеціальних планів, програм, методик навчання, адаптування змісту загальноосвітніх та спеціальних підручників	Навчально-методичне забезпечення навчання особи з ОПР	$m_{3,10}$

Формування навчально-методичного забезпечення освітніх процесів осіб з ОПР, що навчаються за інклюзивною формою навчання, подамо відношенням нестрогого порядку елементів у такому виді:

$$m_{3,2} \leq m_{3,10}, \quad (15)$$

Завдання підбору матеріально-технічного забезпечення навчання осіб з особливими потребами полягає у добиранні спеціалізованих комп'ютерних засобів з відповідним проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням та доступом до ресурсів мережі Інтернет, а також спеціалізованих засобів: читаючих машин, тифломагнітофонів, Брайлівських дисплеїв, звукопідсилюючої апаратури і т. ін. Характеристики матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОПР подано у таблиці 10:

Таблиця 10. Характеристики матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОПР

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Забезпечення доступу до Інтернету, до ПК з проблемно-орієнтованим програмним забезпеченням, а також до спеціалізованих засобів	Матеріально-технічне забезпечення навчання особи з ОПР	$m_{3,11}$

Формування матеріально-технічного забезпечення освітніх процесів осіб з особливими потребами, що навчаються інклюзивно, подамо відношенням нестрогого порядку у такому виді:

$$m_{3,3} \leq m_{3,11}, \quad (16)$$

Визначальним чинником у підборі методів та засобів досягнення мети навчання є належний фаховий рівень та педагогічна майстерність учителів та викладачів, що працюють з особами з особливими потребами, а також матеріально-технічне та фінансове забезпечення. Зазначена категорія педагогів, що, фактично, формують кадровий базис

процесів навчання, повинна мати відповідну профільну освіту, систематично підвищувати свій фаховий рівень, володіти сучасними технологічними знаннями та відповідними навичками. До фахівців, які забезпечують навчальний процес осіб з особливими потребами, належать асистенти вчителя інклюзивного навчання, медичний персонал, психологи, реабілітологи та інші профільні фахівці за нозологіями. Так, для осіб з вадами слуху профільними фахівцями є сурдоперекладачі, фахівці маноральної мови (спеціалісти, що володіють системою ручних знаків для доповнення недоступних окочів елементів артикуляції), перекладачі-дактилологи (спеціалісти з перекладу усної мови на мову жестів та навпаки). Ефективна співпраця різнопланових фахівців забезпечує досягнення командного принципу, що є необхідною передумовою успішної реалізації принципів інклюзивної освіти. Характеристики кадрового забезпечення інклюзивного навчання особи з ОПР подано у таблиці 11:

Таблиця 11. Характеристики кадрового забезпечення інклюзивного навчання

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Комплектування штату закладу навчання педагогами відповідного фахового рівня, асистентами учителя, психологами, медичним персоналом та фахівцями за нозологіями	Кадрове забезпечення навчання особи з ОПР	$m_{3,12}$

Формування кадрового забезпечення освіти осіб з особливими потребами, що навчаються за інклюзивною формою навчання, подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{3,4} \leq m_{3,12}, \quad (17)$$

Індивідуальний навчальний план формується із урахуванням мережі навчальних та позанавчальних освітніх закладів, доступних особі з особливими потребами за місцем її проживання. Під позаосвітньою активністю фахівці зазвичай розуміють відвідування гуртків, спортивних секцій, студій, клубів тощо, де особа отримує можливість адаптуватись до соціального життя, набути досвіду особистісного спілкування, отримати професійні навички тощо. Заклади, в яких відбуватиметься інклюзивне навчання осіб з ОПР, технічно повинні відповідати сучасним вимогам із задоволення потреб цих специфічних категорій. Характеристики вибору закладів освіти для осіб з ОПР, що навчаються за інклюзивною формою навчання, подано у таблиці 12:

Таблиця 12. Характеристики вибору закладів освіти для осіб з ОПР, що навчаються за інклюзивною формою навчання

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Вибір навчальних закладів за місцем проживання особи з ОПР, у яких реалізовано принципи інклюзивного навчання та забезпечено безбар'єрне архітектурне середовище, а також установ, де особа з особливими потребами за місцем проживання отримує додаткові знання і навички соціального спілкування	Заклади інклюзивної освіти за місцем проживання особи з ОПР	$m_{3,13}$

Вибір освітніх закладів, що відповідають вимогам інклюзивного навчання осіб з особливими потребами, подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{3,5} \leq m_{3,13}, \quad (18)$$

Включення в структури загальної системи інформаційно-технологічного супроводу освітнього процесу осіб з особливими потребами такого компоненту, як «батьки», в якості складового елементу процесу формування ІНП відображає, зокрема, принцип командної роботи в контексті реалізації принципів інклюзивної освіти. Знання та вміння батьків та різнопланових проблемно-орієнтованих фахівців інтегруються в ході розроблення та реалізації індивідуального навчального плану.

Під організаційно-правовим забезпеченням процесу укладання ІНП розуміємо нормативно-правове законодавче підґрунтя освіти осіб з особливими потребами, інформацію про поле діяльності громадських об'єднань, профільних організацій, фондів, спортивних секцій, культурологічних гуртків тощо.

Підібране навчально-методичне, матеріально-технічне, кадрове, організаційно-правове забезпечення інклюзивного навчання особи з особливими потребами за місцем проживання, у поєднанні із розпланованою батьківською допомогою, в ході процедури узгодження формує індивідуальний навчальний план. Характеристики поєднання складових, що формують ІНП, подано у таблиці 13:

Таблиця 13. Характеристики складових ІНП

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Формування індивідуального навчального плану для особи з особливостями психофізичного розвитку в рамках інклюзивного навчання	ІНП особи з ОПР	$m_{3,14}$

Формування індивідуального навчального плану узгодженням його складових подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{3,10} \leq m_{3,14}, \quad (19) \quad m_{3,6} \leq m_{3,14}, \quad (23)$$

$$m_{3,11} \leq m_{3,14}, \quad (20) \quad m_{3,7} \leq m_{3,14}, \quad (24)$$

$$m_{3,12} \leq m_{3,14}, \quad (21) \quad m_{3,8} \leq m_{3,14}, \quad (25)$$

$$m_{3,13} \leq m_{3,14}, \quad (22)$$

Процедура реалізації індивідуального навчального плану особою з особливими потребами полягає у проведенні усіх запланованих навчальних дій, передбачених планом, із використанням відповідного навчального, методичного, матеріального, технічного, та ін. супроводу інклюзивної освіти особи. Характеристики накопичених результатів реалізації ІНП подано у таблиці 14:

Таблиця 14. Характеристики результатів реалізації ІНП

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Формування звітних даних про реалізацію індивідуального навчального плану особи, що має особливі потреби та навчається інклюзивно	Результати реалізації ІНП за інклюзивного навчання особою з ОПР	$m_{3,15}$

Накопичення результатів реалізації ІНП подамо відношенням нестроного порядку так:

$$m_{3,14} \leq m_{3,15}, \quad (26)$$

$$m_{3,9} \leq m_{3,15}, \quad (27)$$

Таким чином, формально визначено складові елементи третього етапу ІН – викладено характеристики завдань, які вирішуються в ході розроблення індивідуального навчального плану для особи.

Множина елементів M_3 , введених для третього етапу ІН, має такий вигляд:

$$M_1 = \{ m_{3,1}, m_{3,2}, m_{3,3}, m_{3,4}, m_{3,5}, m_{3,6}, m_{3,7}, m_{3,8}, m_{3,9}, m_{3,10}, m_{3,11}, m_{3,12}, m_{3,13}, m_{3,14}, m_{3,15} \}.$$

Умови слідування, задані в (27) – (48), формують відношення нестроного порядку на множині M_3 .

Четвертий етап ІН

Цей етап реалізації освітнього процесу особи з особливими потребами полягає у оцінюванні результатів виконання ІНП, сформованого на попередньому етапі. Реальний рівень знань особи оцінюють за допомогою специфічних обґрунтованих способів. За результатами оцінки знань буде прийняте рішення про наступний крок освітньої роботи з особою. Характеристики оцінювання результатів реалізації індивідуального навчального плану інклюзивного навчання особою з особливими потребами та прийняття рішень на основі таких результатів подано у таблиці 15:

Таблиця 15. Характеристики оцінювання результатів реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з особливими потребами та прийняття рішень на їх основі

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Визначення освітнього прогресу із застосуванням відповідних методик	Оцінювання результатів реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з ОПР	$m_{4,1}$
Вибір подальшої стратегії освітньої роботи з особою за результатами оцінювання її реальних знань	Прийняття рішень за результатами навчання	$m_{4,2}$

Опис оцінювання реального рівня знань особи після реалізації ІНП інклюзивного навчання подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_4 \leq m_{4,1}, \quad (28)$$

$$m_4 \leq m_{4,2}, \quad (29)$$

Оцінювання результатів реалізації ІНП здійснюється за окремими специфічними попередньо апробованими та верифікованими методиками. Такі методики повинні характеризувати не лише навчальний прогрес особи, але й в обов'язковому порядку аналізувати поступ у розвитку соціальних вмінь особи. Характеристики завдань, що виникають в ході оцінювання результатів реалізації ІНП, подано у таблиці 16:

Таблиця 16. Характеристики завдань, що складають процес оцінювання результатів

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Визначення навчального прогресу особи з особливими потребами із застосуванням відповідних методик	Оцінювання навчальних досягнень осіб з ОНР в інклюзивному навчанні	$m_{4,3}$
Аналіз розвитку соціальних компетенцій особи з особливими потребами	Оцінювання розвитку соціальної компетентності осіб з ОНР в інклюзивному навчанні	$m_{4,4}$

Опис оцінювання освітнього розвитку особи з особливими потребами подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{4,1} \leq m_{4,3}, \quad (30)$$

$$m_{4,1} \leq m_{4,4}, \quad (31)$$

Результати реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи з особливими потребами є складовими оцінки ефективності реалізації індивідуального навчального плану особи. Характеристики оцінених результатів реалізації індивідуального навчального плану подано у таблиці 17:

Таблиця 17. Характеристики оцінених результатів реалізації ІНП

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Оцінення освітнього прогресу особи з особливими потребами, що навчалась за індивідуальним навчальним планом	Оцінені результати реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з ОНР	$m_{4,5}$

Оцінені результати реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з особливими потребами подамо відношенням нестроного порядку у такому виді:

$$m_{4,3} \leq m_{4,5}, \quad (32)$$

$$m_{4,4} \leq m_{4,5}, \quad (33)$$

Результати реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи дають змогу прийняти рішення про ефективність реалізації індивідуального навчального плану особою з особливими потребами. Якщо отримані виміри результатів навчання допустимо відрізняються від очікуваних, в процесі прийняття рішення за результатами навчання робиться висновок про достатній рівень засвоєння змісту навчання та ухвалюється рішення про наступну ітерацію в реалізації навчального процесу. Характеристики складових елементів оцінювання результатів реалізації ІНП подамо у таблиці 18:

Таблиця 18. Характеристики складових елементів оцінювання результатів реалізації ІНП

Зміст завдання	Ідентифікатор завдання	ФП
Ініціювати наступний цикл навчання спираючись на те, що, за результатами оцінювання освітнього прогресу, особою досягнуто мети навчання, викладену в ІНП	Визначення нової мети навчання	$m_{4,6}$
Оптимізувати ІНП спираючись на те, що, за результатами оцінювання освітнього прогресу, особою не досягнуто мети навчання, викладеної у ІНП	Реформування ІНП	$m_{4,7}$

Опис складових елементів оцінювання результатів реалізації ІНП подамо відношенням нестроного порядку елементів у такому виді:

$$m_{4,5} \leq m_{4,6}, \quad (34) \qquad m_{4,2} \leq m_{4,6}, \quad (37)$$

$$m_{4,5} \leq m_{1,1}, \quad (35) \qquad m_{4,2} \leq m_{1,1}, \quad (38)$$

$$m_{4,5} \leq m_{4,7}, \quad (36) \qquad m_{4,2} \leq m_{4,7}, \quad (39)$$

Таким чином, формально визначено складові елементи четвертого етапу ІІІ – викладено специфіку завдань, що виникають в ході прийняття рішень за результатами навчання особи.

Множина елементів M_4 , введених для четвертого етапу ІІІ, має такий вигляд:

$$M_4 = \{ m_{4,1}, m_{4,2}, m_{4,3}, m_{4,4}, m_{4,5}, m_{4,6}, m_{4,7} \}.$$

Умови слідування, задані в (1) – (39), формують відношення нестроного порядку на множині M_4 .

Відношення нестроного порядку частково впорядкованої множини

У загальному випадку частково впорядкована множина елементів, формально введених для чотирьох етапів ІІІ, матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} M = M_0 \cup M_1 \cup M_2 \cup M_3 \cup M_4 = \\ \{ m_0, m_{0,1}, m_{0,2}, m_{0,3}, m_{0,4}, \\ m_{1,1}, m_{1,2}, m_{1,3}, m_{1,4}, m_{1,5}, m_{1,6}, \\ m_{2,1}, m_{2,2}, m_{2,3}, m_{2,4}, m_{2,5}, m_{2,6}, m_{2,7}, m_{2,8}, m_{2,9}, \\ m_{3,1}, m_{3,2}, m_{3,3}, m_{3,4}, m_{3,5}, m_{3,6}, m_{3,7}, m_{3,8}, m_{3,9}, m_{3,10}, m_{3,11}, m_{3,12}, m_{3,13}, m_{3,14}, m_{3,15}, \\ m_{4,1}, m_{4,2}, m_{4,3}, m_{4,4}, m_{4,5}, m_{4,6}, m_{4,7} \}. \end{aligned}$$

Для задання нестроного порядку на множині елементів M доповнимо умови слідування, задані у (1) – (39):

$$m_{1,6} \leq m_{2,1}, \quad (40)$$

$$m_{1,6} \leq m_{2,2}, \quad (41)$$

$$m_{3,15} \leq m_{4,1}, \quad (42)$$

$$m_{3,15} \leq m_{4,2}, \quad (43)$$

$$m_{2,10} \leq m_{3,1}, \quad (44)$$

$$m_{4,5} \leq m_{3,1}, \quad (45)$$

$$m_{4,2} \leq m_{3,1}. \quad (46)$$

Умови слідування (40) – (46) пов'язують між собою елементи різних підмножин множини M .

Додаток 3. Моделювання урахування контексту реалізації освітніх завдань для етапу 2-4 інклюзивного навчання

Другий етап ІІ

Цей етап полягає у визначенні мети навчання особи у залежності від особливостей її психофізичного розвитку – відхилень від нормального фізичного чи психічного розвитку, зумовлених вродженими чи набутими розладами.

Визначення особливостей психофізичного розвитку реалізується шляхом аналізу даних, отриманих в результаті комплексного оцінювання особи в ПМПК, дослідженні інформації, отриманої від батьків і безпосередньо від особи. У разі діагностування відхилень від нормального фізичного чи психічного розвитку для особи необхідно визначити мету навчання, що враховує її індивідуальні потреби та можливості.

Введемо позначення складових елементів етапу визначення мети навчання (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристики складових елементів етапу визначення мети навчання

<i>Ідентифікатор складових етапу</i>	<i>ФП</i>
Процес аналізу комплексної оцінки особи	n_1^2
Процес визначення мети навчання особи з ОПР	n_2^2

Формально процеси, що реалізують етап визначення мети навчання, подамо у такому вигляді:

$$t_1^1 n^2 \rightarrow n_1^2 n_2^2 (p_1^2)$$

Позначимо процедуру, що реалізує процес визначення ОПР на основі комплексної оцінки особи (табл. 2).

Таблиця 2. Характеристики процедури, що реалізує процес визначення ОПР

<i>Ідентифікатор процедури</i>	<i>ФП</i>
Процедура визначення ОПР на основі комплексної оцінки особи	$n_{1,1}^2$

Процедуру визначення ОПР на основі комплексної оцінки особи зафіксуємо наступним чином:

$$n_1^2 \rightarrow n_{1,1}^2 (p_2^2)$$

Ознакою реалізації процедури визначення ОПР з комплексної оцінки особи є встановлені особливості психофізичного розвитку особи, у фахових публікаціях дослідники виділяють вісім типів особливостей психофізичного розвитку. Визначені особливості є визначальним чинником в процесі вибору мети навчання особи з ОПР. Введемо наступне позначення ознаки реалізації процедури визначення ОПР особи (табл. 3).

Таблиця 7. Характеристика ознаки реалізації процедури визначення ОПР особи

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
ОПР	t_1^2

Встановлені особливості психофізичного розвитку особи як ознаку реалізації процедури визначення ОПР особи формально подамо як:

$$n_{1,1}^2 \rightarrow t_1^2 (p_3^2)$$

Мету навчання особи визначають у залежності від встановлених особливостей психофізичного розвитку. Визначення мети навчання осіб з особливими потребами здійснюється учасниками процесу ІН, і полягає у ідентифікації множини компетенцій, досвіду, знань, умінь та навичок у відповідних предметних областях. Мета навчання відповідає потребам і можливостям особи, що дає змогу виділити окремо форму навчання та залежний від неї зміст навчання, безпосередньо пов'язані з визначеними ОНР. Введемо наступні формальні позначення складових процесу визначення мети навчання особи у залежності від особливостей її психофізичного розвитку (табл. 4).

Таблиця 4. Характеристики процедур процесу визначення мети навчання особи у залежності від ОНР

<i>Ідентифікатор процесу</i>	<i>ФП</i>
Процедура визначення форми навчання особи з ОНР	$n_{2,1}^2$
Процедура визначення змісту навчання особи з ОНР	$n_{2,2}^2$

Формально процес визначення мети навчання особи з ОНР подамо таким чином:

$$t_1^2 n_2^2 \rightarrow n_{2,1}^2 n_{2,2}^2 (p_4^2)$$

Форма навчання осіб з особливими потребами – це базовий спосіб засвоєння змісту навчання, що найбільш повно відповідає потребам і можливостям особи. Навчання осіб з особливими потребами реалізовується через навчання у спеціальному загальноосвітньому закладі, навчання у спецкласі масового навчального закладу, навчання у звичайному класі масового навчального закладу (інклюзивне навчання), навчання вдома і т. ін. [5. Нормативно-правова база в сфері інклюзивної освіти. Ознакою реалізації процедури визначення форми навчання особи з ОНР є встановлена форма навчання. Введемо формальні позначення ознак реалізації процедури визначення форми навчання особи з ОНР (табл. 5).

Таблиця 5. Характеристики ознак реалізації процедури визначення форми навчання особи з ОНР

<i>Ідентифікатор процедури</i>	<i>ФП</i>
Навчання особи з ОНР у спецзакладі	t_2^2
Інклюзивне навчання особи з ОНР	t_3^2
Домашнє навчання особи з ОНР	t_4^2

Формально ознаки реалізації процедури визначення форми навчання особи з ОНР подамо таким чином:

$$n_{2,1}^2 \rightarrow t_2^2 | t_3^2 | t_4^2 (p_5^2)$$

Сучасні тенденції в навчанні осіб з особливими потребами вимагають докладного аналізу освітніх процесів у ключі власне інклюзивного навчання.

Змісті навчання охоплює навчальні цілі, які необхідно досягти в процесі навчання – відповідні компетенції, досвід, знання, уміння й навички у відповідних предметних областях тощо. Зміст навчання дітей з особливими потребами з 1-го вересня 2014 року формується згідно розроблених МОН України «Типових навчальних планів спеціальних загальноосвітніх навчальних закладів для дітей з особливими освітніми потребами».

«Типові навчальні плани...» визначають зміст і структуру початкової загальної освіти дітей з особливими потребами на основі інваріантної та варіативної складових, якими встановлюється погодинне співвідношення між освітніми галузями; гранично допустиме тижневе навантаження учнів; кількість годин за освітніми галузями та кількість годин на корекційно-розвиткові заняття на тиждень.

Ознакою реалізації процедури визначення змісту інклюзивного навчання є пристосований до особливих потреб особи «Типовий навчальний план...». Він є одним із основних факторів у процесі укладання індивідуального навчального плану особи з особливими потребами.

Введемо формальні позначення ознаки реалізації процедури визначення змісту інклюзивного навчання (табл. 6).

Таблиця 6. Характеристики реалізації процедури визначення змісту інклюзивного навчання

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Адаптований «Типовий навчальний план...» до ОПР особи	t_5^2

Формально реалізацію процедури визначення змісту інклюзивного навчання у формі «Типового навчального плану...», адаптованого до ОПР особи, подамо таким чином:

$$t_3^2 n_{2,2}^2 \rightarrow t_5^2 (p_6^2)$$

Таким чином, формально визначено складові елементи другого етапу ІН – із урахуванням специфіки формування мети навчання в залежності від ОПР особи. Інформаційно-технологічний супровід другого етапу ІН повинен реалізовувати процедури видобування знань з даних, що містять результати комплексного оцінювання особи, та підтримувати прийняття рішення щодо специфіки психофізичного розвитку особи та мети її навчання.

Підмножину T_2 множини термінальних елементів, введених формально для другого етапу ІН, визначимо наступним чином: $T_2 = \{t_1^2, t_2^2, t_3^2, t_4^2, t_5^2\}$. Множина нетермінальних елементів N_2 , введених формально подається як $N_2 = \{n_1^2, n_2^2, n_{1,1}^2, n_{2,1}^2, n_{2,2}^2\}$, а множина продукцій при цьому має такий вигляд: $P_2 = \{p_1^2, p_2^2, p_3^2, p_4^2, p_5^2, p_6^2\}$.

Третій етап ІН

Визначена мета навчання особи з особливими потребами інтегрує форму та зміст навчання з корекційно-реабілітаційною складовою. Для реалізації мети навчання необхідно підібрати відповідні методи та засоби її досягнення, особистісно орієнтований набір таких методів та засобів складає індивідуальний навчальний план (ІНП) особи з особливостями психофізичного розвитку. ІНП – документ, який містить детальну інформацію про особу й освітні послуги, які вона повинна отримувати. В основі третього етапу ІН лежить процес укладання індивідуального навчального плану для особи з ОПР, що навчатиметься інклюзивно та відвідуватиме профільні позанавчальні установи. Введемо формальні позначення складових етапу укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...» (табл. 7).

Таблиця 7. Характеристики складових етапу укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...»

<i>Ідентифікатор складових етапу</i>	<i>ФП</i>
Процес укладання ІНП інклюзивного навчання особи з ОПР	n_1^3

Формально процес укладання ІНП на основі «Типового навчального плану...» подамо таким чином:

$$t_5^2 n^3 \rightarrow n_1^3 (p_1^3)$$

В процесі укладання ІНП необхідно сформулювати цілісну комбінацію методів та засобів досягнення мети навчання: підібрати адекватні методики навчання, необхідне навчальне та методичне забезпечення, технічні засоби, визначити необхідний рівень фахової підтримки спеціалістів згідно особливостей та потреб особи. Введемо відповідні формальні позначення процедур, що є складовими процесу укладання індивідуального навчального плану для осіб з ОПР.

Таблиця 8. Характеристики процедур, що є складовими процесу укладання індивідуального навчального плану для осіб з ОПР

<i>Ідентифікатор процедури</i>	<i>ФП</i>
Процедура підбору навчально-методичного забезпечення навчання особи з ОПР	$n_{1,1}^3$
Процедура підбору матеріально-технічного забезпечення навчання особи з ОПР	$n_{1,2}^3$
Процедура підбору кадрового забезпечення навчання особи з ОПР	$n_{1,3}^3$
Процедура вибору закладу інклюзивного навчання за місцем проживання особи з ОПР	$n_{1,4}^3$
Процедура узгодження складових ІНП	$n_{1,5}^3$
Процедура реалізації ІНП	$n_{1,6}^3$

У структуру загальної системи інформаційно-технологічного супроводу освітнього процесу осіб з особливими потребами включені також допомога батьків та організаційно-правове забезпечення інклюзивної освіти. Введемо відповідні формальні позначення ознак реалізації процесу укладання ІНП (табл. 9):

Таблиця 9. Характеристики ознак реалізації процесу укладання ІНП

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Допомога батьків	t_1^3
Організаційно-правове забезпечення інклюзивної освіти	t_2^3

Формально процес укладання індивідуального навчального плану особи за інклюзивною формою навчання подамо таким чином:

$$n_1^3 \rightarrow n_{1,1}^3 n_{1,2}^3 n_{1,3}^3 n_{1,4}^3 t_1^3 t_2^3 n_{1,5}^3 n_{1,6}^3 (p_2^3)$$

Процедура підбору навчально-методичного забезпечення навчання осіб з особливими потребами полягає у поєднанні змісту підручників, консолідації загальноосвітніх та спеціальних планів, програм, методик навчання тощо. Введемо

відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедури підбору навчально-методичного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОНР (табл. 10).

Таблиця 10. Характеристики ознаки реалізації процедури підбору навчально-методичного забезпечення інклюзивного навчання особи

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Навчально-методичне забезпечення навчання особи з ОНР	t_3^3

Формально ознаку реалізації процедури підбору навчально-методичного забезпечення освітніх процесів осіб з ОНР, що навчаються за інклюзивною формою навчання, подамо таким чином:

$$n_{1,1}^3 \rightarrow t_3^3 (p_3^3)$$

Процедура підбору матеріально-технічного забезпечення навчання осіб з особливими потребами полягає у добиранні спеціалізованих технічних та матеріальних засобів супроводу інклюзивного навчання. Введемо відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедури підбору матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОНР (табл. 11).

Таблиця 11. Характеристики ознаки реалізації процедури підбору матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОНР

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Матеріально-технічне забезпечення навчання особи з ОНР	t_4^3

Формально ознаку реалізації процедури підбору матеріально-технічного забезпечення інклюзивного навчання особи з ОНР подамо таким чином:

$$n_{1,2}^3 \rightarrow t_4^3 (p_4^3)$$

Визначальним фактором підбору методів та засобів досягнення мети навчання є належний професійний рівень та педагогічна майстерність учителів та викладачів, що працюють з особами з особливими потребами. Введемо відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедури підбору кадрового забезпечення інклюзивного навчання особи з ОНР (табл. 12):

Таблиця 12. Характеристики ознаки реалізації процедури підбору кадрового забезпечення інклюзивного навчання особи

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Кадрове забезпечення навчання особи з ОНР	t_5^3

Формально ознаку реалізації процедури підбору кадрового забезпечення інклюзивного навчання особи з особливими потребами подамо таким чином:

$$n_{1,3}^3 \rightarrow t_5^3 (p_5^3)$$

Індивідуальний навчальний план формується із урахуванням системи навчальних та масових закладів, доступних особі з особливими потребами за місцем її проживання.

Введемо відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедури вибору закладів освіти для осіб з ОНР, що навчаються за інклюзивною формою навчання (табл. 13):

Таблиця 13. Характеристики ознаки реалізації процедури вибору закладів освіти для осіб з ОНР, що навчаються за інклюзивною формою навчання

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Заклади інклюзивної освіти за місцем проживання особи з ОНР	t_6^3

Формально ознаку реалізації процедури узгодження складових ІНП подамо таким чином:

$$n_{1,4}^3 \rightarrow t_6^3 \quad (p_6^3)$$

У індивідуальному навчальному плані узгоджено навчально-методичне, матеріально-технічне, кадрове, організаційно-правове забезпечення інклюзивного навчання. Введемо відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедури узгодження складових ІНП (табл. 1814)

Таблиця 14. Характеристики ознаки реалізації процедури узгодження складових ІНП

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
ІНП особи з ОНР	t_7^3

Формально ознаку реалізації процедури узгодження складових ІНП для особи з особливими потребами, що навчається за інклюзивною формою навчання, подамо таким чином:

$$t_3^3 t_4^3 t_5^3 t_6^3 t_1^3 t_2^3 n_{1,5}^3 \rightarrow t_7^3 \quad (p_7^3)$$

Процедура реалізації індивідуального навчального плану особи з особливими потребами полягає у проведенні навчальних дій, передбачених планом, із використанням належного навчального, методичного, матеріального, технічного, кадрового, організаційно-правового та ін. супроводу інклюзивної освіти особи. Одним із складових елементів реалізації ІНП особи є формування звітних даних про реалізацію запланованого. Введемо відповідні формальні позначення ознаки виконання процедури реалізації ІНП (табл. 15):

Таблиця 15. Характеристики ознаки виконання процедури реалізації ІНП

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Результати реалізації ІНП за інклюзивної форми навчання особи з ОНР	t_8^3

Формально ознаку виконання процедури реалізації ІНП особою з особливими потребами подамо таким чином:

$$t_7^3 n_{1,6}^3 \rightarrow t_8^3 \quad (p_8^3)$$

Для інформаційно-технологічної підтримки процесу укладання індивідуального навчального плану доцільним є застосування спеціальних проблемно-орієнтованих програмно-алгоритмічних комплексів (ПАК), призначених для вирішення складних багатопараметричних та багатокритерійних оптимізаційних задач із відповідними

адаптаційними налаштуваннями. Для ефективності побудови та застосування відповідних ПАК необхідно дослідити, які конкретно методи застосовні до розв'язання означених вище специфічних задач, пов'язаних із оптимальним формуванням індивідуальних навчальних планів, чи коректним є при цьому використання вже відомих методів, і як їх адаптувати до розв'язання задач формування якісних ІНП, як залежить вибір відповідного методу від тих чи інших особливостей ІНП тощо. Доцільним є також створення відповідної бібліотеки моделей на основі типових освітніх програм і т. ін.

Визначимо підмножину T_3 множини термінальних елементів, введених формально для третього етапу ІН: $T_3 = \{t_1^3, t_2^3, t_3^3, t_4^3, t_5^3, t_6^3, t_7^3, t_8^3\}$. Множина нетермінальних елементів N_3 , введених формально для третього етапу ІН має такий вигляд: $N_3 = \{n_1^3, n_{1,1}^3, n_{1,2}^3, n_{1,3}^3, n_{1,4}^3, n_{1,5}^3, n_{1,6}^3\}$, а множина введених формально продукцій для третього етапу ІН має такий вигляд: $P_3 = \{p_1^3, p_2^3, p_3^3, p_4^3, p_5^3, p_6^3, p_7^3, p_8^3\}$.

Четвертий етап ІН

Цей етап ІН полягає у оцінюванні соціального, корекційного та навчального поступу особи, що навчається інклюзивно за індивідуальним навчальним планом. Реальний рівень знань особи з ОПР оцінюють специфічними методиками, що повинні характеризувати навчальний та соціальний поступ особи. Введемо відповідні формальні позначення процесів оцінювання результатів реалізації індивідуального навчального плану інклюзивного навчання особою з особливими потребами та прийняття рішень на основі таких результатів (табл. 16):

Таблиця 16. Характеристики процесів оцінювання результатів реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з особливими потребами та прийняття рішень на їх основі

<i>Ідентифікатор складових етапу</i>	<i>ФП</i>
Процес оцінювання результатів реалізації ІНП	n_1^4
Процес прийняття рішень за результатами навчання	n_2^4

Формально процес оцінювання реального рівня знань особи після реалізації ІНП за інклюзивною формою подамо таким чином:

$$t_8^3 n^4 \rightarrow n_1^4 n_2^4 (p_1^4)$$

Ознака реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи з особливими потребами є складовою оцінкою ефективності реалізації індивідуального навчального плану особи. Введемо відповідні формальні позначення ознаки реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи (табл. 17):

Таблиця 17. Характеристики ознаки реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Оцінені результати реалізації ІНП інклюзивного навчання особою з ОПР	t_1^4

Формально оцінені результати реалізації індивідуального навчального плану інклюзивного навчання особою з особливостями психофізичного розвитку подамо таким чином:

$$n_{1,1}^4 n_{1,2}^4 \rightarrow t_1^4 (p_3^4)$$

Результати реалізації процедур оцінювання навчальних досягнень та розвитку соціальних компетенцій особи дають змогу прийняти рішення про ефективність реалізації індивідуального навчального плану особою з особливими потребами. Результати реалізації навчального прогресу оцінюють у форматі «задовільно» або «незадовільно». Якщо отримані виміри результатів навчання допустимо відрізняються від очікуваних, в процесі прийняття рішення за результатами навчання робиться висновок про достатній рівень засвоєння змісту навчання та ухвалюється рішення про наступну ітерацію в реалізації навчального плану. У випадку суттєвої різниці між реальними та очікуваними освітніми результатами необхідно провести коригування методів та засобів досягнення раніше поставленої мети, трансформувати укладений чи сформувати новий індивідуальний навчальний план. Введемо відповідні формальні позначення складових елементів процесу оцінювання результатів реалізації ІНП (табл. 18):

Таблиця 18 Характеристики складових елементів процесу оцінювання результатів реалізації ІНП

<i>Ідентифікатор ознаки</i>	<i>ФП</i>
Процедура визначення нової мети навчання	t_2^4
Процедура реформування ІНП	t_3^4

Формально процеси оцінювання результатів реалізації ІНП подамо таким чином:

$$t_1^4 n_2^4 \rightarrow t_2^4 n_1^1 | t_3^4 n_1^3 (p_4^4)$$

Одним із варіантів інформаційно-технологічного супроводу на цьому етапі освітнього процесу осіб з особливими потребами є використання відповідних систем автоматизації оцінювання рівня знань. Застосування при цьому систем автоматичного розпізнання, аналізу та синтезу природномовних текстів, реферування та анотування текстів, їх морфологічного, синтаксичного та семантичний аналізу суттєво полегшує процеси формування завдань та оцінювання отриманих відповідей з урахуванням специфіки та особливостей різних категорій осіб з особливими потребами. Зазначені методи доцільно використовувати також для підвищення рівня достовірності та об'єктивності оцінювання – дослідження текстів відповідей для визначення рівня їх автентичності, авторства та часу створення є, ні чим іншим, як авторською атрибуцією текстів.

Визначимо підмножину T_4 множини термінальних елементів, введених формально для четвертого етапу ходу ІН: $T_4 = \{t_1^4, t_2^4, t_3^4\}$. Множина нетермінальних елементів N_4 , введених формально для четвертого етапу ходу ІН має такий вигляд: $N_4 = \{n_1^4, n_{1,1}^4, n_{1,2}^4\}$. При цьому множина введених формально продукцій для четвертого етапу ходу ІН має такий вигляд: $P_4 = \{p_1^4, p_2^4, p_3^4, p_4^4\}$.

Формальна модель інформаційно-технологічного супроводу інклюзивного навчання осіб з особливими потребами

У загальному випадку множини термінальних, нетермінальних елементів та відповідних продукцій, введених формально для чотирьох етапів ходу ПН особою з особливими потребами, матимуть такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 T = T_1 \cup T_2 \cup T_3 \cup T_4 &= \{t_1^1, \\
 & t_1^2, t_2^2, t_3^2, t_4^2, t_5^2, \\
 & t_1^3, t_2^3, t_3^3, t_4^3, t_5^3, t_6^3, t_7^3, t_8^3, \\
 & t_1^4, t_2^4, t_3^4\}; \\
 N = N_0 \cup N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4 &= \{n^0, n^1, n^2, n^3, n^4, \\
 & n_1^1, n_{1,1}^1, n_{1,2}^1, n_{1,3}^1, n_{1,4}^1, \\
 & n_1^2, n_2^2, n_{1,1}^2, n_{2,1}^2, n_{2,2}^2, \\
 & n_1^3, n_{1,1}^3, n_{1,2}^3, n_{1,3}^3, n_{1,4}^3, n_{1,5}^3, n_{1,6}^3, \\
 & n_1^4, n_{1,1}^4, n_{1,2}^4\}; \\
 P = P_0 \cup P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 &= \{p^0, \\
 & p_1^1, p_2^1, p_3^1, \\
 & p_1^2, p_2^2, p_3^2, p_4^2, p_5^2, p_6^2, \\
 & p_1^3, p_2^3, p_3^3, p_4^3, p_5^3, p_6^3, p_7^3, p_8^3, \\
 & p_1^4, p_2^4, p_3^4, p_4^4\}.
 \end{aligned}$$

Алфавіт V відповідної породжувальної граматики задається як об'єднання множин:
 $V = T \cup N$.