Академія технічних наук України

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ

ТОМ 1

Видавець Кушнір Г.М.
Івано-Франківськ – 2022

УДК 004
ББК 32.97
Н 34

Рекомендовано до друку Вченою Радою наукової установи Академія технічних наук України (протокол №2 від 15.02.2022 року).

Рецензенти:
завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу,
доктор технічних наук, професор ***В.І. Шекета;***
завідувач кафедри кібербезпеки
Західноукраїнського національного університету,
доктор технічних наук, професор ***В.В. Яцків;***
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
доктор технічних наук, професор ***І.Т. Когут***.

Н 34 **Науково-технічні дослідження у галузі інформаційних технологій**: колективна монографія / заг. ред. М.В. Кузь. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г.М. – 2022. Т1. – 152 с.

ISBN 978-617-7926-32-9 **УДК 004**
ББК 32.97

У монографії розроблена методологія оцінки якості програмного забезпечення, здійснено моделювання автоматизованої навчальної системи, запропоновані методи та моделі розробки адаптивних систем дистанційної освіти, досліджено вплив інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на стейкхолдерів як результат спланованого проектного рішення.

ISBN 978-617-7926-32-9

© Авторський колектив, 2022.
© Академія технічних наук України, 2022.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА …….. 4
Кузь Микола. МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ……. 6
Артеменко Ольга. МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ …… 37
Пікуляк Микола. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ РОЗРОБКИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ ……. 72
Кубявка Микола. ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ НА СТЕЙКХОЛДЕРІВ ЯК РЕЗУЛЬТАТ СПЛАНОВАНОГО ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ …….. 109

ПЕРЕДМОВА

Широке застосування програмного забезпечення ставить підвищені вимоги до його якісних показників. Прийняті в Україні міжнародні стандарти у статусі національних не в повній мірі наводять методологію оцінки якості програмних засобів.

Розроблено методику оцінки якості програмних продуктів, що дозволяє визначити атрибути якості, числові значення якісних показників характеристик та під характеристик якості, а також встановити їх ваги (рівні значимості).

Розроблено методи візуалізації (дерева властивостей зовнішньої і внутрішньої якості та якості під час використовування) та шкалювання результатів оцінки якості програмних продуктів.

Розроблено концептуальну модель автоматизованої навчальної системи «Документи аеронавігаційної інформації», описані блоки, функції блоків автоматизованої навчальної системи та предметна область системи. Для формального опису системи застосовано теоретико-множинний опис складних систем та описано набір множин, що характеризують види діяльності користувачів в системі. Проведені теоретичні дослідження стали основою для розробки прототипу автоматизованої навчальної системи «Документи аеронавігаційної інформації».

Виконано аналіз сучасного стану розвитку технологій дистанційного навчання, встановлено основні недоліки навчальних інтелектуальних систем, пов’язаних із невисоким рівнем адаптивності методів та алгоритмів розробки.

Представлено загальну структурну схему адаптивної навчальної системи, що дало можливість виділити базові модулі розробки, які забезпечують навчальний процес за рахунок реалізації інтерактивного адаптивного зворотного зв’язку із студентом.

Розроблено квантово-фреймову та графову модель навчального курсу, що дозволило спростити програмну реалізацію побудови семантичних зв’язків між окремими структурними інформаційними

одиницями шляхом багатоступінчатих причинно-наслідкових міркувань.

Запропоновано метод визначення глибини засвоєння кванта інформації на основі мультимножинної технології, що дає можливість будувати навчальну траєкторію студента на основі незасвоєних інформаційних одиниць із врахуванням його індивідуальних особливостей, навичок та навчальних здібностей.

Реалізовано загальний алгоритм адаптивного навчання, перевагою якого є динамічне формування структури та форми представлення навчального матеріалу різного рівня складності, що дозволило підвищити якість дистанційної освіти.

Розглянуте питання ефективного управління навчальними закладами із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Запропоновано використати методи та моделі управління впливами на проекти з проектного менеджменту, так як будь-яке управління персоналом, працівниками чи колективом є прерогативою саме проектного управління, а сам вплив, його оцінка, міра та цілеспрямованість пропонується розглянути у розрізі Теорії несилової взаємодії, так як саме вона дає математичний інструментарій для визначення найбільш ефективних способів щодо використання інформаційних впливів на управління інформаційними взаємодіями.

Показано, що для побудови систем управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти необхідно відхилиться від традиційної схеми управління змінами, як управління якимось процесом, а перейти до управління першоджерелом цих змін – впливами на програму інформатизації до управління якими можна і потрібно підходити з позицій методології управління проектами.

Методологія оцінки якості програмного забезпечення

Микола Кузь

Академія технічних наук України,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
м. Івано-Франківськ, Україна

I. НОРМАТИВНА ОСНОВА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Гарантією якості програмного забезпечення є встановлення вичерпних вимог, поданих у вигляді специфікації вимог, та використання адекватних методик для визначення та оцінки якісних характеристик.

В Україні, в статусі національних, прийняті міжнародні стандарти [1-4], які регламентують вимоги до якісних показників програмних продуктів. Чітке дотримання вимог цих нормативних документів повинне гарантувати, що якість того чи іншого програмного продукту оцінена об’єктивно і даний продукт відповідає не тільки українським, а й міжнародним вимогам.

Стандарт [1] містить моделі якості програмних продуктів: зовнішню якість, внутрішню якість та якість під час використовування. Відповідно складовими зовнішньої якості є зовнішні метрики, детальний опис яких наведений в [2], внутрішня якість складається з внутрішніх метрик, описаних в [3], а якість під час використовування описується у відповідних метриках, що відображені в [4].

Внутрішні метрики [3], для оцінки якості програмних продуктів, можуть використовувати розробники, менеджери з якості та замовники.

Зовнішні метрики [2] є найбільш об’ємними і, в першу чергу, використовуються незалежними оцінювачами (експертами), які є третьою стороною, тобто незалежною від розробника і замовника (користувачів) програмних продуктів.

Метрики якості під час використовування [4] будуть корисними для замовників (користувачів) програмних продуктів.

Структура нормативного забезпечення програмних продуктів, розроблена на основі стандарту [1], наведена на рис. 1.

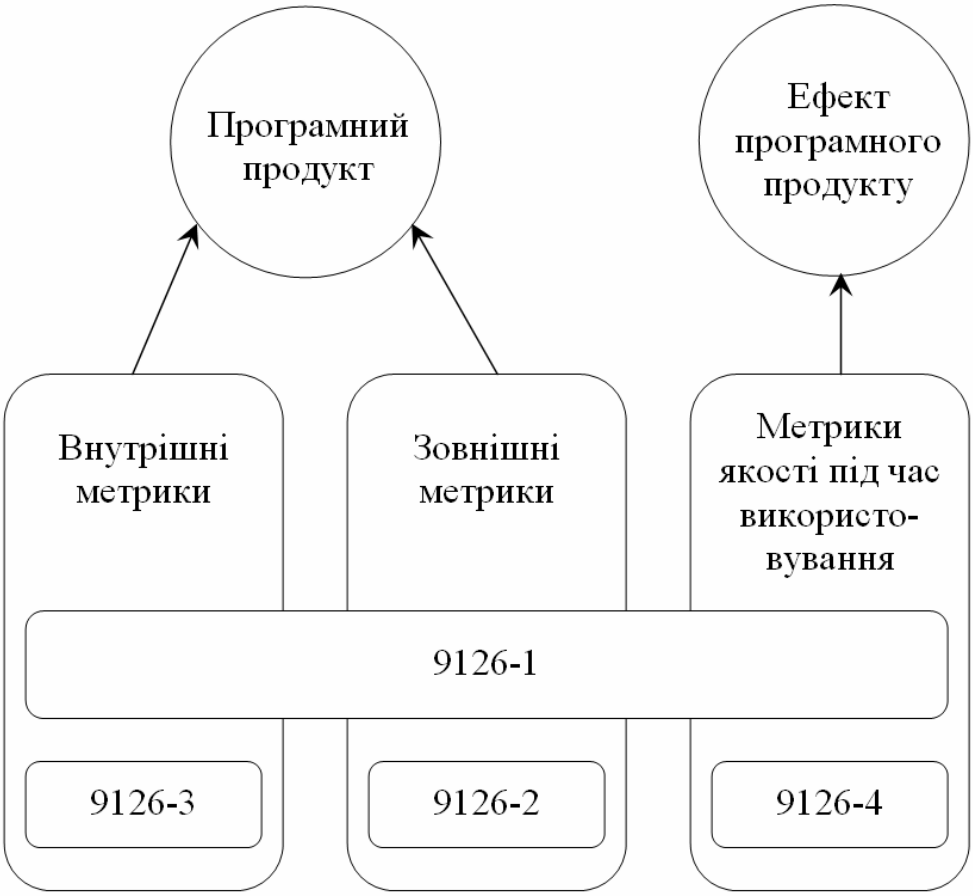


Рисунок 1 – Структура нормативного забезпечення програмних продуктів

Структура нормативного забезпечення програмних продуктів (рис. 1) встановлює співвідношення між внутрішніми, зовнішніми метриками та метриками якості під час використовування, а також встановлює сферу застосування нормативних документів [1-4] для оцінки якісних показників програмних продуктів, що містяться в даних метриках.

Нормативний документ [1] містить моделі якості, на основі яких розроблено модель якісних характеристик програмних продуктів (рис. 2).

Рисунок 2 – Модель характеристик якості програмних продуктів

Як видно із рис. 2, зовнішня та внутрішня якість мають одинакові характеристики якості: функціональність, надійність, зручність використання, ефективність, супроводженність, мобільність, а якість під час використовування складається із чотирьох характеристик: результативність, продуктивність, безпечність та задоволеність. В свою чергу, характеристики поділяються на підхарактеристики, а ті –

на атрибути якості. Асортимент цих характеристик для зовнішньої якості наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики, підхарактеристики та атрибути для зовнішньої якості

Характеристика		Підхарактеристика 1-ий рівень		Підхарактеристика 2-ий рівень		Атрибут	
Шифр	Назва	Шифр	Назва	Шифр	Назва	Шифр	Назва
Ф	Функціональність	Ф1	Функціональна придатність			Ф1.1	Функціональна адекватність
						Ф1.2	Повнота функціональної реалізації
						Ф1.3	Коректність функційної реалізації
						Ф1.4	Стабільність функційної специфікації
		Ф2	Точність			Ф2.1	Очікувана точність реалізації функції
						Ф2.2	Обчислювальна правильність
						Ф2.3	Точність
		Ф3	Взаємодійність			Ф3.1	Здатність до обміну даними (заснованому на форматі)
						Ф3.2	Здатність до обміну даними (заснованому на успішних спробах користувача)
		Ф4	Захищеність			Ф4.1	Здатність до аудиту доступу
						Ф4.2	Контрольованість доступу
						Ф4.3	Запобігання псуванню даних

Продовження таблиці 1

		Ф5	Відповідність нормам функціональності			Ф5.1	Функціональна узгодженість
						Ф5.2	Відповідність стандартам інтерфейсу
Н	Надійність	Н1	Завершеність			Н1.1	Оцінена щільність прихованих дефектів
						Н1.2	Щільність відмов відносно сценаріїв тестування
						Н1.3	Усунення умов виникнення відмов
						Н1.4	Щільність дефектів
						Н1.5	Усунення дефектів
						Н1.6	Середній час між відмовами
						Н1.7	Покриття тестами специфікованих сценаріїв експлуатації
						Н1.8	Довершеність тестування
		Н2	Відмовостійкість			Н2.1	Уникнення аварійних збоїв
						Н2.2	Уникнення відмов
						Н2.3	Уникнення не коректного оперування
		Н3	Відновність			Н3.1	Готовність
						Н3.2	Середній час простою
						Н3.3	Середній час відновлення
						Н3.4	Здатність до рестарту
						Н3.5	Здатність до реставрації
						Н3.6	Ефективність реставрації
		Н4	Відповідність нормам надійності			Н4.1	Відповідність нормам надійності

Продовження таблиці 1

3	Зручність використання	31	Зрозумілість			31.1	Повнота опису
						31.2	Доступність демонстрацій
						31.3	Доступність демонстрацій під час використовування
						31.4	Ефективність демонстрацій
						31.5	Наочність функцій
						31.6	Зрозумілість функцій
						31.7	Зрозумілість входу та виходу
		32	Опанованість			32.1	Легкість освоювання функції
						32.2	Легкість освоювання для виконання задач при використовуванні
						32.3	Ефективність документації користувача і/або системи допомоги
						32.4	Ефективність документації користувача і/або системи допомоги під час використовування
						32.5	Доступність допомоги
						32.6	Частота звернення про допомогу
		33	Керованість	33.1	Відповідність до очікувань користувача, який оперує системою	33.1.1	Операційна відповідність під час використовування
				33.2	Придатність до регулювання	33.2.1	Коригування помилок
						33.2.2	Коригування помилок під час використовування

Продовження таблиці 1

				33.3	Відповідність потребам оперування виконанням задачі	33.3.1	Готовність значень за промовчанням під час використовування
				33.4	Самодокументування	33.4.1	Зрозумілість повідомлень під час використовування
						33.4.2	Самопояснюваність повідомлення про помилки
				33.5	Толерантність до помилок документування	33.5.1	Відновлюваність оперування після помилки під час використовування
						33.5.2	Період часу між операціями, у яких людиною були припущені помилки
						33.5.3	Можливість відміни дії (коригування помилки користувача)
				33.6	Придатність до індивідуального пристосування	33.6.1	Здатність до пристосування
						33.6.2	Скорочення операційних процедур
						33.6.3	Фізична доступність
		34	Привабливість			34.1	Приваблива взаємодія
						34.2	Здатність інтерфейсу до пристосування відображення
		35	Відповідність нормам зручності використання			35.1	Відповідність нормам зручності використання

Продовження таблиці 1

Е	Ефективність	Е1	Реактивність	Е1.1	Час відгуку	Е1.1.1	Час відгуку
						Е1.1.2	Час відгуку (середній час відгуку)
						Е1.1.3	Час відгуку (коефіцієнт найгіршого часу відгуку)
				Е1.2	Пропускна здатність	Е1.2.1	Пропускна здатність
						Е1.2.2	Пропускна здатність (середній обсяг пропускної здатності)
						Е1.2.3	Пропускна здатність (коефіцієнт найгіршої пропускної здатності)
				Е1.3	Час виконання запиту	Е1.3.1	Час виконання запиту
						Е1.3.2	Час виконання запиту (середній час виконання запиту)
						Е1.3.3	Час виконання запиту (рівень найгіршого пропускного періоду)
						Е1.3.4	Час очікування
		Е2	Використовність ресурсів	Е2.1	Використання пристроїв У/В	Е2.1.1	Завантаженість пристроїв В/В
						Е2.1.2	Ліміти завантаженості В/В
						Е2.1.3	Помилки В/В
						Е2.1.4	Середній коефіцієнт повного завантаження В/В
						Е2.1.5	Час очікування користувачем вивільнення пристроїв В/В
				Е2.2	Використання ресурсів пам’яті	Е2.2.1	Максимальне використання пам’яті
						Е2.2.2	Середня кількість помилок пов’язаних з пам’яттю
						Е2.2.3	Кількість помилок пам’яті в одиницю часу

Продовження таблиці 1

				E2.3	Використання ресурсів передавання	E2.3.1	Максимальне використання передачі
						E2.3.2	Збалансованість використання медіа засобів
						E2.3.3	Середня частота помилок передачі
						E2.3.4	Середня кількість помилок передачі в одиницю часу
						E2.3.5	Використання ємності передач
		E3	Відповідність нормам ефективності			E3.1	Відповідність нормам ефективності
C	Супроводженість	C1	Аналізованість			C1.1	Забезпечення контрольного сліду
						C1.2	Дієвість діагностичної функції
						C1.3	Здатність до аналізування відмов
						C1.4	Ефективність аналізування відмов
						C1.5	Дієвість моніторингу стану
		C2	Змінність			C2.1	Ефективність циклу змін
						C2.2	Тривалість реалізації змін
						C2.3	Складність модифікування
						C2.4	Параметризована модульованість
						C2.5	Спроможність до контролю за змінами у програмному забезпеченні

Продовження таблиці 1

		С3	Стабіль-ність			С3.1	Відносний успіх змін
						С3.2	Локалізація впливу модифікування (прояв відмови після внесення змін)
		С4	Тестовність			С4.1	Наявність вбудованої тестової функції
						С4.2	Ефективність повторного тестування
						С4.3	Здатність тесту до рестарту
		С5	Відпо-відність нормам супро-водже-ності			С5.1	Відповідність нормам супроводженості
М	Мобільність	М1	Адаптивність			М1.1	Адаптованість до структур даних
						М1.2	Адаптовність до технічного забезпечення (адаптивність до технічних пристроїв і мереженого обладнання)
						М1.3	Адаптованість до організаційного середовища (адаптованість організації до інфраструктури організації)
						М1.4	Дружність до користувача стосовно перенесення

Кінець таблиці 1

						M1.5	Адаптованість до системного програмного забезпечення (здатність до адаптації до ОС, мереженого ПЗ та кооперативного прикладного ПЗ)
		M2	Інстально-ваність			M2.1	Легкість інсталяції
						M2.2	Легкість повторення запуску процедури встановлення для настроювання setup
		M3	Співіс-нування			M3.1	Готовність до співіснування
		M4	Замінність			M4.1	Продовження використання даних
						M4.2	Подібність функцій (спорідненість)
						M4.3	Функцій на узгодженість щодо підтримки користувача
		M5	Відпо-відність нормам нобіль-ності			M5.1	Відповідність нормам мобільності

Як видно із табл. 1, підхарактеристики якості поділяються на два рівні. Це притаманно тільки для зовнішньої якості. Внутрішня якість містить підхарактеристики лише одного рівня. Крім того, внутрішня якість має набагато менший асортимент характеристик, підхарактеристик та атрибутів якості. Це пов’язано з тим, що найбільш масштабно оцінку якості програмного забезпечення повинні проводити незалежні оцінювачі (експерти), які використовують саме зовнішні метрики.

Асортимент характеристик для внутрішньої якості наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики, підхарактеристики та атрибути для внутрішньої якості

Характеристика		Підхарактеристика		Атрибут	
Шифр	Назва	Шифр	Назва	Шифр	Назва
Ф	Функціональність	Ф1	Функціональна придатність	Ф1.1	Функціональна адекватність
				Ф1.2	Повнота функціональної реалізації
				Ф1.3	Коректність функційної реалізації
				Ф1.4	Стабільність функційної специфікації
		Ф2	Точність	Ф2.1	Правильність обчислювання
				Ф2.2	Точність
		Ф3	Взаємодійність	Ф3.1	Здатність до обміну даними (заснованому на форматі даних)
				Ф3.2	Узгодженість інтерфейсу (протоколу)
		Ф4	Захищеність	Ф4.1	Здатність до аудиту доступу
				Ф4.2	Контрольованість доступу
				Ф4.3	Унеможливлення псуванню даних
				Ф4.4	Шифрування
		Ф5	Відповідність нормам функціональності	Ф5.1	Функціональна узгодженість
				Ф5.2	Відповідність між системним стандартам
Н	Надійність	Н1	Завершеність	Н1.1	Виявлення дефектів
				Н1.2	Усунення дефектів
				Н1.3	Адекватність тестування
		Н2	Відмовостійкість	Н2.1	Уникнення відмов
				Н2.2	Уникнення не коректного оперування
		Н3	Відновність	Н3.1	Здатність до відновлення
				Н3.2	Результативність відновлення
		Н4	Відповідність нормам надійності	Н4.1	Відповідність нормам надійності
З	Зручність	З1	Зрозумілість	З1.1	Повнота опису
				З1.2	Здатність до демонстрацій
				З1.3	Наочність функцій
				З1.4	Зрозумілість функцій

Продовження таблиці 2

		З2	Опанованість	З2.1	Повнота документації користувача і (або) засобів надання допомоги
		З3	Керованість	З3.1	Перевіряння правильності введення
				З3.2	Можливість користувача перервати виконання
				З3.3	Можливість відміни дій користувача
				З3.4	Здатність до пристосування
				З3.5	Фізична доступність
				З3.6	Можливість моніторингу стану виконання
				З3.7	Операційна узгодженість
				З3.8	Чіткість повідомлень
				З3.9	Чіткість елементів інтерфейсу
				З3.10	Здатність до відновлювання після помилки
		З4	Привабливість	З4.1	Привабливість взаємодії
				З4.2	Здатність інтерфейсу до пристосування відображення
		З5	Відповідність нормам зручності використання	З5.1	Відповідність нормам зручності використання
Е	Ефективність	Е1	Реактивність	Е1.1	Час відгуку
				Е1.2	Пропускна здатність
				Е1.3	Час виконання завдання
		Е2	Використовність ресурсів	Е2.1	Використання ресурсів В/В
				Е2.2	Щільність повідомлень щодо використовування ресурсів В/В
				Е2.3	Використання пам’яті
				Е2.4	Щільність повідомлень щодо використання пам’яті
				Е2.5	Використання передавання
		Е3	Відповідність нормам ефективності	Е3.1	Відповідність нормам ефективності
		С1	Аналізованість	С1.1	Реєстрування дій
				С1.2	Дієвість діагностичної функції
		С2	Змінність	С2.1	Протоколювання змін
		С3	Стабільність	С3.1	Наслідки змін
				С3.2	Локалізація наслідків модифікування

Кінець таблиці 2

С	Супроводженість	С4	Тестовність	С4.1	Повнота вбудованої тестової функції
				С4.2	Автономність тестопридатності
				С4.3	Спостережуваність просування тестування
		С5	Відповідність нормам супроводженості	С5.1	Відповідність нормам супроводженості
М	Мобільність	М1	Адаптивність	М1.1	Адаптованість до структур даних
				М1.2	Адаптовність до апаратного середовища (адаптивність до технічних пристроїв і мереженого обладнання)
				М1.3	Адаптованість до організаційного середовища (адаптованість організації до інфраструктури організації)
				М1.4	Дружність до користувача стосовно перенесення
				М1.5	Адаптованість до системного програмного забезпечення (адаптивність до ОС, мереженого ПЗ та супутнього прикладного ПЗ)
		М2	Інстальованість	М2.1	Легкість повторного налаштування (Setup Retry)
				М2.2	Трудомісткість встановлення (Installation)
				М2.3	Гнучкість встановлення
		М3	Співіснування	М3.1	Готовність до співіснування
		М4	Замінність	М4.1	Продовження використання даних
				М4.2	Подібність функцій (спорідненість)
		М5	Відповідність нормам мобільності	М5.1	Відповідність нормам мобільності

Якість під час використовування взагалі не містить під характеристик, а тільки характеристики та атрибути якості. Їх асортимент є найменшим.

Перелік цих характеристик наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристики та атрибути якості під час використовування

Характеристика		Атрибут	
Шифр	Назва	Шифр	Назва
Р	Результативність	Р1	Результативність виконання завдання
		Р2	Завершеність завдань
		Р3	Частота помилок
П	Продуктивність	П1	Час виконання завдання
		П2	Продуктивність виконання завдання
		П3	Економічна ефективність
		П4	Коефіцієнт ефективності
		П5	Відносна продуктивність користувача
Б	Безпечність	Б1	Здоров'я та безпека користувача
		Б2	Безпека людей, на яких впливає використовування системи
		Б3	Економічні збитки
		Б4	Нанесення шкоди програмному забезпеченню
З	Задоволеність	З1	Ступінь (шкала) задоволеності
		З2	Оцінка за анкетою задоволеності
		З3	Дискреційне (довільне) застосування

Нормативні документи [2-4] містять, крім номенклатури якісних показників програмних продуктів, лише методи визначення атрибутів якості, але не наводять методики оцінки якості програмних продуктів в цілому, а також відсутні методи опрацювання результатів оцінки, їх візуалізації та шкалювання. Нижче наведено результати розробки цих методів та відповідних методик.

II. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Виходячи із великого асортименту показників якості програмних продуктів (див. табл. 1-3), в подальшому описі не будуть використовуватися їх назви, а тільки відповідні шифри.

Методику оцінки якості програмних продуктів можна розділити на кілька етапів. Перший етап полягає у визначенні атрибутів якості. Відповідні методи чітко описані в нормативних документах [2-4], тому не потребують більш детального аналізу.

Другий етап – визначення числових значень якісних показників програмних продуктів.

Найбільш об’ємними і найбільше ступенів ієрархії мають характеристики зовнішньої якості, таким чином найбільш об’ємною буде методика визначення саме цих характеристик (див. табл. 1).

Середнє значення атрибутів якості в межах однієї підхарактеристики 2-го рівня (З3.1-З3.6 та Е1.1-Е1.3, Е2.1-Е2.3) визначають за формулою:

$$\overline{a2}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} a2_i}{n}, \qquad (1)$$

де $a2_i$ – атрибут якості j-ої підхарактеристики 2-го рівня, n – кількість атрибутів в підхарактеристиці.

Якісний показник j-ої підхарактеристики 2-го рівня визначають за формулою:

$$h2_j = \sum_{j=1}^{m} \left(\overline{a2}_j \cdot V2_j \right), \qquad (2)$$

де $V2_j$ – ваговий коефіцієнт j-ої підхарактеристики 2-го рівня, який визначається наступним чином [5].

Експертним методом встановлюється вага (рівень значимості) кожної j-ої підхарактеристики 2-го рівня в межах однієї підхарактеристики 1-го рівня.

Наприклад, підхарактеристика 1-го рівня З3 містить шість підхарактеристик 2-го рівня: З3.1-З3.6, приклад рівнів значимості яких наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Рівні значимості підхарактеристик 2-го рівня З3.1-З3.6

Шифр підхарактеристики	З3.1	З3.2	З3.3	З3.4	З3.5	З3.6
Рівень значимості	В	Н	В	С	Н	В

На основі даних, наведених в табл. 4, будується матриця (табл. 5):

Таблиця 5 – Матриця для визначення вагових коефіцієнтів підхарактеристик 2-го рівня З3.1-З3.6

об'єкти *l* / об'єкти *k*		З3.1	З3.2	З3.3	З3.4	З3.5	З3.6
		В	Н	В	С	Н	В
З3.1	В	1					
З3.2	Н		1				
З3.3	В			1			
З3.4	С				1		
З3.5	Н					1	
З3.6	В						1

Праву верхню частину матриці (табл. 5) заповнюють наступним чином. Попарно порівнюються об'єкти k і l. Якщо $k > l$, то у відповідній клітинці, що є на перетині рядка об'єкта k і стовпчика об'єкта l ставиться двійка, якщо $k < l$ – 0 і якщо вони однакові – 1. Для прикладу, у сірій клітинці табл. 5 буде цифра 2, бо об'єкт k у першому рядку має високий рівень значимості (В), а об'єкт l у другому стовпчику – низький (Н). Відповідно В має більшу значимість ніж Н. Діагональні клітинки заповнені одразу (1), бо завжди порівнюються однакові рівні значимості. Таким чином, значення клітинок верхньої правої частини матриці визначається за формулою:

$$M_{kl} = \begin{cases} 2, k > l \\ 0, k < l \\ 1, k = l \end{cases}. \quad (3)$$

Відповідно, ліва нижня частина матриці (табл. 5) заповнюється, використовуючи наступну формулу:

$$M_{lk} = 2 - M_{kl}. \quad (4)$$

Приклад заповненої матриці наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Приклад заповненої матриці на основі даних табл. 5

об'єкти *l* / об'єкти *k*		З3.1	З3.2	З3.3	З3.4	З3.5	З3.6
		В	Н	В	С	Н	В
З3.1	В	1	2	1	2	2	1
З3.2	Н	0	1	0	0	1	0
З3.3	В	1	2	1	2	2	1
З3.4	С	0	2	0	1	2	0
З3.5	Н	0	1	0	0	1	0
З3.6	В	1	2	1	2	2	1

Наступним етапом є сумування чисел, наведених в рядках матриці (табл. 6) та визначення контрольної суми, що відображено в табл. 7.

Таблиця 7 – Приклад заповненої матриці на основі даних табл. 6

об'єкти *l* / об'єкти *k*		З3.1	З3.2	З3.3	З3.4	З3.5	З3.6	$S1_k$
		В	Н	В	С	Н	В	
З3.1	В	1	2	1	2	2	1	9
З3.2	Н	0	1	0	0	1	0	2
З3.3	В	1	2	1	2	2	1	9
З3.4	С	0	2	0	1	2	0	5
З3.5	Н	0	1	0	0	1	0	2
З3.6	В	1	2	1	2	2	1	9
							Контрольна сума	36

У випадку правильного заповнення матриці, контрольна сума повинна відповідати значенню, отриманому за наступною формулою:

$$\sum_{z=1}^{k} S1_k = k^2. \qquad (5)$$

Наступним кроком є визначення інтегрованої важливості за наступною формулою:

$$S2_k = \begin{cases} \sum\limits_{z=1}^{k} \left(2 \cdot S1_k\right), S1_z < S1_k \\ \sum\limits_{z=1}^{k} \left(0 \cdot S1_k\right), S1_z > S1_k \\ \sum\limits_{z=1}^{k} \left(1 \cdot S1_k\right), S1_z = S1_k \end{cases}, \quad (6)$$

де $S1_z$ – «плаваюча» змінна $S1_k$.

Ваговий коефіцієнт j-ої підхарактеристики 2-го рівня визначається за наступною формулою:

$$V2_j = \frac{S2_k}{\sum\limits_{z=1}^{k} S2_k}. \quad (7)$$

Результати визначення інтегрованої важливості та вагових коефіцієнтів наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Результати визначення інтегрованої важливості та вагових коефіцієнтів

об'єкти l / об'єкти k		33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	$S1_k$	$S2_k$	$V2_j$
		В	Н	В	С	Н	В			
33.1	В	1	2	1	2	1	2	9	43	0,287
33.2	Н	0	1	0	0	0	1	2	4	0,026
33.3	В	1	2	1	2	1	2	9	43	0,287
33.4	С	0	2	0	1	0	2	5	13	0,087
33.5	Н	0	1	0	0	0	1	2	4	0,026
33.6	В	1	2	1	2	1	2	9	43	0,287
Контрольна сума								36	150	1

Середнє значення атрибутів якості в межах однієї підхарактеристики 1-го рівня (З3 та Е1, Е2) характеристик зовнішньої якості визначають за формулою:

$$\overline{a1}_j = \frac{\sum_{j=1}^{m} h2_j}{m}. \quad (8)$$

Для всіх решти атрибутів якості середнє значення в межах однієї підхарактеристики 1-го рівня характеристик зовнішньої якості визначають за формулою:

$$\overline{a1}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} a1_i}{n}, \quad (9)$$

де $a1_i$ – атрибут якості j-ої підхарактеристики 1-го рівня.

Якісний показник j-ої підхарактеристики 1-го рівня характеристик зовнішньої якості визначають за формулою:

$$h1_j = \sum_{j=1}^{m} \left(\overline{a1}_j \cdot V1_j \right), \quad (10)$$

де $V1_j$ – ваговий коефіцієнт j-ої підхарактеристики 1-го рівня, який визначається аналогічно за формулою (7) за вищенаведеною методикою.

Середнє значення показників якості в межах j-ої характеристики визначають за формулою:

$$\overline{h}_j = \frac{\sum_{j=1}^{m} h1_j}{m}. \quad (11)$$

Узагальнений (комплексний) показник зовнішньої якості програмного продукту визначають за формулою:

$$K_{\text{зовн}} = \sum_{j=1}^{6} \left(\bar{h}_j \cdot V_j \right), \tag{12}$$

де V_j – ваговий коефіцієнт j-ої характеристики, який визначається аналогічно за формулою (7) за вищенаведеною методикою.

Внутрішня якість характеризується меншим асортиментом якісних показників у порівнянні із зовнішньою якістю. Методика визначення цих показників полягає в наступному.

Середнє значення в межах однієї підхарактеристики внутрішньої якості визначають за формулою:

$$\bar{a}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n}, \tag{13}$$

де a_i – атрибут якості j-ої підхарактеристики.

Якісний показник j-ої підхарактеристики визначають за формулою:

$$h_j = \sum_{j=1}^{m} \left(\bar{a}_j \cdot Vh_j \right), \tag{14}$$

де Vh_j – ваговий коефіцієнт j-ої підхарактеристики, який визначається аналогічно за формулою (7) за вищенаведеною методикою.

Середнє значення показників якості в межах j-ої характеристики визначають за формулою:

$$\bar{h}_j = \frac{\sum_{j=1}^{m} h_j}{m}. \tag{15}$$

Узагальнений показник внутрішньої якості програмного продукту визначають за формулою:

$$K_{\text{вн}} = \sum_{j=1}^{6} \left(\bar{h}_j \cdot V_j \right), \tag{16}$$

де V_j – ваговий коефіцієнт j-ої характеристики, який визначається аналогічно за формулою (7) за вищенаведеною методикою.

Якість під час використовування містить лише чотири характеристики та відповідні їм атрибути якості.

Середнє значення в межах однієї характеристики якості під час використовування визначають за формулою:

$$\bar{a}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i}{n}. \tag{17}$$

Якісний показник j-ої характеристики визначають за формулою:

$$h_j = \sum_{j=1}^{m} \left(\bar{a}_j \cdot Vh_j \right), \tag{18}$$

де Vh_j – ваговий коефіцієнт j-ої характеристики, який визначається аналогічно за формулою (7) за вищенаведеною методикою.

Узагальнений показник якості під час використовування програмного продукту визначають за формулою:

$$K_{\text{викор}} = \sum_{j=1}^{4} h_j. \tag{19}$$

III. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА ШКАЛЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Результати оцінки якісних показників програмних продуктів, із-за великого їх асортименту, найзручніше подавати у вигляді дерев властивостей, які зображені на рис. 3-5.

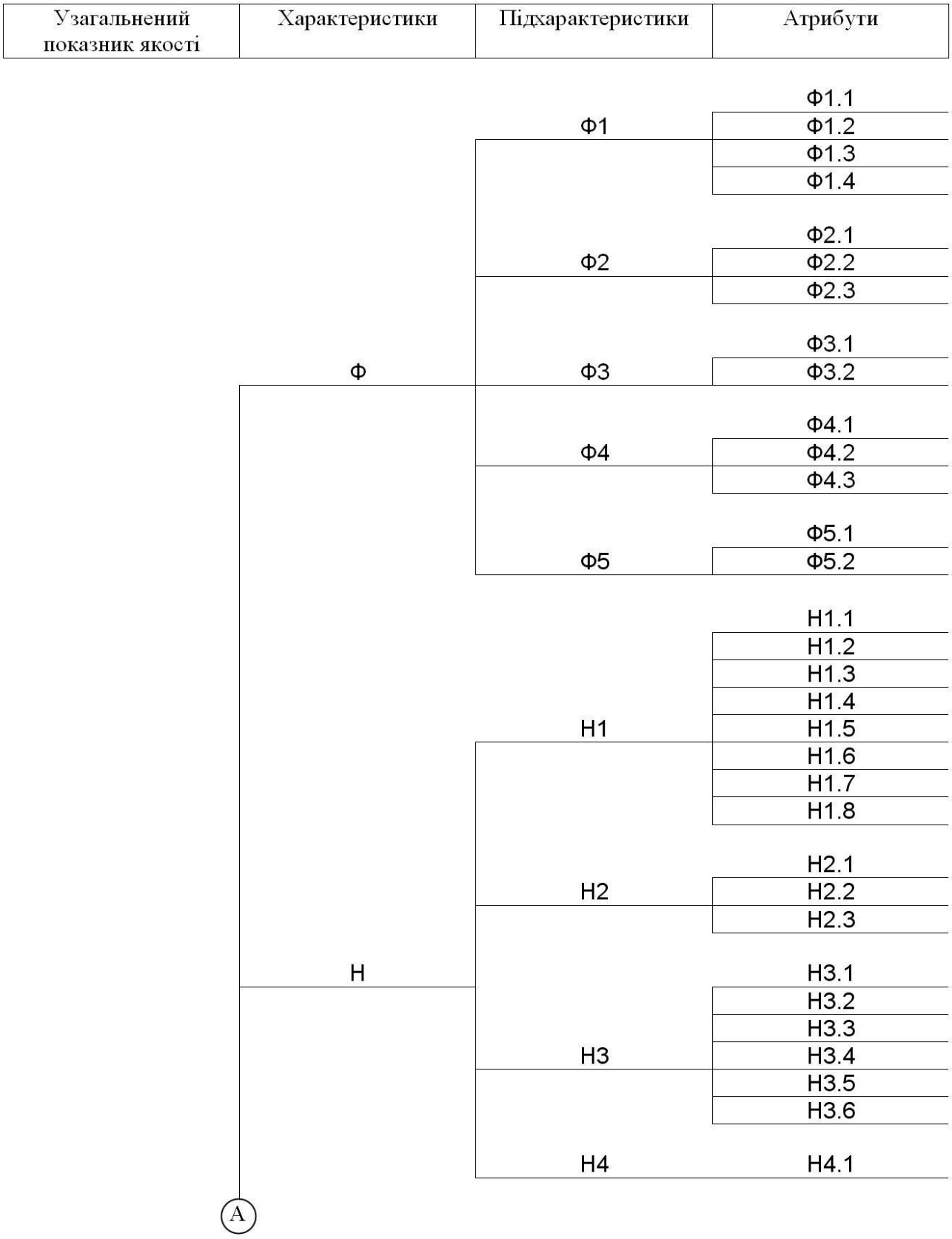


Рисунок 3 – Дерево властивостей зовнішньої якості, аркуш 1

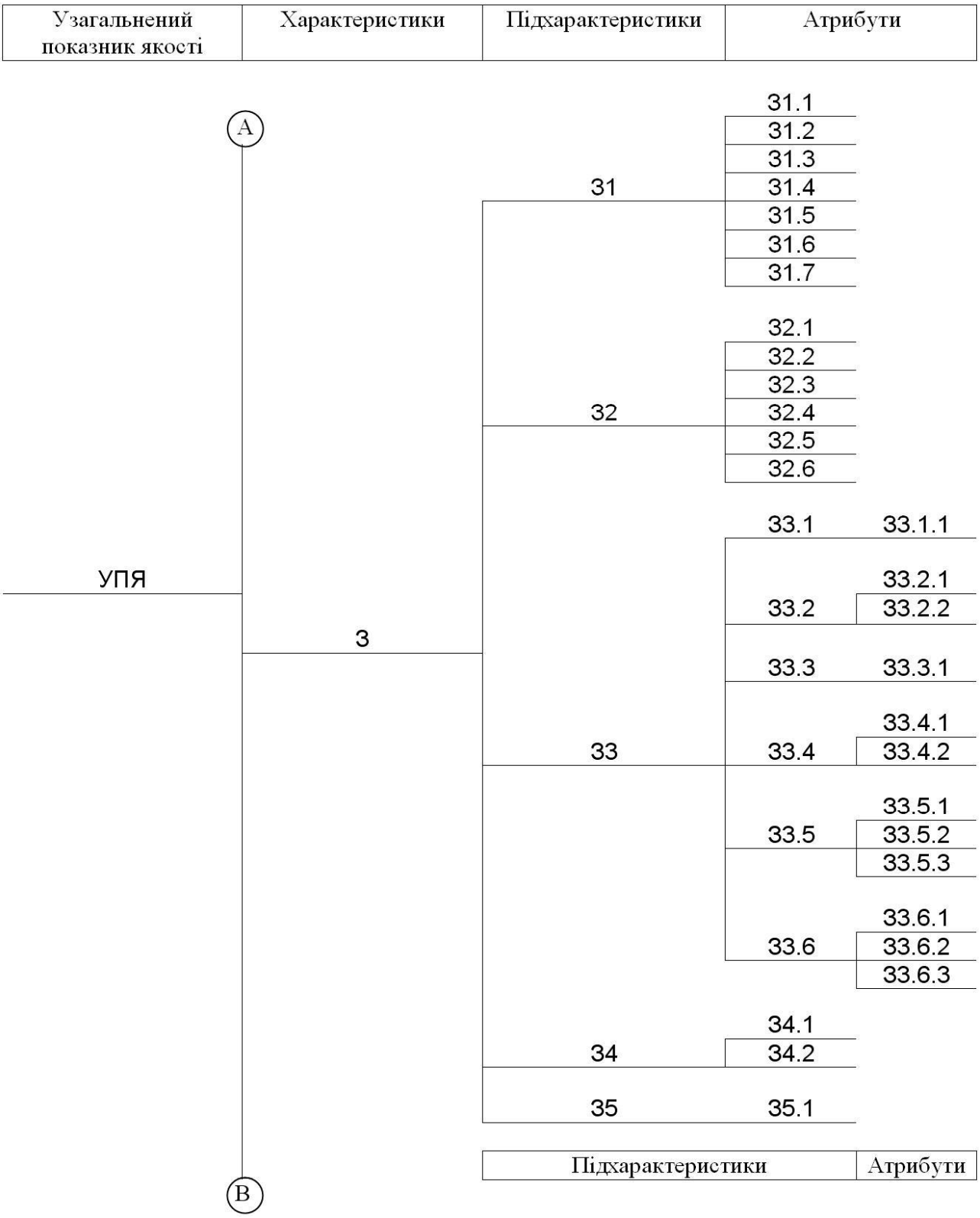


Рисунок 3 – Дерево властивостей зовнішньої якості, аркуш 2

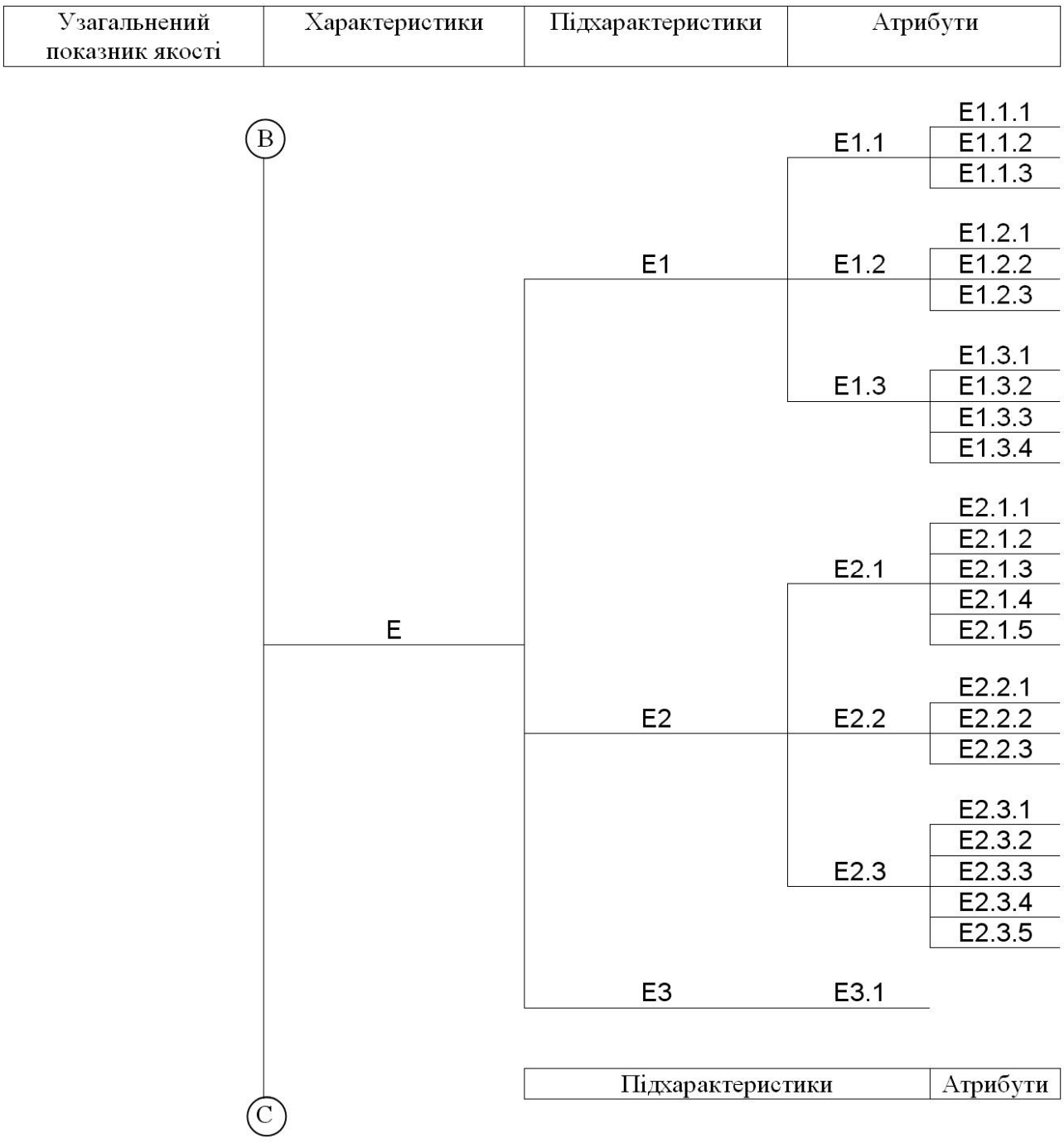


Рисунок 3 – Дерево властивостей зовнішньої якості, аркуш 3

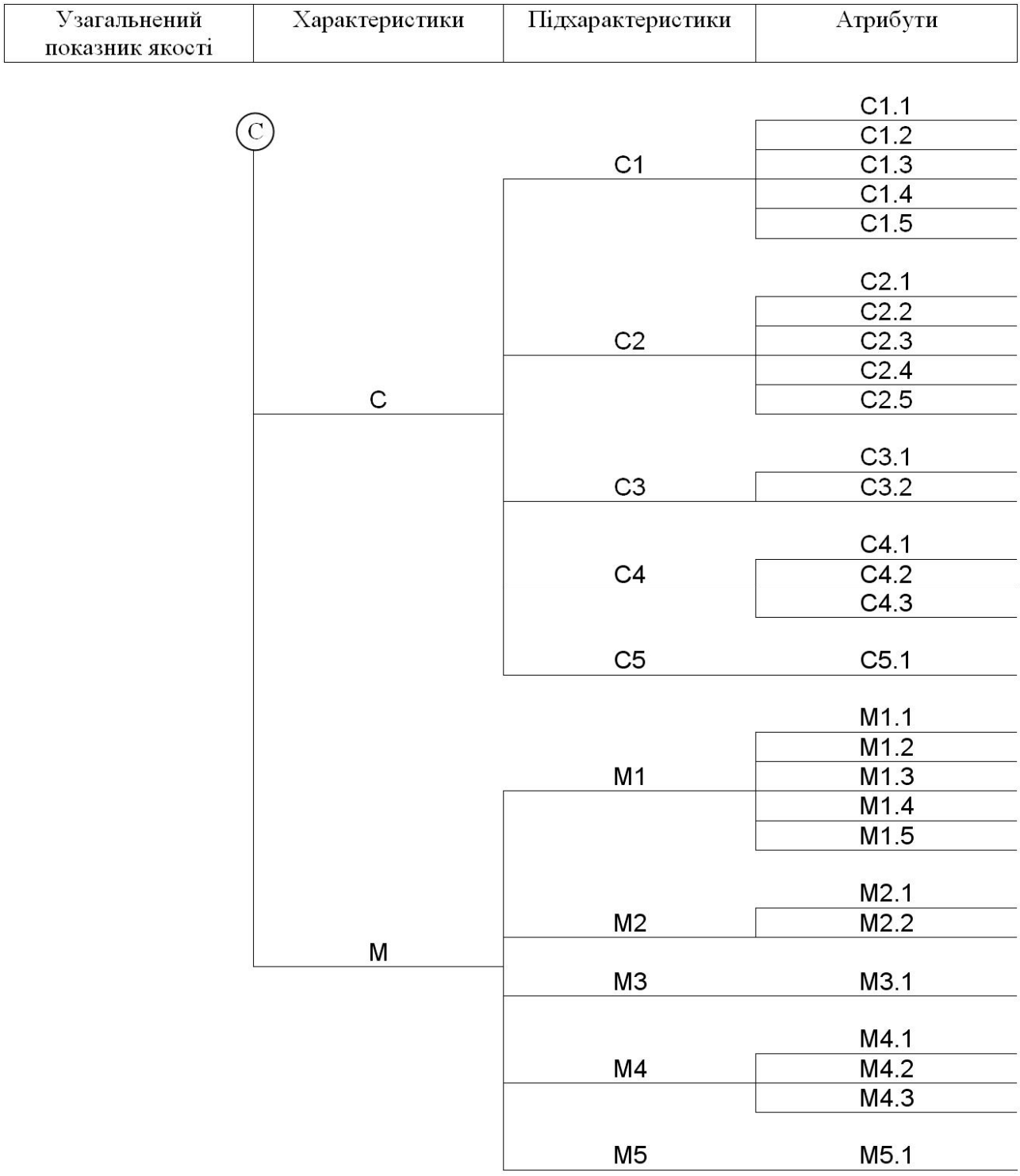


Рисунок 3 – Дерево властивостей зовнішньої якості, аркуш 4

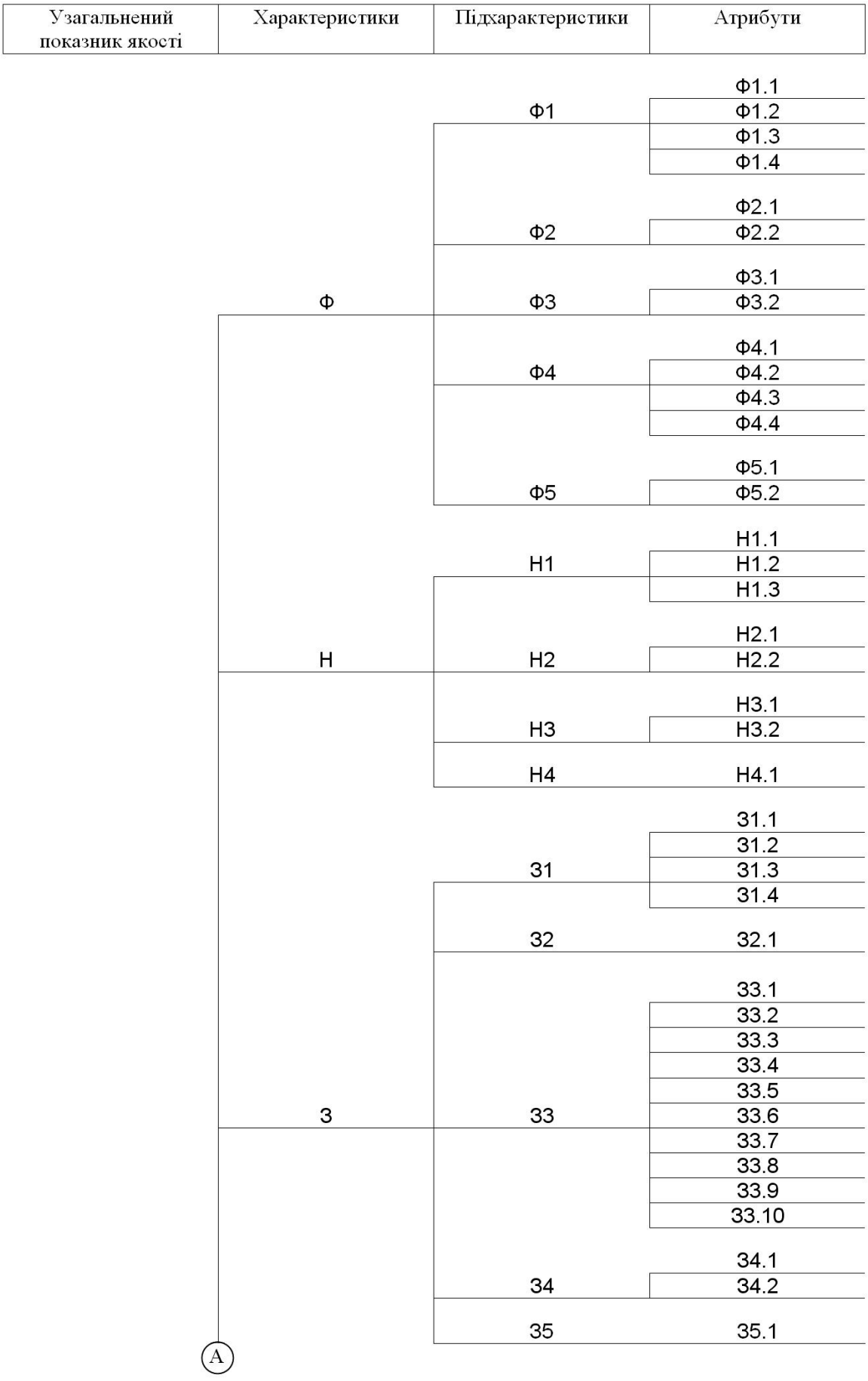


Рисунок 4 – Дерево властивостей внутрішньої якості, аркуш 1

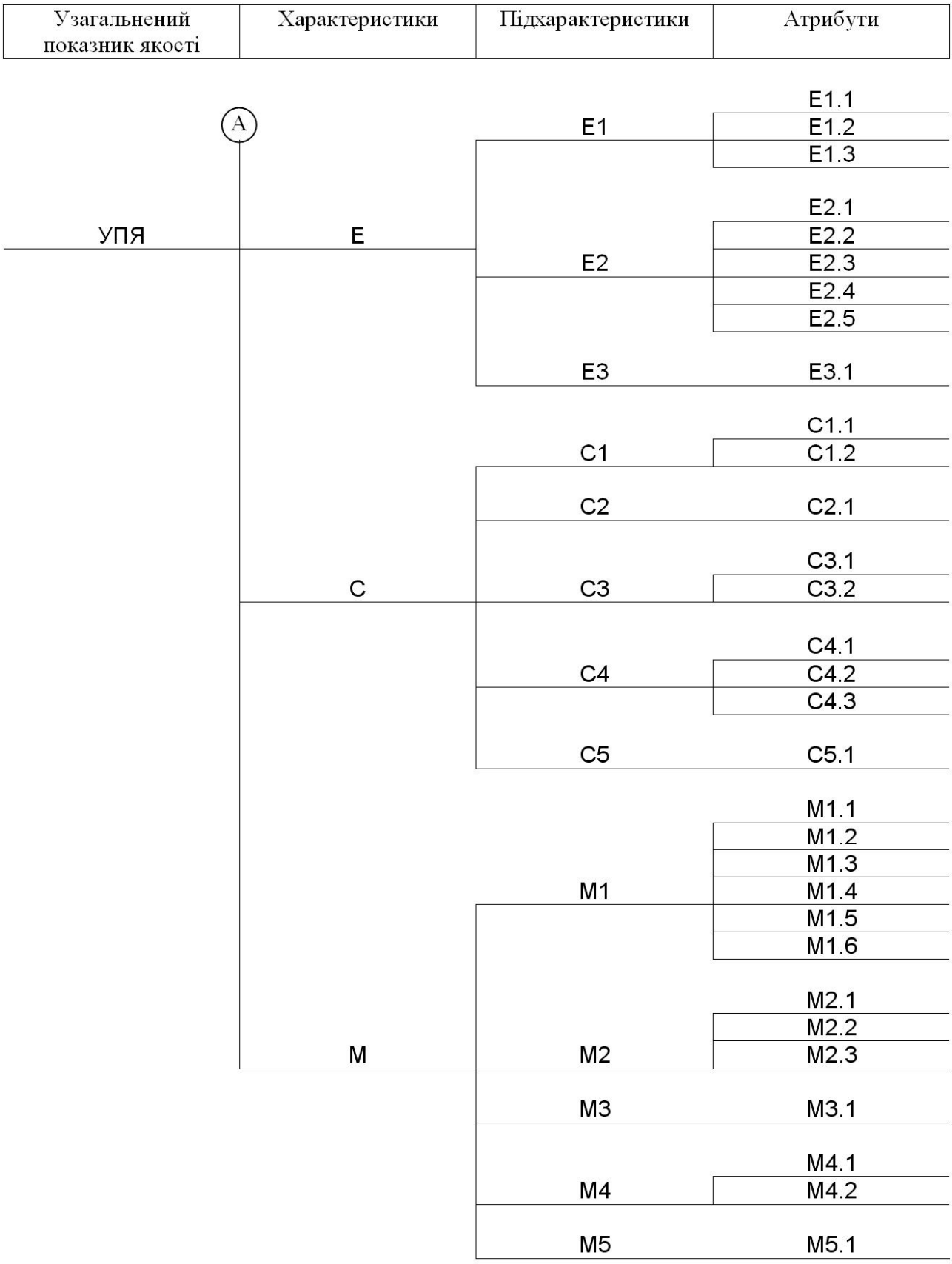


Рисунок 4 – Дерево властивостей внутрішньої якості, аркуш 2

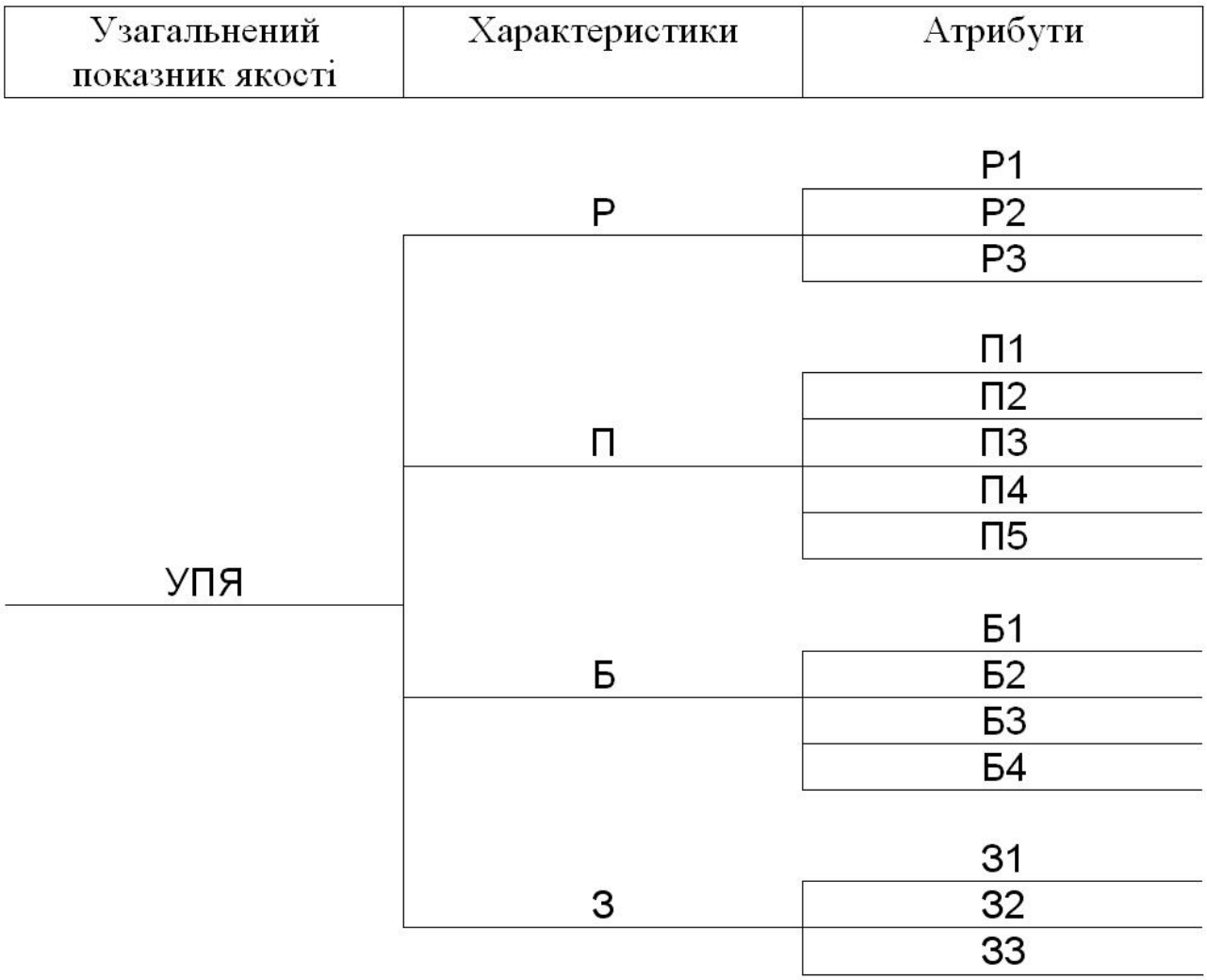


Рисунок 5 – Дерево властивостей якості під час використовування

На рис. 3-5 подані типові структури дерев властивостей. Результати визначення якісних показників подають одним із способів: вказують значення показника на відповідною гілкою дерева, або рисують гілку такого розміру, який відповідає значенню якісного показника.

В роботі [6] для оцінки достатності рівня якості програмних продуктів розроблена шкала рівнів якості (рис. 6).

Використання розробленої шкали дає можливість відобразити значення показників якості програмних продуктів в одиничному інтервалі та у п’ятибальній шкалі, а також встановити задовільні та незадовільні діапазони значень результатів оцінювання, а також рівні якості програмних продуктів: плановий, поточний, найгірший.

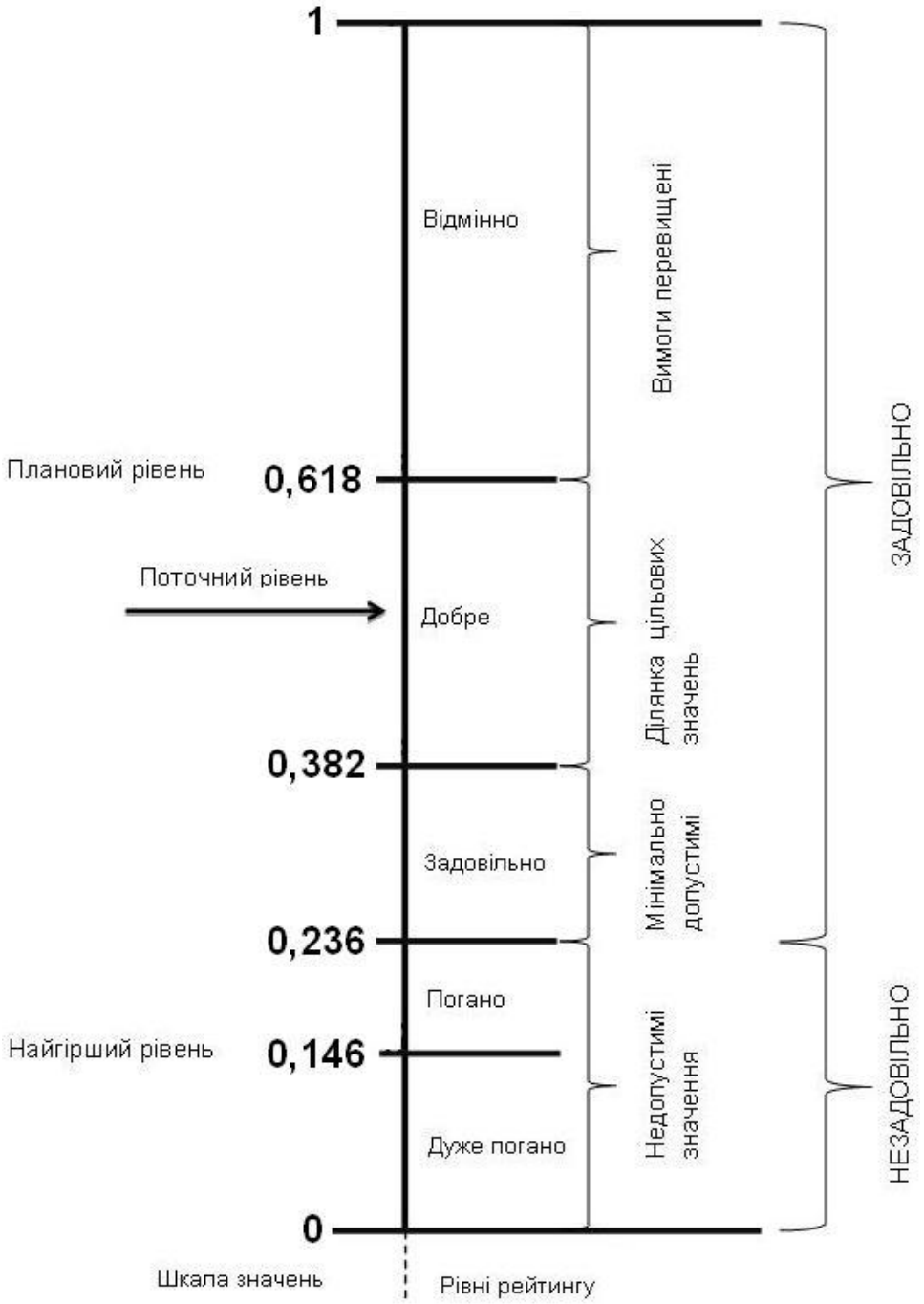


Рисунок 6 – Шкала рівнів якості програмних продуктів

IV. ВИСНОВКИ

Використання розробленої методології дозволить в повній мірі використовувати міжнародні стандарти [1-4], забезпечуючи таким чином повний обсяг оцінки якості програмних продуктів: від визначення їх числових значень до візуалізації та шкалювання результатів оцінювання.

ЛІТЕРАТУРА

[1] ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013. Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 1. Модель якості (ISO/IEC 9126-1:2001, IDT). [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 20 с.

[2] ДСТУ ISO/IEC TR 9126-2:2008. Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 2. Зовнішні метрики (ISO/IEC TR 9126-2:2003, IDT). [Чинний від 2010-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 85 с.

[3] ДСТУ ISO/IEC TR 9126-3:2012. Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 3. Внутрішні метрики (ISO/IEC TR 9126-3:2003, IDT). [Чинний від 2013-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013. 46 с.

[4] ДСТУ ISO/IEC TR 9126-4:2012. Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 4. Метрики якості під час використовування (ISO/IEC TR 9126-4:2004, IDT). [Чинний від 2013-05-01]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013. 49 с.

[5] Іванова С.С. Експертний метод вагових коефіцієнтів важливості. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві.* Київ, 2015. Т.19. № 2. С. 74-77.

[6] Віткін Л.М., Кузь М.В., Андрейко В.М. Методика визначення якісних показників програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. Хмельницький, 2017. №1 (57). С. 109-113.

Моделювання автоматизованої навчальної системи

Ольга Артеменко

Льотна академія Національного авіаційного університету,
м. Кропивницький, Україна

І. ВСТУП

Рівень розвитку країни значною мірою визначається рівнем розвитку освіти, яка в сучасних умовах повинна швидко і адекватно реагувати на потреби суспільства, позбавляючись консерватизму шляхом проведення кардинальних реформ притаманного теперішній освіті. Одним із важливих чинників реформування освіти є її інформатизація. Побудова ефективних систем інформатизації освіти з урахуванням світового досвіду, особливостей і реалій стану вітчизняної освіти – одна із актуальних і важливих наукових і практичних проблем.

В Україні рівень інформатизації суспільства в цілому і освіти, зокрема, суттєво нижчий від рівня інформатизації суспільства і освіти розвинутих країн [1].

Серед основних стратегічних цілей розвитку інформаційного суспільства в Україні, визначають:

прискорення розробки та впровадження новітніх конкурентоспроможних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в усі сфери суспільного життя;

забезпечення комп’ютерної та інформаційної грамотності населення, насамперед, шляхом створення системи освіти, орієнтованої на використання новітніх ІКТ у формуванні всебічно розвиненої особистості;

створення загальнодержавних інформаційних систем, насамперед, у сферах охорони здоров’я, освіти, науки, культури, охорони довкілля [2].

В даний час широкого поширення набули системи дистанційного навчання (СДН) [3]. Ці системи дозволяють організувати віддалену (заочну) освіту великого числа студентів на базі персонального комп'ютера (ПК) та глобальної мережі Інтернет з мінімальними витратами. Крім того, в стандартах освіти збільшено кількість годин на самостійне вивчення матеріалу, яке забезпечує 30-40% засвоєння знань у рамках навчальної програми. Більш глибоке засвоєння можливо отримати тільки в результаті особистого спілкування з викладачами, читання літератури, проведення досліджень в лабораторіях, тобто в рамках стаціонарної (очної) освіти [4]. Сучасні технології дозволяють організовувати дистанційне навчання на основі автоматизованих навчальних систем (систем управління навчанням) і (або) автоматизованих навчальних курсів. Перевагами автоматизованих навчальних систем (АНС), є: по-перше, їх мобільність, по-друге, доступність зв'язку з розвитком комп'ютерних мереж, по-третє, адекватність рівню розвитку сучасних наукових знань. З іншого боку, впровадження в освіту нових автоматизованих навчальних систем посилює можливості індивідуалізації навчання [5].

Автоматизовані навчальні системи представляють собою програмно-технічні комплекси, що включають в себе методичну, навчальну та організаційну підтримку процесу навчання, що проводиться на базі інформаційних технологій.

В рамках автоматизованих навчальних систем можуть вирішуватися такі завдання:

- завдання, пов'язані з реєстрацією і статистичним аналізом показників засвоєння навчального матеріалу: визначення часу вирішення завдань, визначення загального числа помилок і т.д. До цієї ж групи належать і завдання управління навчальною діяльністю;

- завдання, пов'язані з перевіркою рівня знань, умінь і навичок здобувачів освіти до і після навчання, їх індивідуальних здібностей і мотивацій;

- завдання АНС, пов'язані з підготовкою і представленням навчального матеріалу, адаптацією матеріалу за рівнями складності,

підготовкою динамічних ілюстрацій, контрольних завдань, лабораторних робіт, самостійних робіт здобувачів освіти;

- завдання адміністрування системи, доставки навчального матеріалу на робочі станції і завдання зворотного зв'язку із здобувачем освіти.

Тому проектування автоматизованих систем навчання, які забезпечують високий рівень підготовки фахівців (особливо в технічних вузах) в рамках очної освіти є актуальним.

Розглянемо необхідність розробки та впровадження АНС в процес підготовки диспетчерів із забезпечення польотів.

Важливим фактором у забезпеченні безпеки польотів та надійності функціонування авіаційної системи є діяльність авіаційного персоналу. Безпека польотів є основним показником якості роботи авіаційно-транспортної системи, забезпечення якої покладається не лише на пілотів та диспетчерів управління повітряним рухом, але і на представників наземного персоналу, що пов'язаний з наданням важливої, з точки зору безпечного виконання польотів, інформації, стосовно роботи навігаційних засобів та обладнання, устаткування аеропортів, характеристик та стану злітно-посадкових смуг, технічного стану повітряного судна (ПС) та його льотних характеристик, інформації по маршруту польоту та метеорологічних умов за маршрутом, в аеродромі вильоту та призначення та ін. Представниками такого персоналу є диспетчер із аеронавігаційного забезпечення польотів/льотний диспетчер.

Для якісного виконання виробничих задач до диспетчерів із забезпечення польотів висувається комплекс вимог до професійних знань, серед яких важливе місце займає знання документів в таких областях, як: безпека польотів, повітряне право, авіаційна метеорологія, планування, забезпечення та контроль польотів, картографія, засоби зв’язку, повітряна навігація, організація повітряного руху, системи ПС та ін.

Диспетчери із забезпечення польотів (ЗП) є авіаційними фахівцями широкого профілю. У їх професійні обов'язки входить велика кількість завдань і функцій, пов’язаних з розробкою

нормативних документів, підготовкою екіпажів до польоту, взаємодією з іншими службами і організаціями, які необхідно виконати швидко, впевнено і з необхідною точністю [6-9]. Під аеронавігаційним забезпеченням і плануванням польотів (АНЗПП) розуміють підготовку, розрахунок і надання екіпажам даних на землі та під час польоту.

Вся необхідна інформація для безпечного та ефективного виконання всього рейсу знаходиться у диспетчера із забезпечення польотів, і тільки він може надати відповідну консультацію і допомогу екіпажу повітряного судна як в процесі передпольотної підготовки, так і в процесі виконання польоту. Диспетчер із забезпечення польотів безпосередньо участі у виконанні польоту не бере, але від правильності та достовірності інформації, яку він надає екіпажам повітряних суден залежить безпека виконання польотів. Аеронавігаційне забезпечення та планування польотів відбувається на основі величезного об'єму даних, з якими повинен працювати диспетчер із ЗП.

Саме тому до представників даної професії висуваються жорсткі вимоги. Особливе місце серед цих вимог займає знання документів аеронавігаційної інформації (АНІ) – документів ІСАО (International Civil Aviation Organization), Об'єднаного пакету аеронавігаційної інформації (ОПАНІ) та документів корпорації Jeppesen. Саме ці документи є платформою, на основі якої будується модель спеціаліста. Без цих знань співробітник із АНЗПП не може здійснювати свою професійну діяльність належним чином, оскільки більшість авіакомпаній використовують саме ці документи при плануванні і забезпеченні польотів.

Підготовку диспетчерів із забезпечення польотів в Україні здійснюють в Льотній академії Національного авіаційного університету (ЛА НАУ). В програмі підготовки особливе місце відведено для вивчення документів ІКАО, ОПАНІ та документів корпорації Jeppesen в рамках дисципліни «Документи аеронавігаційної інформації». Для цього виділено достатню кількість годин для роботи з цими документами, але існує певна проблема, яка

зумовлена тим, що деякі документи є в наявності лише на кафедрі або в бібліотеці та в єдиному екземплярі. Тому ознайомлення з ними можливе лише на заняттях. Зміни в стандартах вищої освіти ведуть до того, що скорочується кількість годин аудиторних занять і збільшується кількість годин для самостійної та індивідуальної роботи студента. Тому у курсантів виникають труднощі при вивченні даних документів у повному об'ємі та при відпрацюванні практичних завдань.

Таким чином, актуальною є задача створення автоматизованої навчальної системи (АНС) по роботі з документами АНІ з реалізацією адаптивної технології навчання та впровадження її у навчальний процес. Метою цієї системи є: допомога у вивченні теоретичного матеріалу, відпрацювання навичок роботи з документами та перевірка засвоєння матеріалу у здобувачів освіти.

ІІ. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розвиток інформаційних технологій має великий вплив на сферу освіти, оскільки ці технології можуть використовуватися не лише в процесі передачі знань, але і в управлінні освітнім процесом. Підвищення ефективності навчального процесу можна досягти впровадженням комп'ютерних методів навчання [10,11]. Постійне збільшення обсягу інформації, яку необхідно засвоїти, вимагає інтенсивного та раціонального використання електронних навчальних засобів. Останніми роками активно досліджуються питання використання засобів і ресурсів інформаційних технологій у навчальному процесі (В. Андрущенко, В. Биков, С. Григор'єв, А. Гуржій, М. Жалдак, Н. Морзе, І. Роберт, М. Смульсон, О. Співаковський, та ін.); особливості діяльності і спілкування у системі «педагог – учень» з використанням інформаційно-комунікаційних технологій (А. Брушлинський, Т. Габай, О. Матюшкін, Ю. Машбиць, Й. Ривкінд та ін.); питання інформатизації загальноосвітньої і вищої школи (В. Биков, І. Булах Б. Гершунський, С. Гончаренко, Р. Гуревич,

М. Жалдак, В. Лапінський, А. Манако, В. Михалевич, Н. Морзе, О. Овчарук, О. Спірін та ін.).

Розробкою автоматизованих навчальних систем (АНС) займалися, зокрема, такі вчені: В.П. Беспалько, Г.А. Атанов, В.Г. Афанасьєв, В.А. Бєліков, Т.А. Ільїна, А.Н. Леонтьєв, Л.Н. Линда, Н.Ф. Тализіна, Гальперін П. Я., Глушкова В. М. та ін.

Беспалько В.П. [12] наголошує, що використання ІКТ у навчальному процесі дозволяє підтримувати високий рівень мотивації студентів, наповнити їх великою кількістю готових, ретельно відібраних, відповідним чином організованих знань, розвинути інтелектуальні, творчі здібності та сприяє розвитку комунікативних аспектів навичок роботи з інформацією.

Так Kochler H. [13] підкреслює, що у 21 сторіччі важлива увага повинна приділятись процесу освіти людини на протязі усього життя. На його думку використанням нових методів навчання на основі інтегративної освіти можна забезпечити підвищення ефективності реалізації знань, збільшити адаптивність і гнучкість фахівця, що приведе до зростання економічних результатів його діяльності, а також відхід від стандартних методів освіти.

Мацейко О.В. [14] досліджуючи використання ІКТ у професійно-технічній освіті робить висновок, що це один із перспективних засобів становлення професіоналізму майбутніх кваліфікованих робітників, який за своєю суттю є адекватним стану розвитку суспільства, відповідає запитам сучасної освіти, дозволяє ефективно реалізовувати дидактичні принципи та пропонує концептуально нові підходи до формування в учнів необхідних компетенцій. На його думку подальшого розвитку потребують: розроблення методики проведення занять за допомогою ІКТ, пошук оптимальних форм застосування електронних навчальних матеріалів у інформаційно-освітньому просторі, упорядкування нормативно-правової бази електронного навчання, здійснення моніторингу ефективності використання ІКТ, визначення змісту підготовки учасників навчально-виховного процесу до роботи в умовах використання ІКТ.

Литвин А.В. [15] вважає, що професійну компетентність майбутніх фахівців неможливо уявити без навичок використання засобів електронного зв'язку, професійно орієнтованого програмного забезпечення, банків даних нормативної, технологічної, прогностичної та економічної інформації. Та робить наголос, що майбутні фахівці мають бути готовими (відповідно до отриманого рівня кваліфікації) застосовувати на практиці новітні технології, а отже – навчальні заклади усіх рівнів мають на випередження формувати в них відповідні компетенції.

Морзе Н.В. [16] робить наголос на те, що надійною основою та невід'ємною частиною процесу впровадження інноваційних педагогічних технологій в навчальний процес є формування інформатичних компетентностей вчителів, викладачів, співробітників та керівників закладів освіти. Саме від них залежить ефективність освітнього процесу. Причому складові таких інформатичних компетентностей весь час мають оновлюватися залежно від об'єктивних змін, які відбуваються в освіті, суспільстві та ринку освітніх послуг.

Чайковська О.А. [17] досліджуючи використання інноваційних інформаційних технологій в умовах навчального середовища особливу увагу приділяє питанням використання мультимедійних методів, утворенню електронних підручників та мультимедійних презентаційних видань. В роботі робиться висновок, що комп'ютерні навчальні технології з високою ефективністю можуть функціонувати на всіх рівнях освіти. Розробка методики впровадження нових інформаційних технологій повинна вестись не ізольовано, а в єдиному комплексі в системі «початкова школа – середня – вища». Студенти закладу вищої освіти повинні оволодіти професійно-орієнтованими комп'ютерними технологіями та вміти їх використовувати в подальшій діяльності в умовах інформаційного суспільства.

Спірін О.М. [18] досліджуючи інформаційно-комунікаційну технологію навчання робить висновок, що її потрібно трактувати як дидактичну технологію, яка забезпечує досягнення цілей навчання

лише за умови обов’язкового використання ІКТ. Оцінювання якості проектування, розробки і ефективності впровадження ІКТ доцільно здійснювати з використанням як зовнішніх критеріїв, до яких віднесено проектувальний, конструктивний, організаційний, комунікативний та гностичний, так і внутрішніх критеріїв – диференціації, індивідуалізації, інтенсифікації процесу навчання і результативності навчальної діяльності.

Жалдак М.І. [19] вважає, що в основу інформатизації навчального процесу слід покласти створення і широке впровадження в повсякденну педагогічну практику нових комп’ютерно-орієнтованих методичних систем навчання на принципах поступового і неантагоністичного, без руйнівних перебудов і реформ, вбудовування інформаційно-комунікаційних технологій у діючі дидактичні системи, гармонійного поєднання традиційних та комп’ютерно-орієнтованих технологій навчання, не заперечування і відкидання здобутків педагогічної науки минулого, а, навпаки, їх удосконалення і посилення, в тому числі і за рахунок педагогічно доцільного використання досягнень у розвитку комп’ютерної техніки і засобів зв’язку. При цьому він підкреслює, що використання комп’ютера в навчальному процесі має бути педагогічного виваженим і доцільним, заснованим на гармонійному поєднанні методичних надбань минулого та сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Широке використання дистанційної форми навчання та активне впровадження ІКТ в освітній процес зумовили створення адаптивних систем, в яких можлива реалізація: врахування попередніх знань та досвіду студентів; автоматична генерація навчального курсу; інтелектуалізація контролю знань та ін. функції [20].

За час розвитку автоматизованого навчання було створено велику кількість навчальних систем різного рівня та призначення [21]. У літературі по комп'ютерних засобах навчання використовується різні терміни, що характеризують типи програм навчального призначення. На жаль, різні дослідники часто вкладають в один і той же термін істотно різний зміст або навпаки, однотипні програми характеризують різними термінами.

Існує багато різних підходів до класифікації електронних засобів навчального призначення (ЕЗНП) [22,23].

В залежності від способів використання автоматизовані навчальні програми поділяють також таким чином:

- автоматизовані навчальні системи;
- програмні засоби для математичного моделювання;
- програмні засоби для контролю/тестування знань;
- тренажери;
- інформаційно-довідкові системи;
- демонстраційні програми;
- електронні підручники;
- експертні навчальні системи;
- інтелектуальні навчальні системи.

На сьогоднішній час існує значний спектр електронних освітніх ресурсів, призначених для інформаційного забезпечення, функціонування і розвитку системи освіти. Серед них: локальні і мережеві електронні засоби навчального призначення, зокрема на оптичних цифрових носіях; навчальні Web-ресурси: спеціалізовані сайти, електронні колекції, бібліотеки, збірки навчальних матеріалів та ін.; електронні бази даних і знань навчального призначення; системи і платформи електронного навчання, у т.ч. дистанційного і віртуального. Але огляд існуючих платформ для створення АНС виявив їх незручність для моделювання саме специфічних задач в області аеронавігаційного забезпечення польотів. В льотній академії для підготовки диспетчерів із ЗП викладачами розробляються авторські програмні засоби [24]. Тому для реалізації АНС «Документи АНІ» буде обрано відповідну платформу, спроможну моделювати професійні дії диспетчера із ЗП при роботі з документами аеронавігаційної інформації.

Ш. РОЗРОБКА МОДЕЛІ АНС

Під АНС будемо розуміти комплекс технічного, навчально-методичного, лінгвістичного, програмного та організаційного

забезпечень на базі ПК, призначений для індивідуалізації навчання [25]. Використання АНС в процесі навчання дозволить:

1) Виявляти вихідний рівень знань, умінь і навичок здобувачів освіти, їх індивідуальних особливостей.

2) Підготувати навчальний матеріал (пояснювальні тексти та ілюстрації, навчальні та контрольні завдання).

3) Пред'являти навчальний матеріал, адаптувати його за рівнем складності, темпом подання інформації.

4) Впливати на пізнавальну діяльність здобувача освіти.

5) Визначати показники їх працездатності.

6) Контролювати якість засвоєння матеріалу.

7) Мати статистичний аналіз показників процесу засвоєння навчального матеріалу кожним здобувачем і групою в цілому.

При роботі з електронними матеріалами слід враховувати кілька моментів [26]:

- гарнітура, кегль і накреслення окремих символів;
- розміщення тексту і вільний простір на поверхні екрану;
- види використовуваних ілюстрацій і графіки;
- логічна структура та інші мовні якості електронного тексту;
- особливості реакції користувача на електронний матеріал.

Системна структура електронного засобу навчання має містити три блоки: теоретичний, практичний і тестовий.

Теоретичний блок призначено для публікації структурованого учбового матеріалу дисципліни і містить короткий опис всіх розділів і тем програми.

Практичний блок містить завдання для засвоєння теорії та набуття практичних навичок. Також у практичній частині можуть бути наведені приклади розв’язанні окремих задач з поданої дисципліни.

Контроль знань (тестування). Вивчення кожного модуля (блоку, навчального елемента) закінчується контрольними тестами, які дозволять оцінити набуті знання. У цьому блоці повинна бути передбачена оцінка правильності відповідей студента на запитання. В кінці тесту студенту повинна бути представлена інформація про його

результати. Для усунення можливості запам'ятовування студентом правильних відповідей необхідно використовувати значний за величиною банк комп'ютерних тестових завдань, в якому варіанти завдань перемішуються і беруться у вигляді довільної вибірки.

Виходячи з цього, навчальна програма повинна містити 3 основних частини:

- теоретичну;
- тренуючу (або практичну);
- контролюючу.

Основною вимогою, якій повинна задовольняти автоматизована навчальна система, розроблена з урахуванням принципів адаптивного навчання, є забезпечення процесу навчання (як в рамках ЗВО, так і в дистанційному навчанні) відповідно до індивідуальних особливостей здобувача освіти. Вирішити це завдання дозволяє реалізація в навчальній системі різних технічних прийомів і методів, пов'язаних з різними варіантами функціональності навчальної системи і різними способами її реалізації.

Так процес навчання із застосуванням АНС можна представити у вигляді рис. 1.

Рисунок 1 – Структурна схема проходження навчання із застосуванням АНС

Основні етапи проектування АНС:

1. Визначення складу АНС.
2. Побудова моделі предметної області (розбиття на навчальні елементи змісту навчального матеріалу).
3. Побудова алгоритмів навчальної роботи.
4. Розробка навчальних вправ.
5. Розробка контрольних завдань і вправ.
6. Побудова алгоритмів роботи системи.

Концептуальна модель АНС «Документи АНІ» зображена на рис. 2.

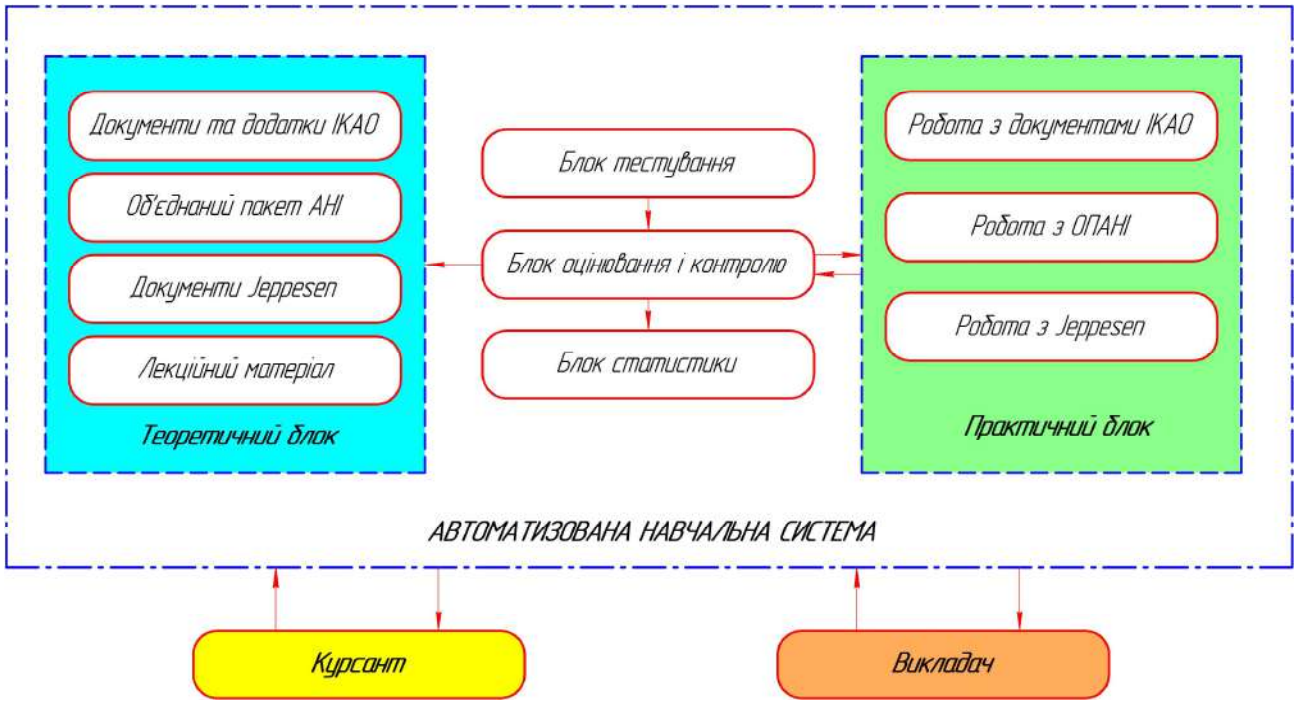


Рисунок 2 – Концептуальна модель АНС «Документи АНІ»

Основні завдання АНС «Документи АНІ»:

1. Надання доступу до теоретичного матеріалу з курсу та до документів аеронавігаційної інформації, з якою працює диспетчер із ЗП (документи ІСАО, ОПАНІ та Jeppesen) для вивчення їх змісту.

2. Контроль отриманих знань шляхом проведення тестового оцінювання (контроль по окремому блоку документів та підсумкове оцінювання).

3. Обробка отриманих відповідей тестового оцінювання шляхом порівняння з еталонними відповідями та надання рекомендацій для подальшої роботи курсанта.

4. Видача навчальних завдань (вправ) для індивідуальної роботи по кожному блоку документів.

5. Оцінювання правильності виконання завдань (вправ).

6. Отримання результатів оцінювання з подальшим їх збереженням, формування звітів.

При розробці електронних навчальних курсів та навчальних систем в цілому можливі два підходи – тематичний і задачний.

Суть тематичного підходу полягає в тому, що навчальна діяльність підкоряється логікі розвитку певної теми. Здобувач освіти спочатку працює з теоретичним матеріалом, а потім використовує його при виконанні різних вправ. Роль вправ можуть грати як питання тесту, так і певний набір завдань, при вирішенні яких освоюється спосіб дій.

Тематичний підхід передбачає, що весь планований для вивчення навчальний матеріал розбивається на окремі навчальні елементи – сторінки курсу.

Побудова послідовності курсу навчання означає забезпечення здобувача освіти індивідуально спланованою послідовністю блоків навчального матеріалу.

Алгоритми представлення навчального матеріалу можна розділити на циклічні, спрямовані і комбіновані [27]. Циклічні алгоритми припускають повторне повернення до блоків навчального матеріалу, які здобувач недостатньо засвоїв.

На основі вищесказаного сформуємо послідовність роботи з АНС «Документи АНІ»:

1. Вивчення теоретичного (лекційного) матеріалу та ознайомлення із змістом документів АНІ.

Зміст лекційного матеріалу буде розділений на інформаційні навчальні елементи (ІНЕ) – лекції або їх частини в залежності від об’єму та складності матеріалу. Після вивчення лекційного матеріалу (ІНЕ), курсант може ознайомитись із змістом певного документа.

Самі документи будуть розділені на відповідні блоки: блок документів ІСАО, блок документів ОПАНІ та блок документів Jeppesen.

2. Проходження вхідного (поточного) контролю тестування і визначення подальшої роботи: повторне вивчення ІНЕ або перехід до виконання практичних завдань (вправ).

3. Придбання і розвиток практичних вмінь користування документом за допомогою навчальних вправ. Практичні завдання також розділені по кожному блоку документів.

4. Проходження підсумкового контролю (тестування за пройдений курс).

АНС «Документи АНІ» представимо у вигляді сукупності блоків (рис. 2). Функції кожного із виділених концепцією блоків визначаються певним колом задач. В таблиці 1 конкретизовано, яка інформація буде вхідною, яка вихідною.

Таблиця 1 – Функції складових блоків АНС «Документи АНІ»

Назва блоку	**Вхідна інформація**	**Основні задачі (функції)**	**Вихідна інформація або результат**
Теоретичний блок	1. Теоретичний матеріал (Лекційний матеріал, документи АНІ) 2. Інструкції по роботі з АНС	1. Зберігання теоретичного матеріалу 2. Доступ до теоретичного матеріалу	1. Необхідний (запитуваний) теоретичний матеріал
Практичний блок	3. Варіанти практичних завдань 4. Еталонні варіанти завдань	3. Зберігання практичних завдань 4. Зберігання еталонів розв’язку практичних завдань 5. Генерація практичних завдань 6. Надання практичних завдань 7. Експорт розв’язків завдань та еталонів	2. Практичне завдання (вправа)

Кінець таблиці 1

Блок тестування	5. Тестові запитання 6. Еталонні відповіді	8. Зберігання тестових завдань 9. Зберігання еталонних відповідей 10. Формування варіанту тесту (генерація питань) 11. Надання тестових завдань 12. Експорт пройдених тестів та еталонів	3. Варіант тесту (10 запитань)
Блок оцінювання і контролю	7. Критерії оцінювання завдань 8. Критерії оцінювання тестів 9. Персональні дані курсанта 10. Загальні критерії оцінювання	13. Порівняння розв’язаних вправ з еталонними 14. Порівняння тесту з еталонними відповідями 15. Зберігання розв’язків завдань курсантами 16. Зберігання пройдених тестів 17. Загальне оцінювання 18. Надання результатів проходження вправи та тестів 19. Надання рекомендацій	4. Результати виконаної вправи 5. Результати пройденого тестування 6. Загальна оцінка по вправі 7. Загальна оцінка тестування 8. Рекомендації
Блок статистики	11. Персональні дані курсанта 12. Дані по навчальним групам 13. Результати пройденої вправи чи тестів	20. Формування звіту	9. Звіти по групі 10. Звіти по кожному студенту

Визначення предметної області АНС

Робота диспетчера із забезпечення польотів є важливою та відповідальною і відіграє велику роль в ефективній підготовці до польоту. Коли б не виконувався політ, він залежить в оперативному і технічному відношеннях від ряду факторів: вітру, погоди на аеродромах призначення і запасних, навігаційних засобів і устаткування, оснащеності аеропортів, технічного стану повітряного судна і його льотних характеристик, від необхідного для виконання даного польоту кількості палива і т.д. Робота диспетчера із забезпечення польотів полягає в тому, щоб оцінити всі ці різні параметри з метою забезпечення безпечного та економічно найбільш ефективного виконання польоту. Диспетчер із ЗП пов'язує всі аспекти щодо виконання майбутнього польоту в єдине ціле і доводить систематизовану і підготовлену інформацію до екіпажу повітряного судна. Також, вони є уповноваженими особами авіакомпанії щодо здійснення оперативного планування і контролю польотів і сприяють у виконанні рейсів. Тому, виходячи з цього, диспетчер із ЗП має знати певні аеронавігаційні документи (документи ІСАО, документи ОПАНІ та документи корпорації Jeppesen), повинен вміти ними користуватися, і у разі необхідності, знати, до якого документу звернутися [6]. Класифікація документів, які необхідно знати диспетчеру із ЗП, відображена у вигляді рис. 3.

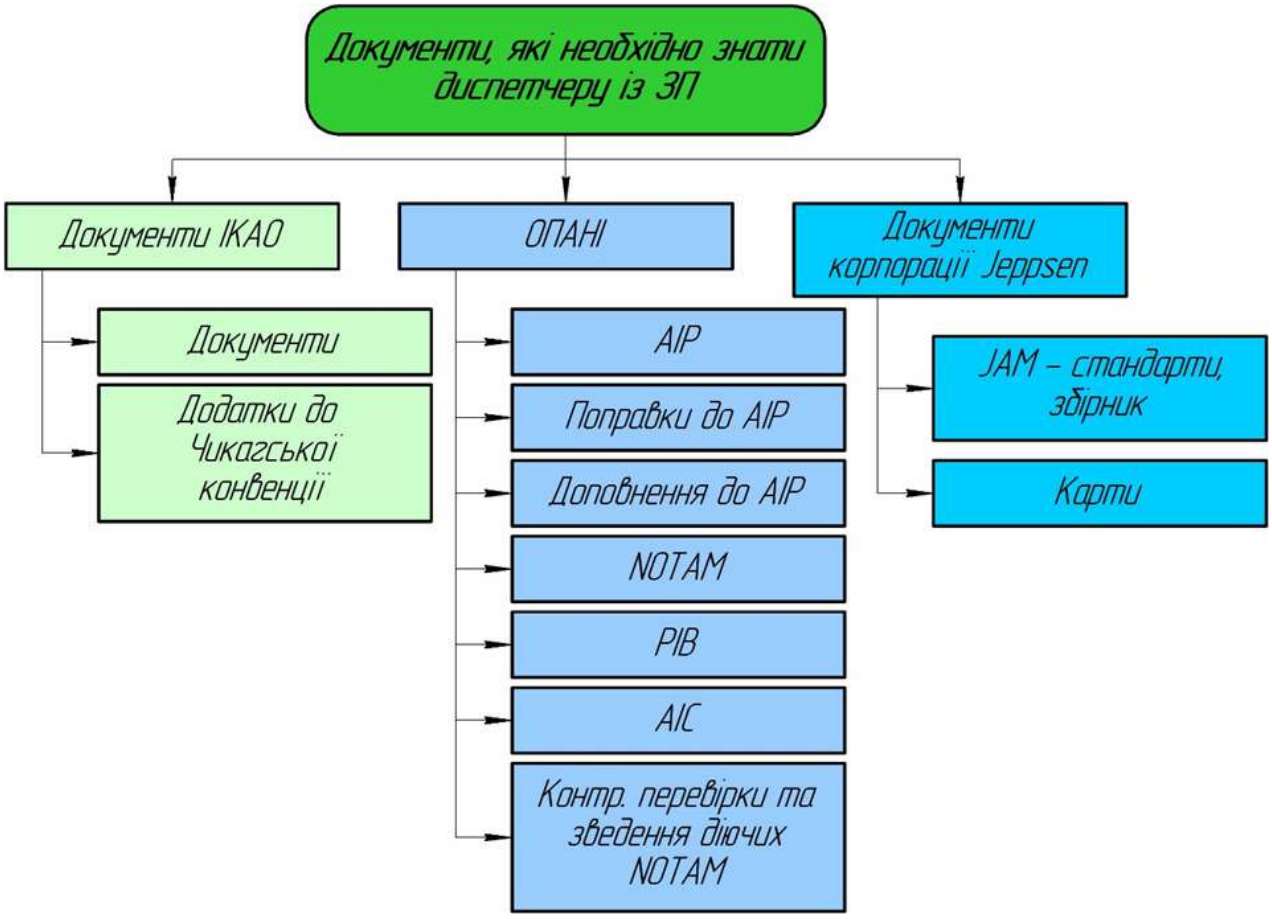


Рисунок 3 – Класифікація аеронавігаційних документів, які необхідно знати диспетчеру із ЗП

Документи ІСАО. ІСАО (ІКАО) приймає велику кількість юридичних актів, які стандартизують правила польотів, вимоги до авіаційного персоналу, норми льотної придатності повітряних суден. Ці документи містять різні правила і мають відповідні назви: «Стандарти», «Рекомендована практика», «Процедури».

Систематизація документів ІСАО відображена у вигляді рис. 4.

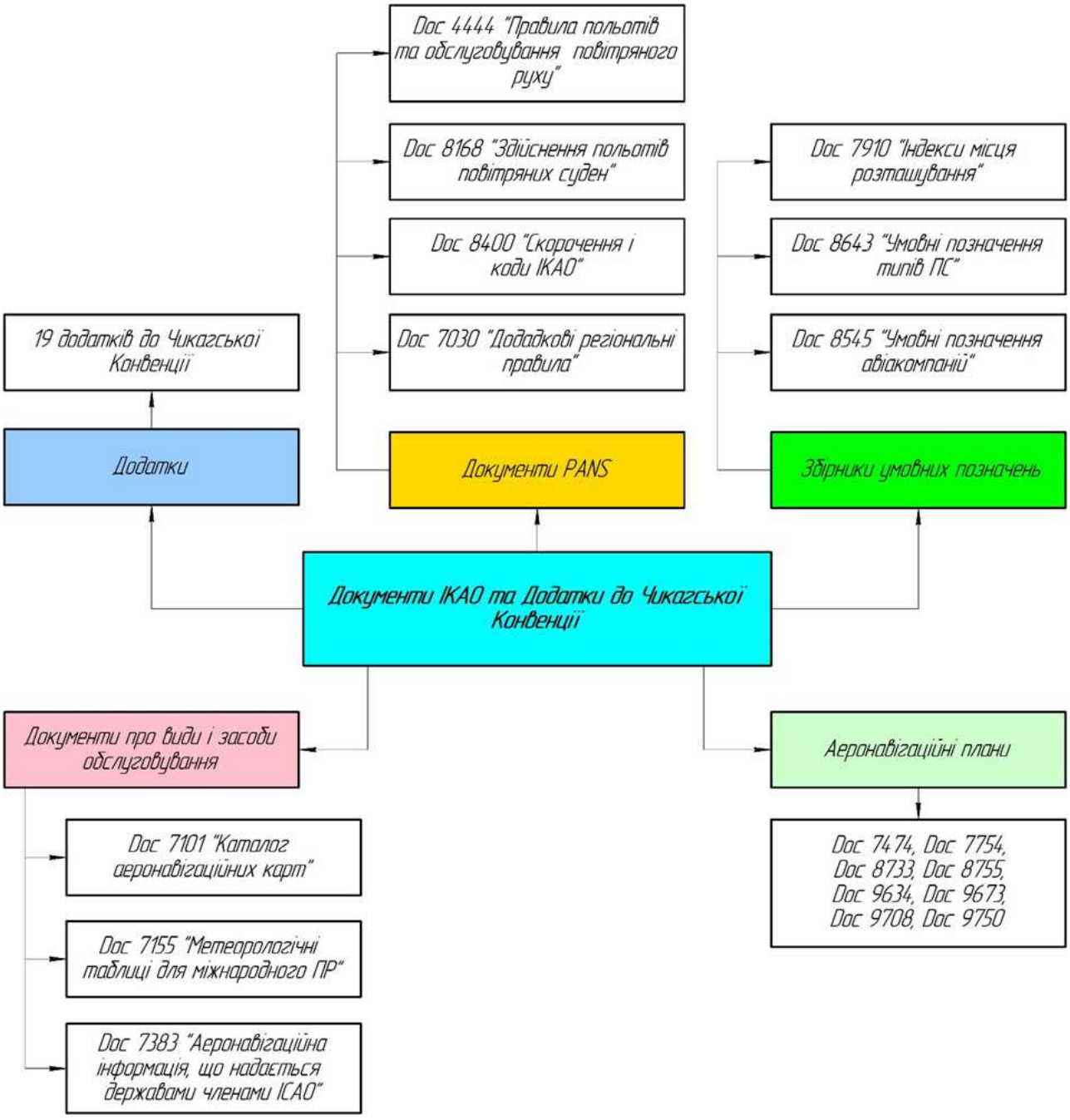


Рисунок 4 – Систематизація документів ІСАО

ОПАНІ. Національні Служби аеронавігаційної інформації (САІ) відповідають за надання інформації відносно засобів і служб, які діють на території своєї держави, а також, здійснюють обмін АНІ з САІ інших держав. Такий обмін дозволяє забезпечувати повне інформаційне обслуговування, необхідне при виконанні міжнародних польотів, які проходять над територією багатьох держав і надавати інформацію, необхідну органам обслуговування повітряного руху

(ОПР) для інформаційного обслуговування ПС в польоті. Тож, з метою вирішення задачі з обміну АНІ у необхідному обсязі для забезпечення міжнародної аеронавігації, розроблена форма обміну інформації між державами. Такою формою є обмін інформації у вигляді об'єднаного пакету аеронавігаційної інформації. Ця інформація є основною в кожній державі.

Систематизація документів ОПАНІ, відображена у вигляді рис. 5.

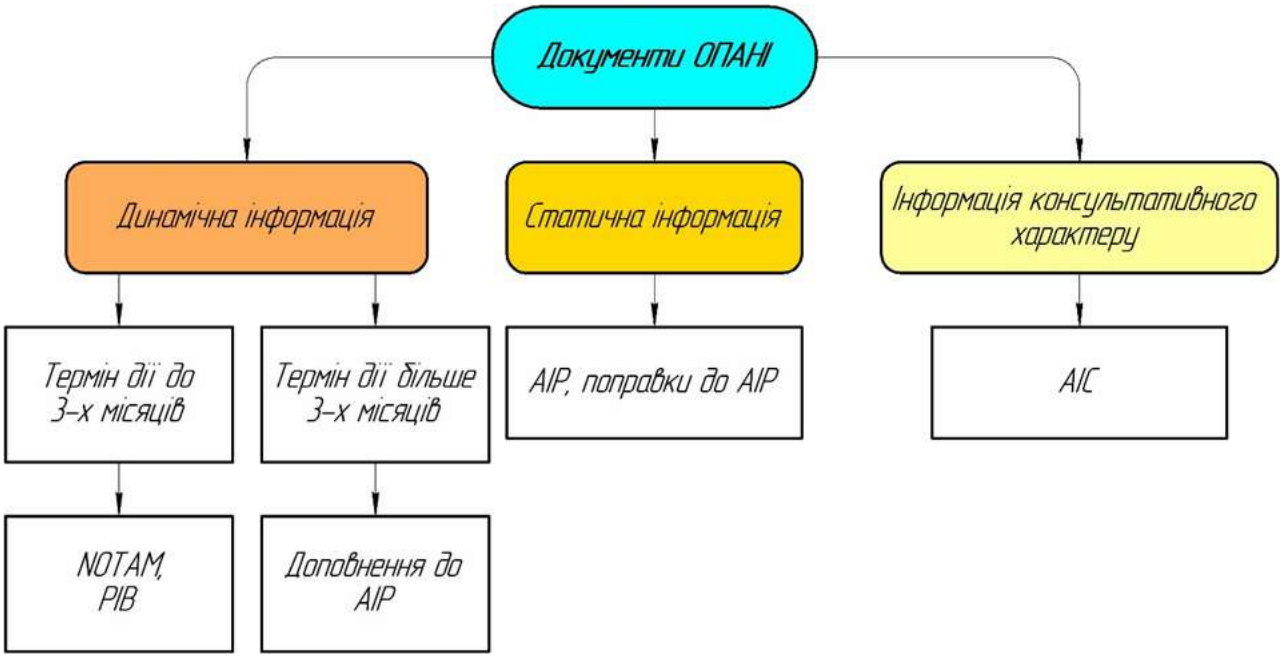


Рисунок 5 – Систематизація документів ОПАНІ

Документи корпорації Jeppesen. Американська компанія «Jeppesen» давно є визнаним світовим лідером у забезпеченні аеронавігаційною інформацією всіх споживачів, які її потребують, і в першу чергу – льотних екіпажів повітряних суден. Корпорація Jeppesen має різні види обслуговування користувачів і формує збірники АНІ відповідно до потреб користувача.

Standard Airway Manual Service (Стандартний Збірник та карти). Це класичний вид обслуговування, який передбачає забезпечення Збірника Jeppesen Airway Manual і відповідних маршрутних карт користувачам з подальшим оновленням один раз в один або два тижні. Цей вид обслуговування забезпечується для всіх регіонів світу

Систематизація документів Jeppesen відображена у вигляді рис. 6.

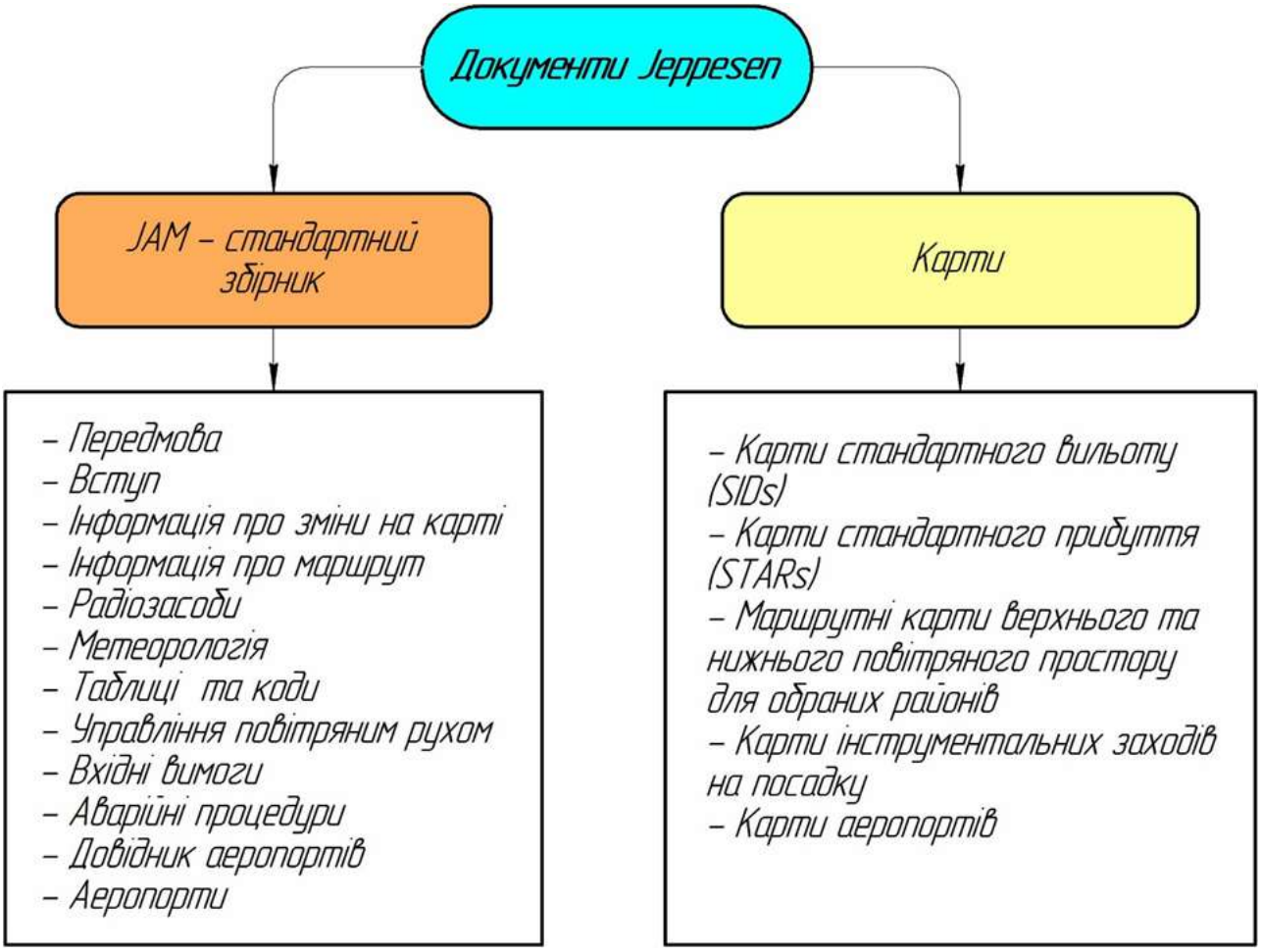


Рисунок 6 – Систематизація документів Jeppesen

Формальний опис АНС «Документи АНІ»

Розроблювану АНС будемо розглядати як складну систему з позиції системного підходу.

Системний підхід є напрямом методології пізнання в основі якого лежить дослідження об'єктів як систем. Підхід сприяє адекватній постановці проблем у конкретних науках і виробленні ефективної стратегії їх вивчення. Методологія, специфіка системного підходу визначається тим, що він орієнтує дослідження на розкриття цілісності об'єкта і механізмів, що його забезпечують, на виявлення різноманітних типів зв'язків складного об'єкта і зведення їх в єдину теоретичну картину.

Поняття системи визначається як комплекс вибірково залучених

компонентів, де взаємодія і взаємовідношення набувають характеру взаємодії з метою отримання сфокусованого корисного результату [28].

Існують наступні принципи системного підходу:

- цілісність, що дозволяє розглядати одночасно систему як єдине ціле і в той же час як підсистему для вищих рівнів;
- ієрархічність будови, тобто наявність безлічі (принаймні двох) елементів, розташованих на основі підпорядкування елементів нижчого рівня - елементам вищого рівня;
- структуризація, що дозволяє аналізувати елементи системи та їх взаємозв'язки в рамках конкретної організаційної структури (як правило, процес функціонування системи обумовлений не стільки властивостями її окремих елементів, скільки властивостями самої структури);
- множинність, що дозволяє використовувати безліч економічних чи математичних моделей для опису окремих елементів і системи в цілому.

Для формального опису моделі АНС «Документи АНІ» застосуємо теоретико-множинний опис.

Теоретико-множинні описи базуються на поняттях: множина (змістовно еквівалентне поняттям «сукупність», «збори», «ансамбль», «колекція»), елементи множини і відносини на множинах [29].

Складну систему можна відобразити у вигляді сукупності різнорідних множин і відносин між ними. Множини можуть задаватися двома способами; перерахуванням елементів (b_a, b_c, ..., b_p,) та назвою характерної властивості (ім'ям, що відображає цю властивість) – наприклад, множина «В». В основі більшості теоретико-множинних перетворень лежить перехід від одного способу завдання множини до іншого.

У множині можуть бути виділені підмножини. З двох і більше множин або підмножин можна, встановивши відносини між їх елементами, сформувати нову множину, що складається з елементів, якісно відрізняються від елементів вихідних множин (при такому перетворенні у елементів нової множини якби з'являється інший зміст

у порівнянні з вихідними).

Теоретико-множинні описи допускають введення будь-яких відносин. При конкретизації застосовуваних відносин і правил їх використання можна отримати одну з алгебр логіки, один з формальних мов математичної лінгвістики, створити мову моделювання складних систем, яка потім, отримавши відповідну назву, може розвиватися як самостійний науковий напрям.

Завдяки тому, що при теоретико-множинних описах систем і процесів в них можна вводити будь-які відносини, ці описи:

а) служать хорошою мовою, за допомогою якої полегшується взаєморозуміння між представниками різних областей знань;

б) можуть бути основою для виникнення нових наукових напрямів, для створення мов моделювання, мов автоматизації проектування.

Однак свобода введення будь-яких відносин призводить до того, що в створюваних мовах моделювання важко ввести правила, закономірності, використовуючи які формально, можна отримати нові результати, адекватні реальним модельованим об'єктам і процесам (як це дозволяють робити аналітичні і статичні методи). Тому спочатку при застосуванні теоретико- множинних описів прагнули використовувати обмежений набір відносин. У загальному ж випадку в мові можуть з'являтися ситуації парадоксів або антиномій, що призводить до необхідності обмеження різноманітності відносин у створюваних мовах.

У зв’язку з цим, при розробці моделі АНС «Документи АНІ» застосуємо теоретико-множинний підхід [30].

Таким чином, формальний опис процесів взаємодії користувача з АНС можна представити як узагальнену модель «користувач – АНС», для опису якої використовується відображення:

$$S = <t, X_{ВХ}, X_{Ф}, X_{ВИХ}, X_{ВК}, X_{Д}, X_{К}> \qquad (1)$$

де t – інтервал часу, відображає зміну динамічних характеристик користувача: зміну області інформаційного пошуку в процесі рішення

задачі, зміну вимог до форми представлення інформаційних ресурсів і ін.;

$X_{ВХ}$ – множина вхідних даних для кожного виділеного концепцією блоків (табл. 1):

$$X_{ВХ} = \{X_1, X_2, X_3, \ldots X_{13}\}$$

$X_Ф$ – множина функцій АНС (табл. 1), яку можна представити як вираз:

$$X_Ф = \{F_1, F_2, F_3, \ldots F_{20}\}$$

$X_{ВИХ}$ – множина вихідних даних для кожного виділеного концепцією блоків (табл. 3.1):

$$X_{ВИХ} = \{Y_1, Y_2, Y_3, \ldots Y_{10}\}$$

$X_{ВК}$ – множина параметрів, що характеризують вимоги користувача:

$$X_{ВК}=\{G_П, G_С, G_О, G_Д, G_{ОП}\}$$

де:

$G_П$, $G_С$ – вимоги до процесу і середовища функціонування моделі;

$G_О$ – вимоги до технічних, програмних, інформаційних, аналітичних і інших засобів взаємодії користувача з ПК;

$G_Д$, $G_{ОП}$ – вимоги до взаємодії та обслуговування користувачів у АНС;

Розглянемо більш детально кожну підмножину.

$G_П$ – Вимоги користувача до процесу функціонування АНС.

Процес функціонування АНС відображає поведінку АНС в часі та може бути представлений як послідовна зміна станів АНС. АНС може знаходитись в одному із наступних станів:

- виконання – активний стан, під час якого наявні всі необхідні ресурси та відбувається безпосереднє виконання;
- очікування – пасивний стан, процес заблокований, не

виконується через внутрішні причини: повинна відбутись інша подія, наприклад завершення операції вводу даних, отримання повідомлення від іншого процесу, звільнення необхідного йому ресурсу;

- готовності – також пасивний стан, але в цьому випадку заблокований у зв'язку з зовнішніми обставинами: є необхідний ресурс, але відбувається завершення іншого процесу.

У ході робочого циклу процес повинен переходити із одного стану в інший.

G_C – Вимоги користувача до середовища функціонування АНС.

Середовище функціонування АНС – взаємодія АНС із документами, які необхідні у роботі диспетчера із ЗП (документи ІСАО, ОПАНІ та Jeppesen).

Навчально-тренувальний режим – виконання навчальних вправ для якісного засвоєння певної теми.

G_O — Вимоги користувача до технічних, програмних, інформаційних, аналітичних засобів взаємодії користувача з ПК.

Технічні засоби взаємодії – вимоги до технічного забезпечення є важливим елементом, оскільки можливості реалізації суттєво визначаються обчислювальною технікою. Необхідно використовувати такі технічні засоби, які є найбільш приближеними до обладнання автоматизованого робочого місця диспетчера із ЗП: програмно-апаратні засоби, що забезпечують взаємодію людини з комп'ютером, можливість введення інформації (через клавіатуру, комп'ютерну мишку, тощо) та її виведення на екран монітора, принтер або інші пристрої виведення; індивідуальний комплекс технічних і програмних засобів, що призначений для автоматизації професійної праці фахівця і забезпечує підготовку, редагування, пошук і видачу на екран і друк необхідних йому документів і даних.

Програмні засоби взаємодії – покликані забезпечити розв'язування задач навчання, які стоять перед користувачем прикладної області, включає прикладні програми і програми, що

створюють дружній інтерфейс користувача, оскільки метою є набуття знань та навичок користувачем за відносно короткий термін без перевантаження систем сприйняття інформації.

Аналітичні засоби – вимоги користувача до аналізу, обробки, видачі результатів та рекомендацій користувачеві. Інформаційний аналіз – процес вироблення користувачем рішень.

$G_Д$, $G_{ОП}$ — Вимоги користувача до взаємодії та обслуговування користувачів у АНС.

Взаємодія користувачів з АНС – включає взаємодію з технічними засобами, сприйняття візуальних компонентів інтерфейсу (кнопки, мітки, поля вводу, списки, прапорці та смуги прокручування, малюнки), зручне розміщення елементів та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Вимога до обслуговування користувачів у АНС – забезпечити можливість діалогу «користувач – АНС».

Діалогом користувача з обчислювальною машиною зазвичай називають такий режим роботи, при якому машина в процесі роботи за програмою повідомляє користувачеві про необхідності ввести ту чи іншу інформацію або зробити ті чи інші дії. Користувач машини у відповідь на ці запити вводить в оперативну пам'ять різні дані з клавіатури.

$X_Д$ – множина параметрів, що характеризують діяльність АНС:

$$X_Д=\{D_П, D_У\}$$

де: $D_П$ – процеси діяльності користувачів;

$D_У$ – умови діяльності користувача;

$D_П$ — процеси діяльності користувачів:

- підготовчий: відбувається надання користувачеві теоретичної інформації;
- процес безпосередньої діяльності (сеанс): проходження практичних завдань та тестів, реакція АНС на дії та запити користувача;

- післясеансова обробка інформації: аналіз отриманих даних, виведення оцінки на екран.

$D_У$ – умови діяльності користувача;

Умови діяльності користувача:

- навчально-тренувальна (вивчення, повторення теоретичних відомостей, тренування, контроль, тестування);

- налагодження (виведення оцінки, збереження результату, оновлення стратегії навчання в залежності від отриманих результатів).

У ході аналізу різних наукових джерел: Гультяєв А.К., Співаковський О.В., Массель Г.Г., Кот С.М., Чумакова Т.Я., Циганенко С.М., Алексенко Е.А., Сугак Е.Е., Соммервілл І. було узагальнено вимоги користувачів до АНС: гнучкість; технологічність використання; дружність інтерфейсу; адаптивність; вбудованість; простота використання; узгодженість; естетична привабливість.

Питання пов’язані із використанням освітніх інформаційних технологій в процесі навчання та вимоги до АНС визначаються існуючими стандартами в галузі створення інтерактивних додатків, психофізіологічними особливостями людини та були досліджені в роботах Кречетникова К.Г., Беляєва М.І., Соловова А.В., Гриншкун В.В., Краснової Г.А., Роберт І.В., Щенникова С.А., Ходакова Д.В.

Множина показників, що описує користувача, представлена двома підмножинами:

$$X_К = (N_1, N_2, ..., N_n; M_1, M_2, ..., M_n), \quad (2)$$

де $N=(N_1, N_2, ..., N_n)$ – підмножина-набір інформаційних характеристик;

$M = (M_1, M_2, ..., M_n)$ – підмножина-набір інформаційних потоків у АНС.

Кожна N_{n-a} інформаційна характеристика може бути представлена функцією виду:

$$N_К = f(N_1, N_2, N_3, N4), \quad (3)$$

N_1 – сукупність характеристик особистості: показники мислення, уваги, пам'яті, емоційної стійкості, самостійності курсантів: самостійність діяльності;

N_2 – рівень підготовки для роботи з АНС: початківець/впевнений користувач.

N_3 – причини взаємодії з АНС (мета, мотивації, плани);

N_4 – знання про предметну область відповідно до рівнів засвоєння навчального матеріалу.

M може задаватися функцією виду:

$$M = f(M_1, M_2, M_3, M_4), \quad (4)$$

де M_1 – інформаційний потік до об'єктів, що споживають інформацію. У навчально-тренувальному режимі курсантам надходить інформація у вигляді теорії;

M_2 – інформаційний потік від об'єктів, що поставляють інформацію (викладачі, розробники). Відбувається у режимі налагодження;

M_3 – інформаційний потік від курсантів (робота з теорією, робота навчальними вправами, тестування);

M_4 – інформаційний потік від АНС до користувача, відповідь АНС. Відбувається контроль та управління навчанням в режимі налагодження роботи.

Вимоги до АНС: адаптивність інтерфейсу, інтерактивність, системність представлення навчального матеріалу, структурно-функціональна пов’язаність інформації, повнота (цілісність) навчального матеріалу, надійність, стійка працездатність; захист від несанкціонованих дій користувачів, простота інтерфейсу.

Опис моделі «користувач – АНС» подано в таблицях 2 – 5:

Таблиця 2 – Вхідні параметри – $X_{ВХ}$

$\mathbf{X_1}$	Теоретичний матеріал
$\mathbf{X_{11}}$	1. Документи ІСАО:
$\mathbf{X_{111}}$	- Додатки до Чиказької Конвенції (19 Додатків)
$\mathbf{X_{112}}$	- Документи
$\mathbf{X_{12}}$	2. Документи ОПАНІ
$\mathbf{X_{121}}$	- AIP
$\mathbf{X_{122}}$	- Поправки до AIP
$\mathbf{X_{123}}$	- Доповнення до AIP
$\mathbf{X_{124}}$	- NOTAM
$\mathbf{X_{125}}$	- PIB
$\mathbf{X_{126}}$	- AIC
$\mathbf{X_{13}}$	3. Документи Jeppesen
$\mathbf{X_{131}}$	- JAM – стандартний збірник
$\mathbf{X_{132}}$	- карти
$\mathbf{X_2}$	Інструкції по роботі з АНС
$\mathbf{X_3}$	Варіанти практичних завдань
$\mathbf{X_{31}}$	- по документам ІСАО
$\mathbf{X_{32}}$	- по документам ОПАНІ
$\mathbf{X_{33}}$	- по документам Jeppesen
$\mathbf{X_4}$	Еталонні варіанти завдань
$\mathbf{X_5}$	Тестові запитання:
$\mathbf{X_{51}}$	- по документам ІСАО
$\mathbf{X_{52}}$	- по документам ОПАНІ
$\mathbf{X_{53}}$	- по документам Jeppesen
$\mathbf{X_6}$	Еталонні відповіді
$\mathbf{X_7}$	Критерії оцінювання завдань:
$\mathbf{X_{71}}$	- по документам ІСАО
$\mathbf{X_{72}}$	- по документам ОПАНІ
$\mathbf{X_{73}}$	- по документам Jeppesen
$\mathbf{X_8}$	Критерії оцінювання тестів:
	- по документам ІСАО
	- по документам ОПАНІ
	- по документам Jeppesen
$\mathbf{X_9}$	Персональні дані курсанта
$\mathbf{X_{10}}$	Загальні критерії оцінювання
$\mathbf{X_{11}}$	Персональні дані курсанта
$\mathbf{X_{12}}$	Дані по навчальним групам
$\mathbf{X_{13}}$	Результати пройденої вправи чи тестів

Таблиця 3 – Вимоги користувача – $X_{ВК}$

Вимоги користувачів		Зміст вимог
$G_П$ – до процесу функціонування моделі		послідовна зміна станів АНС в часі
$G_С$ – до середовища функціонування моделі		взаємодія АНС із документами, які необхідні у роботі диспетчера із ЗП (документи ІСАО, ОПАНІ та Jeppesen)
$G_О$ - До засобів взаємодії користувача з ЕОМ	$G_{О1}$ - технічні	технічне забезпечення наближене до обладнання автоматизованого робочого місця
	$G_{О2}$ - програмні	прикладні програми і програми, що створюють дружній інтерфейс користувача (MS Word, Excel)
	$G_{О3}$ - інформаційні	дані повинні бути достатніми для виконання всіх функцій АНС, відповідати вимогам повноти, достовірності, точності
	$G_{О4}$ - аналітичні	вимоги користувача до аналізу, обробки, видачі результатів та рекомендацій
$G_Д$, $G_{ОП}$ - До взаємодії та обслуговування користувачів у АНС		забезпечити можливість діалогу «користувач - АНС»

Таблиця 4 – Множина показників, що описує користувача – $X_К$

N_{IX} – Набір інформаційних характеристик	N_1 – сукупність характеристик особистості	показники мислення, уваги, пам'яті, емоційної стійкості, самостійності курсантів
	N_2 – рівень підготовки для роботи з АНС	початківець/впевнений користувач
	N_3 – причини взаємодії з АНС	мета, мотивації, плани
	N_4 – знання про предметну область (вхідні дані)	відповідно до рівнів засвоєння навчального матеріалу
$M_К$ – Набір інформаційних потоків в АНС	M_1 – інформаційний потік до об'єктів, що споживають інформацію	у навчально-тренувальному режимі курсантам надтодить інформація у вигляді теорії
	M_2 – потік від об'єктів, що поставляють інформацію (викладачі, розробники)	відбувається у режимі налагодження

Кінець таблиці 4

	M_3 – інформаційний потік від курсантів	робота з теорією, робота навчальними вправами, тестування
	M_4 – інформаційний потік від АНС до користувача/відповідь АНС	контроль та управління навчанням в режимі налагодження роботи

Таблиця 5 – Множина параметрів, що характеризують діяльність АНС – $X_Д$

$D_У$ – Умови діяльності користувачів		
$D_{У1}$	Навчально-тренувальна	вивчення, повторення теоретичних відомостей, тренування, контроль, тестування
$D_{У2}$	Налагодження	виведення оцінки, збереження результату, оновлення стратегії навчання в залежності від отриманих результатів
$D_П$ – Процеси діяльності користувачів		
$D_{П1}$	Підготовчий	відбувається надання користувачеві теоретичної інформації
$D_{П2}$	Сеанс	проходження практичних завдань та тестів, реакція АНС на дії та запити користувача
$D_{П3}$	Післясеансова обробка інформації	аналіз отриманих даних, виведення оцінки на екран

Адаптація користувача до АНС здійснюється зміною в поведінці та роботі користувача за рахунок пластичності характеристик і поведінки користувача; можливістю і бажанням користувача вибирати відповідний вид і характер навчання користувача.

Методи, засоби адаптації користувача до АНС в основному засновані на вивченні та навчанні користувача, формується динамічний портрет рівня навчальних досягнень.

Проведені теоретичні дослідження стали основою для розробки прототипу АНС «Документи АНІ».

IV. ПІДСУМКИ

В даному дослідженні розглянута розробка концептуальної моделі автоматизованої навчальної системи «Документи АНІ». Проведені дослідження дали можливість отримати наступні результати:

1. На основі аналізу наукових робіт, професійної підготовки та діяльності диспетчерів із ЗП (а саме функцій, пов’язаних з використанням документів аеронавігаційної інформації) було розроблено концептуальну модель АНС «Документи АНІ», описані блоки, функції блоків АНС та предметна область системи.

2. Для формального опису системи застосовано теоретико-множинний опис складних систем та описано набір множин, що характеризують види діяльності користувачів в системі.

В подальшому планується провести короткочасний експеримент з метою апробації розробленого програмного продукту. Апробація дасть можливість: виявити недоліки технічного, навчально-методичного, навігаційного та інших видів забезпечення розробленої АНС; доопрацювати модель АНС, що розроблена на теоретичному етапі дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Використання інформаційно-комунікаційних технологій у вищій освіті України: поточний стан, проблеми і перспективи розвитку: аналітичний огляд / І.Г. Малюкова та ін. Київ: КПІ, 2009. 34 с.

[2] Парпан У.М. Інформатизація – сучасна тенденція розвитку освіти. *ІТ право: проблеми і перспективи розвитку в Україні.* Друга міжнародна щорічна конференція. URL: http://aphd.ua/publication-381/

[3] Зайченко Т. П. Основы дистанционного обучения: теоретико-практический базис: учебное пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. 167 с.

[4] Дистанційне навчання як сучасна освітня технологія: матеріали міжвузівського вебінару. Вінниця: ВТЕІ КНТЕУ. 31 березня 2017 р. 102 с. URL: http://www.vtei.com.ua/images/VN/31_03.pdf

[5] Шаров С., Шарова Т. Формування індивідуальної освітньої траєкторії студента засобами інформаційної системи. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету*. Серія: Педагогіка. 2017. № 2. С. 149-154. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvmdpu_2017_2_24

[6] Лебедев С.Б. Основы теоретической подготовки диспетчеров по обеспечению полетов авиакомпании «Международные авиалинии Украины». Издание второе, переработанное и дополненное. Киев, 2005. 783 с.

[7] Doc 7192 AN/857 «Руководство по обучению», Часть D-3 «Сотрудник по обеспечению полетов/диспетчер» – ИКАО, 1998. 136 с.

[8] Doc 8126 AN/872 «Руководство по Службам аэронавигационной информации» – ИКАО, 2003. 459 с.

[9] Doc 9377 AN/915 «Руководство по координации между органами обслуживания воздушного движения, службами аэронавигационной информации и авиационными метеорологическими службами» – ИКАО, 2010. 158 с.

[10] Меняйленко О.С. Автоматизовані педагогічні навчальні системи: монографія. Луганськ: Альма-матер, 2003. 274 с.

[11] Нарожный А.В. Проектирование и реализация автоматизированных систем контроля знаний. *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*. Херсон: ХНТУ, 2004 - №2. С. 146-154.

[12] Беспалько В. П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). М.: Изд-во МПСИ. 2008. 352 с.

URL: https://eusB.ru/lBb/bespalko_obrasovanBe/Bndex.php

[13] Kochler H. The MeanBng and Challenges of EducatBon Bn the 21st Century. URL: http://www.hanskoechler.com/Koechler-EducatBon-NCLBE-UNESCO-ParBs-Nov2010-V2.pdf

[14] Мацейко О.В. Теоретичні основи використання інформаційно-комунікаційних технологій у професійно-технічній освіті. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2012. Вип. 32. С. 184-189. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/SBtBmn_2012_32_39

[15] Литвин А.В. Педагогічні умови інформатизації навчально-виховного процесу в ПТНЗ будівельного профілю. URL: http://lBb.BBtta.gov.ua/5254/1/St_Литвин_Педагогічні_умови_інформ.pdf

[16] Морзе Н.В. Як навчати вчителів, щоб комп’ютерні технології перестали бути дивом на уроці? *Комп'ютер у школі та сім'ї*. 2010. № 6. С. 10-14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/komp_2010_6_4

[17] Чайковская Е.А. Инновационные информационные технологии в образовании. *Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества:* сб. материалов VBBB междунар. конф. 9-17 июня 2001 г. Т.3.

URL: http://www.gpntb.ru/wBn/Bnter-events/crBmea2001../tom/tom3/Doc13.html

[18] Спірін О.М. Критерії і показники якості інформаційно-комунікаційних технологій навчання. *Інформаційні технології і*

засоби навчання. 2013. № 1(33). URL: https://journal.BBtta.gov.ua/Bndex.php/Btlt/artBcle/vBewFBle/788/594

[19] Жалдак М. Система підготовки вчителя до використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі. *Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах.* 2011. №4-5. С. 76-82. URL: http://lBb.BBtta.gov.ua/869/1/Система_підготовки_вчителя.pdf

[20] Гагарін О. О. Дослідження і аналіз методів та моделей інтелектуальних систем безперервного навчання. *Наукові вісті НТУУ*. «КПІ». 2007. № 6. С. 37 – 48.

[21] Кривицкий Б.Х. О систематизации учебных компьютерных средств. Кафедра педагогики, психологии и методики преподавания в высшей школе МГУ. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v3_i3/html/3.html

[22] Антонюк Д.С. Електронні засоби навчання: сутність поняття та їх класифікація. *Фізико-математична освіта*. 2019. Випуск 3(21). С. 12-18.URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/3-1-0-528

[23] Шишкіна М.П. Класифікація програмних засобів навчального призначення. URL: https://lib.iitta.gov.ua/352/1/Classif-Kir.pdf

[24] Artemenko O., Lomakina M., Surkova K., Artemenko D. Development of the electronic training tool conceptual model «Re-routing during the flight». Information Technologies in Education. 2019. № 1 (38), 7-18. URL: http://ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/2

[25] URL: https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D1%8E%D1%87%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0

[26] Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: наук. метод. посіб. Київ: А. С. К. 2004. 300 с.

[27] Мельников А. В., Цытович П. Л. Принципы построения обучающих систем и их классификация. *Педагогические и информационные технологии в образовании*. 2001. № 4. С. 128–130.
URL: https://journals.susu.ru/pit-edu/article/view/316
[28] Блауберг И. В., Юдин Б. Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973. 271 с.
[29] Кантор Г. Труды по теории множеств / отв. ред. А. Н. Колмогоров, А. П. Юшкевич. М.: Наука, 1985. 423 с.
[30] Чернышов В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 96 с. 150 экз. BSBN 978-5-8265-0766-7.

Методи та моделі розробки адаптивних систем дистанційної освіти

Микола Пікуляк

Академія технічних наук України,
м. Івано-Франківськ, Україна

ВСТУП

Сьогодні, у зв'язку із запровадженням дистанційної та змішаної форм навчання, а також через поширення дистанційних онлайн-технологій в усі сфери життєдіяльності людини все більшої популярності набувають різноманітні автоматизовані навчальні системи, платформи та технології, що дозволяють удосконалити процес засвоєння нових знань та оволодіти новими вміннями та навичками із застосуванням новітніх інформаційних технологій.

З однієї сторони сучасний розвиток апаратних і програмних засобів надає великі можливості для модернізації процесу навчання. В даний час найбільш затребуваними на ринку освітніх послуг виступають комп'ютеризовані системи, які характеризуються універсальністю інформаційних навчальних ресурсів, дозволяють функціонувати на різних апаратно-програмних платформах та використовувати різного роду технології дистанційного навчання, з можливістю успішної інтеграції з іншими типами інформаційних систем та середовищ.

З іншої сторони, з'являються все більше методичних понять, пов'язаних із застосуванням комп'ютерних технологій в навчанні: єдиний освітній простір, єдине освітнє інформаційне середовище, віртуальний університет, масові відкриті онлайн курси, віртуальний клас, а програми для організації відеоконференцій типу Zoom, Webex, Meet, Jitsi стали не просто навчальними засобами, а частиною співіснування кожної сучасної людини.

У сучасному розумінні термін електронне навчання (Electronic learning, E-learning) не тільки відображає процес набуття нових знань

на основі застосування різного роду програмних чи технічних засобів реалізації, а в цілому інтегрує поняття, пов'язані з використанням інформаційно-комунікаційних технологій в навчанні (таких як комп'ютерне навчання, автоматизована навчальна система, адаптивна навчальна система, дистанційне навчання (ДН), інтерактивне навчання, онлайн-навчання, інтерактивний урок і т. д.). Як відомо, такі системи мають назву LMS (Learning Management Systems) – системи управління навчанням [1].

У цілому, найбільш перспективний сучасний напрямок у розвитку електронного навчання базується на впровадженні адаптивних технологій навчання, побудованих на основі методів обробки великих даних (Big Date) та штучному інтелекті [2].

Методичну основу розробки автоматизованих навчальних систем складають дослідження П. Я. Гальперіна, В. П. Беспалько, В. М. Глушкова, Н. Ф. Тализіної, Н. П. Бруснецова, П. Л. Брусиловского, М. З. Згуровського, В. М. Кухаренко, П. І. Федорука, Г. В. Рибіної та інших.

Відома низка навчальних систем (наприклад, BlackBoard, Lotus, WebTutor, Moodle, Прометей, Віртуальний Університет та ін.), для організації функціонування яких використані теорія множин, методи нечіткої логіки, штучних нейронних мереж, математична статистика, генетичні алгоритми та регресійний аналіз.

Однак існуючі в даний час методи та моделі автоматизації та оптимізації розробки навчальних курсів характеризуються рядом недоліків, серед яких вузька направленість предметної області, недостатність врахування індивідуальних особливостей учасників навчального процесу, вартість та доступність таких систем для широкого застосування з навчальною метою, недостатня інтерактивність, тобто низький рівень забезпечення зворотного зв'язку між студентом та навчальною системою, невисокий рівень адаптивності методів та алгоритмів навчання.

На даний момент не існує єдиної запропонованої системи, яка б достатньо конструювала освітню індивідуальну траєкторію та

відповідала навчальним здібностям та цілям студента, враховуючи академічні вимоги.

Тому розробка нових методів та моделей автоматизованого настроювання алгоритмів машинного навчання в цілому, і в області побудови комп'ютеризованих навчальних систем, зокрема, є актуальною науково-прикладною задачею, що потребує глибоких теоретичних та експериментальних досліджень.

I. АНАЛІЗ ВІДОМИХ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПОБУДОВИ ІНТЕРАКТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ

Важливою проблемою розробки сучасних інтерактивних навчальних систем є питання структуризації та формалізації знань, що охоплені предметною областю. При цьому під моделлю представлення знань розуміють організацію необхідної інформації в таку форму, яка б дозволяла автоматизованій системі отримати зручний доступ до неї з метою прийняття рішень, планування, аналізу та формулювання висновків.

На сьогоднішній день відомо багато базових моделей представлення знань та їх модифікацій. Зокрема, це продукційні системи, фреймові моделі, семантичні мережі, нейронні мережі, логічні моделі [3]– (рис. 1).

У табл. 1 виконано порівняльний аналіз представлення знань у різних типах моделей на основі оцінки ефективності наступних критеріїв:

1) рівень складності (абстрактності) елементів знань, з якими працює модель;

2) універсальність подання знань – можливість опису знань із різних предметних областей; здатність моделі до навчання та формування нових, несуперечливих знань;

3) розмірність моделі за обсягом пам'яті, яка необхідна для зберігання елементів моделі;

4) природність та наочність представлення знань, що використовуються;

5) зручність розробки системи на основі моделі.

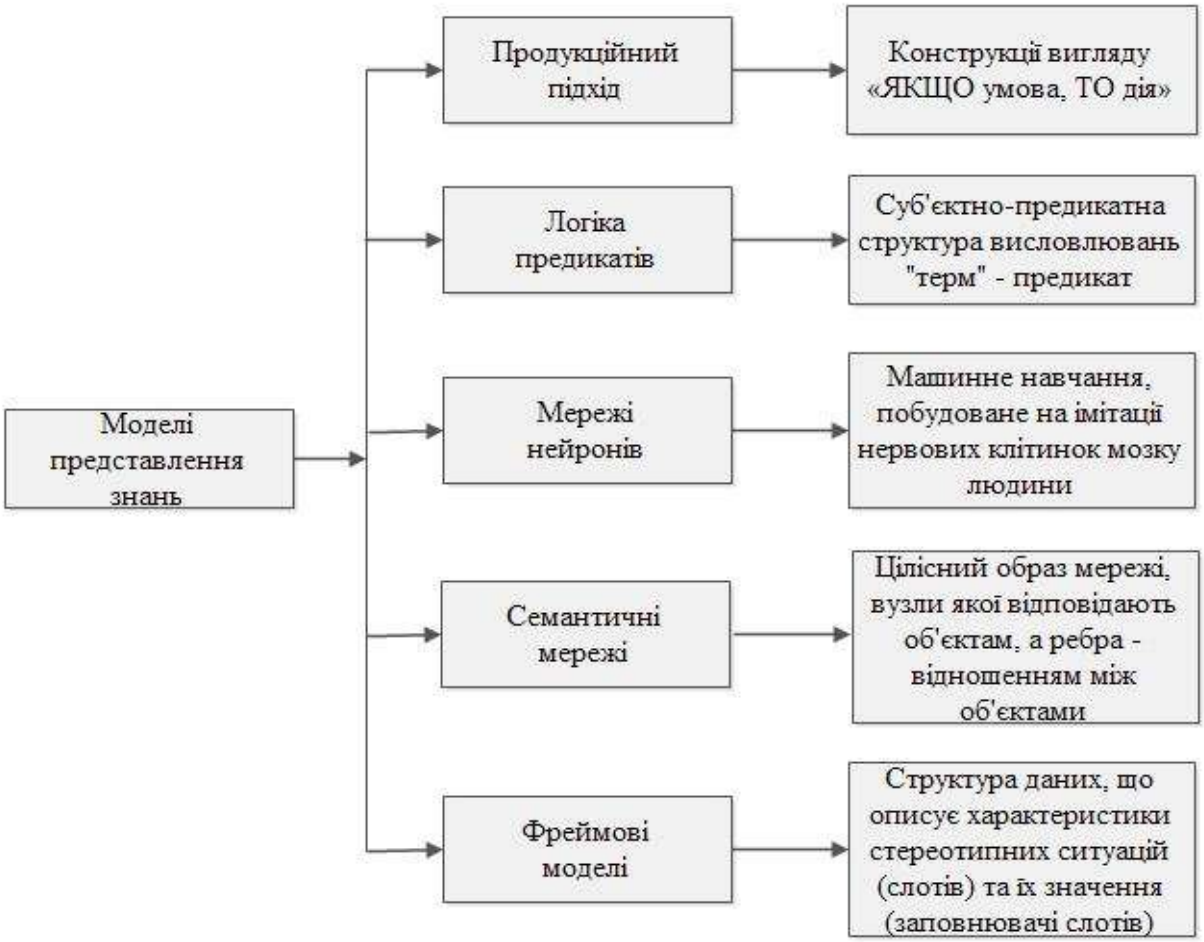


Рисунок 1 – Моделі представлення знань

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз моделей представлення знань

№ пп	Назва моделі	Використаний елемент знань	Універсальність	Розмірність	Наочність	Простота реалізації	Структурованість	Модульність
	Продукційні моделі	факти і правила	+	мала	+	+	+	+
	Логіка предикатів	факти і правила	-	мала	+	-	+	-
	Мережі нейронів	вектор станів нейронів мережі	-	невелика	-	-	-	-

Кінець таблиці 1

	Семантичні мережі	вершини – вузли, і ребра, що зв’язують їх	+	невелика	+	+	+	+
	Фреймові моделі	мережа вузлів і відношень	+	значна	+	+	-	+

Сьогодні відомо також багато інших моделей представлення знань, детальний опис яких зроблено в [4]:

- моделі на основі онтологій – формальне декларативне представлення предметної області, що включає в себе концепти предметної області та логічні твердження, які описують те, що собою являють ці концепти і як вони пов’язані та співвідносяться один з одним;
- модель у вигляді І-АБО дерева – являє собою об’єднання семантичної мережі понять і семантичної мережі фрагментів навчального курсу;
- модель у вигляді дерева понять, яке включає вершини, що відповідають поняттям або твердженням, а також зв’язки між цими вершинами, які відповідають відношенням між ними;
- UML-модель предметної області – являє собою набір діаграм класів на мові UML.

Кожна з розглянутих вище моделей подання знань володіє достатньо потужними методологічними засобами маніпулювання знаннями та пошуку рішень. Однак головним їхнім недоліком, незважаючи на досить широке практичне використання, є відсутність математичного апарату, здатного ґрунтовно описувати процеси моделювання знань.

До загальних недоліків слід віднести також складність отримання нових знань, висока ймовірність отримання суперечливих знань; складність нарощування моделі, значна розмірність моделі, відсутність наочності у поданні знань. Найбільш перспективними моделями представлення знань у адаптивних системах служать

семантичні та фреймові моделі, які дозволяють ефективно структурувати найменші змістовні інформаційні одиниці (кванти) та описувати відповідні зв’язки між ними.

Що стосується методів, які використовуються в сучасних інтелектуальних системах, то до найбільш поширених належать методи математичного моделювання процесів інтерактивного навчання, розробки та проектування інтегрованих навчальних систем. Зокрема, теорія ймовірностей й математична статистика, теорія графів, теорія нечітких множин і нечітка логіка, теорія прийняття рішень і дослідження операцій, комбінаторна топологія та теорія фракталів.

В той же час у сучасних навчальних системах все більшого поширення набувають технології, які дозволяють вирішувати широкий клас задач обробки результатів досліджень за рахунок використання гібридних систем, оскільки вони з однієї сторони дозволяють використовувати як традиційні засоби та методи штучного інтелекту, а з другої – застосовувати новітні моделі та інструментальні засоби на основі інтеграції вже відомих методик.

Такі технології засновані на теоретичних напрямках інформатики, що інтенсивно розвиваються, таких як розподілені обчислення, теорія інтелектуальних і мультиагентних систем, нейромережеві й еволюційні алгоритми, методи ефективного інформаційного пошуку та інтелектуального аналізу даних.

Оскільки, адаптивні навчальні моделі характеризуються досить складними та трудомісткими навчальними процесами, пов’язаними з високою розмірністю поставлених задач, наявністю змінних різних типів, вимогами до якості результату, тому найбільш перспективним напрямком їх дослідження є використання саме гібридних методів та поєднання математичного апарату в єдину методику, що дозволить пристосувати способи передачі та представлення різного роду інформації під характеристики користувача в автоматичному режимі.

II. ЛОГІЧНА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСТАНЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В основу побудови розробленої адаптивної системи дистанційної освіти покладена класична технологія автоматизованого навчання: студенту подається на вивчення навчальний курс шляхом порційної подачі текстово-графічного матеріалу, а наступна порція теоретичних знань автоматично формується за результатами поточної тестової перевірки.

Для забезпечення ефективної взаємодії студента із програмою та з метою побудови його індивідуальної навчальної траєкторії в роботі [5] запропоновано структуру взаємодії модулів адаптивної системи (рис. 2).

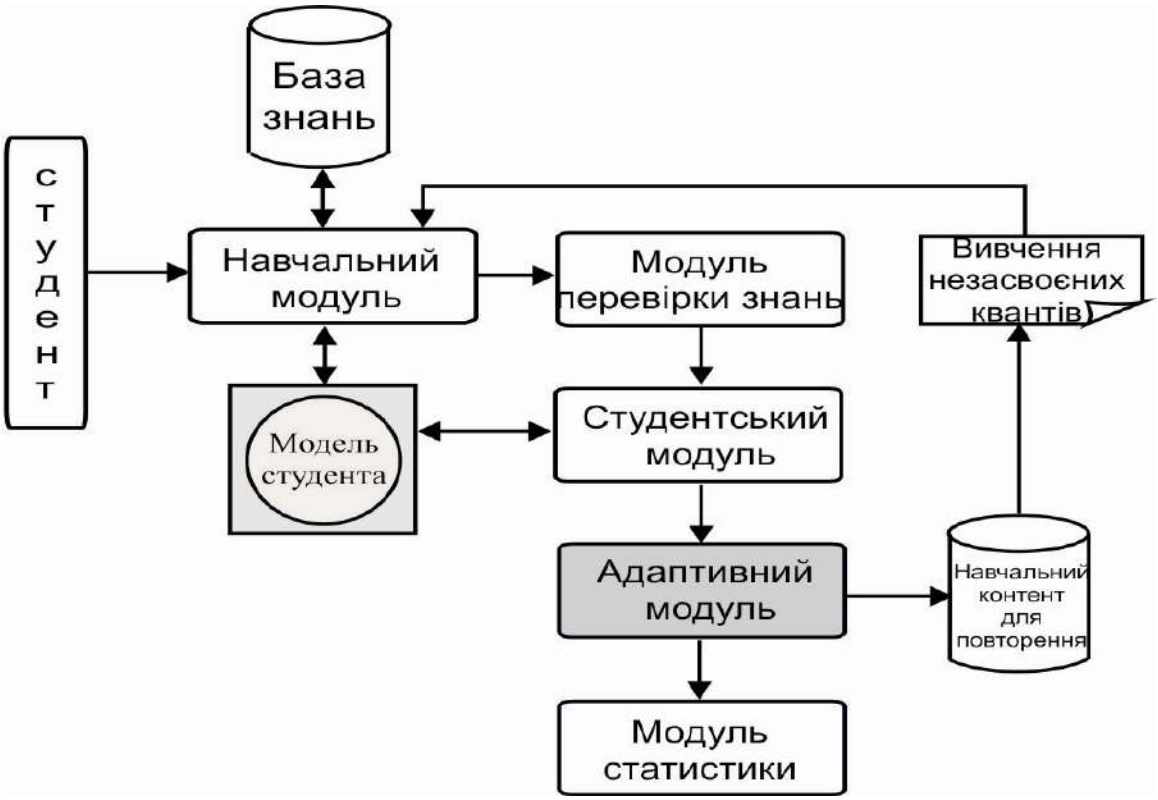


Рисунок 2 – Структурна схема адаптивної навчальної системи

У представленій структурній схемі навчальний процес реалізується за рахунок інтерактивного адаптивного зворотного зв’язку, завдяки якому адаптивний модуль в залежності від зміни поточного рівня навченості студента індивідуально налаштовує під нього систему.

Навчальний модуль – визначає форму представлення навчального матеріалу, візуалізацію, допомогу для засвоєння інформації.

На основі моделі студента, яка постійно змінюється під час набуття студентом нових знань, формується новий адаптивний навчальний матеріал, його навігація, форма та вигляд представлення.

Модуль перевірки – перевірка знань, тестування, аналіз результатів та процесу тестування, внесення в протокол.

Студентський модуль – відображає картину засвоєних знань та набутих навичок, проводить аналіз та оцінку рівня навченості.

Адаптивний модуль вибудовує концепцію поведінки студента, тобто «складає» динамічний план подачі навчального контенту, тип його представлення та послідовність подачі окремих інформаційних квантів, що найбільш точно відповідає прогалинам у знаннях студента. Причому такий динамічний план передбачає надання допомоги студенту у налагодженні (встановленні) взаємозв'язку між вивченими інформаційними одиницями та тими, які не були засвоєні.

Розроблена у такий спосіб адаптивна система дистанційного навчання у порівнянні з відомими системами (Експерт-ТС, DAOS, «АТ-ТЕХНОЛОГІЯ» , Каркас) характеризується такими перевагами:

- індивідуалізація навчальної діяльності (диференціація темпу навчання, складності навчальних завдань тощо);
- можливість вільного вибору власної стратегії та тактики навчання;
- наявність безперервного зв'язку у відносинах «викладач–студент»;
- об'єктивне визначення прогалин у знаннях студента;
- використання диференційованого підходу.

III. АДАПТИВНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

Кожен навчальний процес можна представити у формі концентричної спіралі. Якщо на його нижчих рівнях виникли прогалини у знаннях студента, то буде порушена закономірність

спіралеподібної структури. Тому так важливо своєчасно виявити прогалини, усунути їх і лише потім рухатися вперед [6].

В загальному випадку процес організації дистанційного навчання, відображаючи зміну рівня знань студента у часі, описується лінійним диференціальним рівнянням виду:

$$\frac{dZ}{dt} = f(t), \tag{1}$$

де $Z = Z(t)$ – рівень поточних знань, $f(t) = Z_0 + Z_p t$ – функція засвоєння нових знань за час t, Z_0 – початковий рівень знань, Z_p – поточний рівень знань.

Після інтегрування формули (1) отримаємо:

$$Z = Z_0 + Z_p t. \tag{2}$$

Цьому випадку відповідає навчальна траєкторія студентів з високим рівнем засвоєння нових знань. Насправді, під час проведення дистанційного навчання на поточний рівень знань більшості студентів негативно впливає ряд факторів, а особливо процес забування. Коефіцієнт забування k буде мінімальним, якщо студенти постійно повторюють та закріплюють уже вивчені кванти знань і чим меншим буде час τ ($\Delta\tau \to 0$), який показує термін розриву вивчення між окремими квантами.

Розглянемо наступну модель. Будемо вважати, що передача знань відбувається з постійною швидкістю та інтенсивністю, а забування описується лінійною залежністю. В такому випадку рівняння (1) набуде вигляду:

$$\frac{dZ}{dt} = f(t) - kZ, \tag{3}$$

де k – коефіцієнт забування.

Після інтегрування формули (3) отримаємо:

$$Z = Z_0 + (Z_p - kZ_0)t\,. \qquad (4)$$

Графік залежності отриманого рівня знань M від часу t, витрачено на навчання, для описаної моделі відображено на рис. 3 [7].

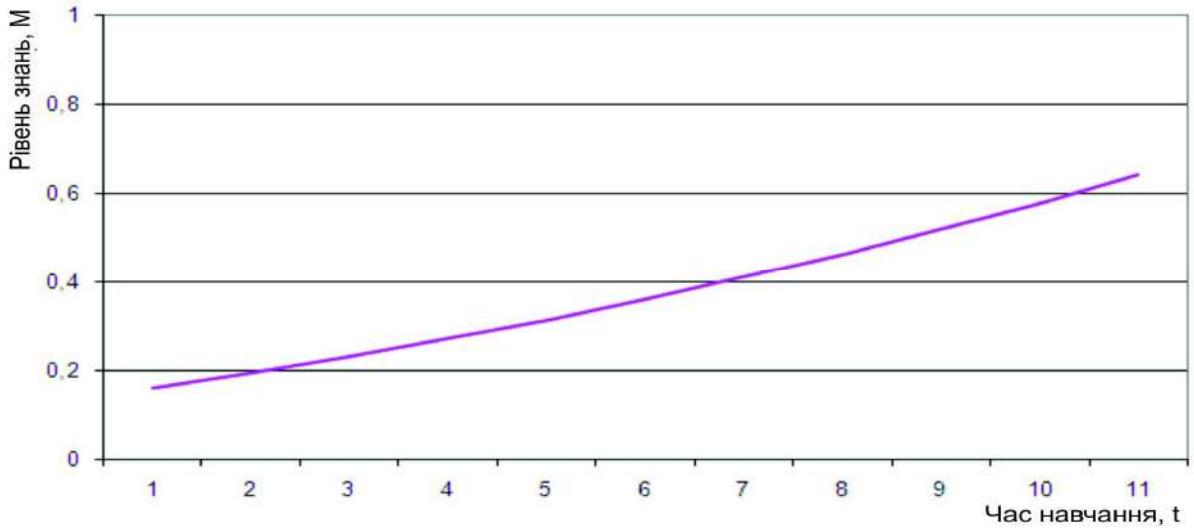


Рисунок 3 – Графік навчальної траєкторії студента

Під час проведення дистанційного адаптивного навчання автоматизована система за рахунок взаємодії студента та викладача (адаптивного модуля) налаштовує індивідуальну траєкторію студента з метою усунення допущених прогалин у знаннях (рис. 4) [7].

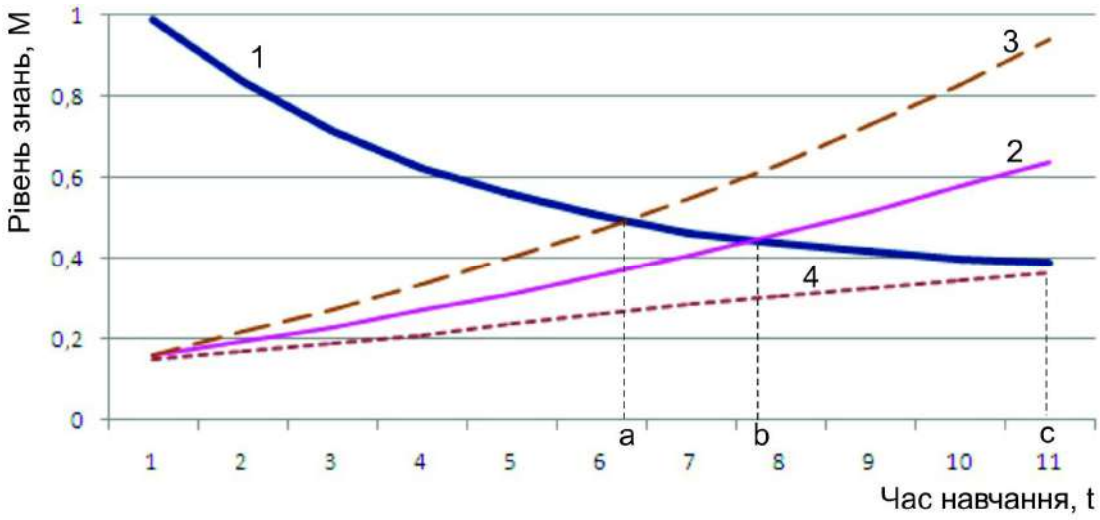


Рисунок 4 – Графік адаптивно-навчальної взаємодії системи «викладач-студент»

Для побудови траєкторії 1, що відповідає моделі поведінки навчальної системи використана експоненціальна функція $f(x) = e^{-\alpha t}$, де α – градієнт передачі рівня знань.

Відображена на рис. 4 модель-функція адаптивного модуля показує, яким чином в дистанційній системі відбувається пошук поточного рівня знань студента (відповідає точці перетину b траєкторій 1 та 2) з метою подальшого підлаштування системи під його навчальні потреби.

У випадку, якщо студент покращує свої знання шляхом успішного засвоєння нових квантів інформації (траєкторія 3 на рис. 4), то його навчальна траєкторія піднімається вгору і він отримує можливість засвоїти більше знань від навчальної системи (точка перетину a траєкторій 1 та 3).

У випадку, якщо студент має низький початковий рівень знань (траєкторія 4 на рис. 4), то цих знань може виявитись не достатньо для того, щоб він зміг засвоїти нову порцію інформації від навчальної системи (траєкторія 4 не перетинається з 1). В такому разі студенту необхідно подати на вивчення додаткову порцію знань (навчальні кванти попередніх тем), щоб він зміг розпочати навчання з обраної тематики.

Розроблена модель дозволяє врахувати рівень початкових знань під час проведення ДН та відображає процеси виконання функцій адаптивного модуля, пов’язані з отриманням, обробкою поточних навчальних результатів і прийняттям рішень про внесення коректив у подальшу організацію навчального процесу.

IV. ОНТОЛОГІЧНА ПОБУДОВА ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ КВАНТОВО-ФРЕЙМОВОЇ МОДЕЛІ

Проблема моделювання предметної області вимагає вирішення ряду завдань, що відносяться до управління знаннями: управління контентом, адаптації та персоналізації контенту, підготовки та супроводу навчання з побудовою індивідуальних навчальних курсів та автоматизованого контролю знань [8].

Беручи за основу ідеї концептуального моделювання, побудову предметної області виконано за допомогою математичної технології відображення структури зв'язків понять – онтології [9].

У відповідності з класичним представленням онтологічної моделі, онтологія задається трьома підмножинами: понять, зв'язків між ними та функціями інтерпретації.

Математична модель навчального курсу S у формалізованому виді побудованої онтології представлена кортежем [10]:

$$S = \{R, T, K\},$$

де $R = (R_i, P_R, H_R)$ – верхній рівень ієрархії, що відображає представлення матеріалу на рівні розділів.

Тут R_i – агрегат-розділ, тобто частина, що відповідає за розділ; P_R – відношення черговості розділів; H_R – оцінка загальних характеристик розділів (наприклад, час – необхідний для вивчення, форма контролю чи оцінка відносної складності матеріалу розділу для сприйняття студентом).

$T = (T_i, P_T, H_T)$ – рівень ієрархії, що визначає представлення матеріалу на рівні тем, де T_i – множина тем, що входять до розділу;

P_T – відношення черговості (послідовність вивчення) тем;

H_T – сукупність загальних характеристик всіх тем.

$K = (K_i, P_K, H_K)$ – рівень ієрархії представлення матеріалу на рівні найменших змістовних одиниць інформації – квантів (терміни, означення, аксіоми, теореми і т.д.), де K_i – множина квантів, що входять в окрему тему; P_K – відношення зв'язків на множині квантів; H_K – множина характеристик квантів.

Елементам множини K ставиться у відповідність набір чотирьох векторів, значення компонент яких описують їх атрибути:

$X_1 = \{x_{1_i}\}, i = 1, ..., l$ – вектор ідентифікаторів квантів, де x_{1_i} – ідентифікатор i-го кванта;

$X_2 = \{x_{2_i}\}, i = 1, ..., l$ – вектор імен квантів, де x_{2_i} – ім'я i-го кванта;

$X_3 = \{x_{3_i}\}, i = 1,...,l$ – вектор опису змісту квантів, де x_{3_i} – опис (зміст) i-го кванта;

$X_4 = \{x_{4_i}\}, i = 1,...,l$ – вектор вагових значень квантів, де x_{4_i} – вага i-го кванта в інтервалі $(0,1)$. Ваги понять характеризують їх важливість для визначення предметної області.

Елементам множини H ставиться у відповідність набір трьох векторів, значення компонент якого визначають наступні атрибути:

$Y_1 = \{y_{1_j}\}, j = 1,...,n$ – вектор ідентифікатора типів квантів, де y_{1_j} – ідентифікатор j-го типу;

$Y_2 = \{y_{2_j}\}, j = 1,...,n$ – вектор імен типів квантів, де y_{2j} – ім'я i-го типу;

$Y_3 = \{y_{3_j}\}, j = 1,...,n$ – вектор опису типу квантів, де y_{3j} – опис j-го типу.

Елементам множини P ставиться у відповідність набір п'яти векторів, значення компонент якого визначають наступні атрибути:

$Z_1 = \{z_{1_q}\}, q = 1,...,s$ – вектор ідентифікатора типу зв'язку між квантами, де z_{1_q} – ідентифікатор q-го типу зв'язку;

$Z_2 = \{z_{2_q}\}, q = 1,...,s$ та $Z_3 = \{z_{3_q}\}, q = 1,...,s$ – вектори, компоненти яких z_{2q} та z_{3q} відповідно описують ідентифікатори першого k_m та другого квантів k_t, що зв'язуються, $(k_m, k_t \in K; \quad m,t \in [1,l]; \quad z_{2_q} = x_{1_m}, z_{3_q} = x_{1_t})$;

$Z_4 = \{z_{4_q}\}, q = 1,...,s$ – вектор імен зв'язків між квантами k_m та k_t,

$(k_m, k_t \in K; \quad m,t \in [1,l]; \quad z_{2_q} = x_{1_m}, z_{3_q} = x_{1_t})$, де z_{4q} – ім'я q-го зв'язку;

$Z_5 = \{z_{5_q}\}, q = 1,...,s$ – вектор опису зв'язку між квантами k_m та k_t,

$(k_m, k_t \in K; \quad m,t \in [1,l]; \quad z_{2_q} = x_{1_m}, z_{3_q} = x_{1_t})$, де z_{4q} – опис q-го зв'язку.

В межах кожної теми T_i множина квантів K_i представлена наступними квантовими моделями:

K_{io} – модель квантів основного матеріалу;

K_{id} – модель квантів допоміжного матеріалу (таблиці, малюнки, схеми);

K_{iz} – модель квантів закріплення знань;

K_{ip} – модель квантів для повторення;

K_{is} – модель квантів самоконтролю;

K_{ik} – модель квантів для самостійної роботи.

Кожен із рівнів забезпечує вирішення окремих задач навчального процесу. Якщо на рівні розділів вибудовується загальний план навчання, то на рівні квантів вдається досягти навчального ефекту завдяки подачі на вивчення матеріалу окремими елементарними інформаційними порціями.

Запропоновано онтологічну модель навчального курсу на рівні квантів, що побудована на основі семантичної мережі фреймів. У вершинах мережі знаходяться найменші змістовні одиниці предметної області – кванти, а ребра – усі відношення між квантами (рис. 5) [11].

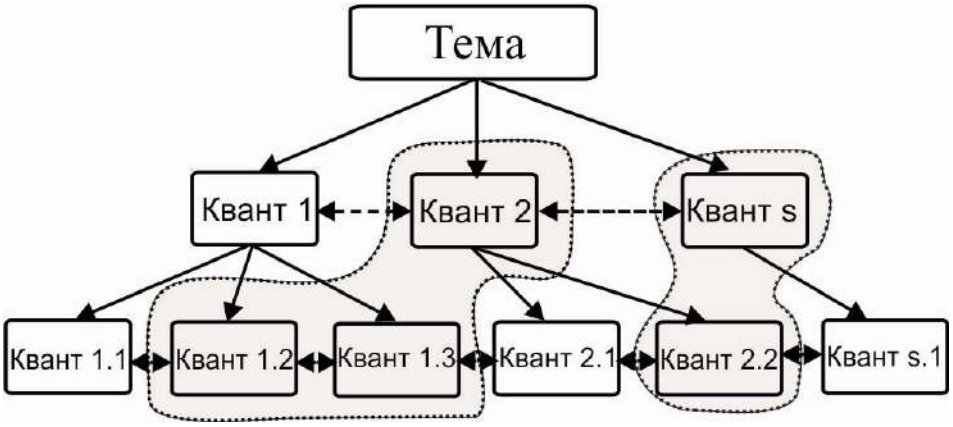


Рисунок 5 – Онтологічна модель навчального курсу

Окремий квант в цій моделі представляється фреймом, слоти якого містять атрибути кванта

$$K = \left[(Y_1, x_1), (Y_2, x_2), ..., (Y_n, x_n)\right],$$

де K – ім’я кванта; Y_i – атрибути слотів; x_i – значення слотів.

Похідні (дочірні) кванти успадковують атрибути базових (батьківських) квантів. Для ініціалізації окремого кванта, як правило, використовується його ім’я та тип представлення.

У відповідності з таким представленням множину фреймів розглядають як семантичну мережу ієрархічного типу. Ребра в такій

мережі відповідають різного роду зв’язкам між окремими квантами. При цьому ієрархічні зв’язки визначаються відношеннями структуризації (на рис. 5 позначені стрілками), а неієрархічні – семантичними зв’язками (позначені тіньовим об’єднанням) та зв’язками на основі оглядових послідовностей (позначені пунктирними двонаправленими стрілками).

Така онтологічна модель системи включає три логічно виокремленні рівні:

- рівень даних: описує базові кванти (одиниці інформації);
- рівень представлення даних: керує відображенням інформації у вигляді, зручному для користувача;
- рівень структури, що забезпечує навігацію по контенту.

Застосування онтологій для побудови моделі предметної області дає можливість вирішити наступні навчальні задачі:

1) створення словника термінів (тезауруса) предметної області;

2) фіксація логічних взаємозв’язків між інформаційними квантами;

3) побудова правил та методів, використання яких дає можливість організувати ефективне управління основними поняттями предметних знань.

Вирішення поставлених задач дозволяє організувати ієрархічно-семантичне наповнення навчального матеріалу із використанням технологій індивідуалізації навчання, що базуються на адаптивній навігації та адаптації контенту [12].

V. ГРАФОВА МОДЕЛЬ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Розроблена в пункті 4 квантово-фреймова модель не володіє достатньою гнучкістю для побудови системою індивідуальних траєкторій навчання. Тому з метою деталізованої побудови структурної моделі навчального матеріалу використано спеціальні види графів.

За навчальну одиницю також вибрано поняття кванта. Для того, щоб вивчити деякий квант, студенту інколи не вистачає інформації,

яку безпосередньо несе даний квант. Для цього потрібні ще деякі знання. Це може бути результат вивчення інших квантів цієї теми або знання, отримані при вивченні іншої теми, або взагалі з іншого курсу. Результатом вивчення цього кванта, його виходом, буде якесь нове знання студента.

Таку схему навчального матеріалу представлено у вигляді орієнтованого графа, вершини й ребра якого володіють такими властивостями [13]:

1) кожна вершина однозначно представляє мінімально можливу самостійну одиницю навчального матеріалу (квант).

2) кожна вершина характеризується:

а) номером, що ідентифікує квант в ієрархії інформаційних одиниць та задає послідовність вивчення матеріалу;

б) типом – визначає вигляд представлення кванта (текст, малюнок, формула, таблиця);

в) вагою – унікальна числова величина, яка визначає змістовну складність кванта.

Вершині, що позначає квант більшої ваги, відповідає ребро, що з'єднує її з першою вершиною більшої довжини.

Кожна вершина, яка є коренем деякого дерева – це квант, обов'язковий для вивчення. Вершини одного ієрархічного рівня є множиною квантів однакової ваги, що представляються студентові для вивчення. Висота такого дерева залежить від кількості послідовних квантів, що складають окремий курс.

3) ребра графа задають відношення між окремими квантами.

На рис. 6 запропонована структура навчального контенту, відображена у вигляді напрямленого графа, вершинами якого будуть елементи кожного з рівнів, а ребрами – відношення між цими елементами [14].

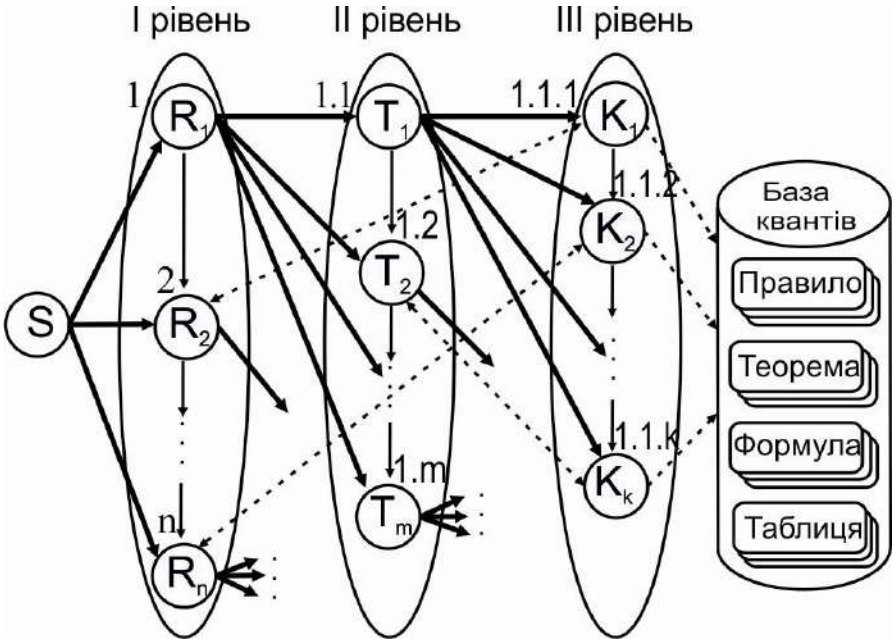


Рисунок 6 – Графова структура навчального курсу

Між вершинами графа встановлені відношення трьох типів [15]:

1) ієрархічні (предок – нащадок), що утворюють деревоподібну структуру – у відповідності з якими структурним одиницям навчального матеріалу присвоєні індекси, що використовуються для їхньої ідентифікації та адресації (на малюнку позначені жирними стрілками). Індекси відображають шлях до відповідної вершини від кореневої;

2) оглядові послідовності (вперед-назад) – визначаються на множині вершин одного ієрархічного рівня і служать для опису послідовності переходів чи навігації по навчальному матеріалу. Завдяки адаптивній направленості навчального матеріалу такі послідовності представлені складними розгалуженими структурами (на рис. 6 позначені гіперребрами, а відношення між ним – тонкими стрілками);

3) семантичні (гіперпосилання), що утворюють мережеву структуру – вони пов’язують пари структурних одиниць навчального матеріалу, зміст яких має певну змістову кореляцію. Як правило, такі відношення двохнаправлені (на рис. 6 позначені пунктирними (двохнаправленими) стрілками).

Розроблена модель, подана за допомогою графа, вирішуючи задачу адаптивного управління потоком квантів знань в системі дистанційного навчання, у порівнянні з іншими має ряд переваг:

- зручне програмне представлення ієрархії квантів завдяки використанню індексації;
- інтерфейсна частина навчальної системи не залежить від конкретного курсу і є периферійним модулем ядра курсу, описаного графом;
- забезпечення оптимізованого чергування між процесами виконання операцій та засвоєння нових квантів знань;
- вибір найбільш прийнятної послідовності видачі квантів знань для засвоєння;
- технічна реалізація моделі графа для різних курсів відрізняється лише кількістю елементів (вершин, ребер) і попарними зв'язками між ними, але не будовою елементів;
- адаптивна направленість навчального матеріалу в межах окремої теми (лекції);
- можливість деталізації квантів завдяки встановленню семантичних зв'язків між окремими структурними одиницями;
- враховується повторність одних і тих же квантів та операцій в різних заняттях і контекстах.

Процес пошуку індивідуального напрямку руху кожного студента в процесі вивчення окремої теми, в залежності від його спеціальності, програми навчання, початкового рівня знань і вмінь, будується шляхом багатоступінчатих причинно-наслідкових міркувань.

Головним функціональним обмеженням такої моделі, який не дозволяє досягти 100 % успішності автоматичного формування навчальних курсів є труднощі встановлення алгоритмічних кореляційних зв'язків між квантами під час програмного структурування навчального контенту.

VI. СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ МОДУЛЯ ТЕСТУВАННЯ

Дидактичну задачу діагностики знань, умінь і навичок студента в навчальній системі виконує модуль тестування, у функції якого входить проведення процедури контролю після вивчення окремої лекції, теми курсу чи всього курсу – (рис. 7):

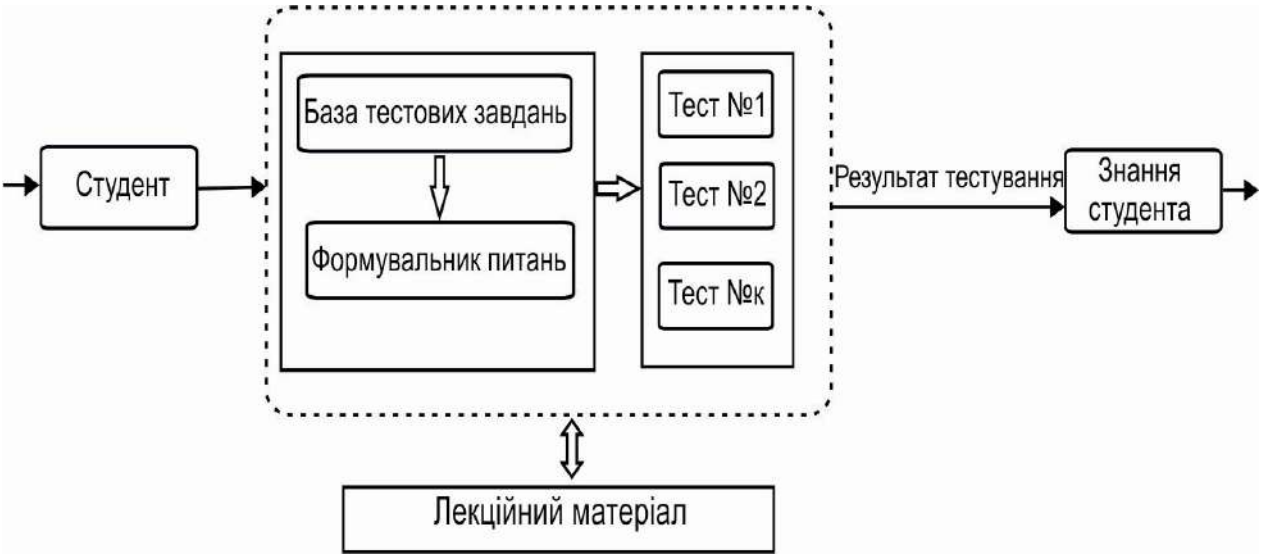


Рисунок 7 – Структура модуля тестування

Представлена модель і методи тестування знань охоплюють відомі підходи тестового контролю знань студента та дозволяють генерувати сценарій тестування випадковим чином. В основі моделі лежить розроблена квантово-фреймова побудова предметної області (п. 3), а також класифікація тестових завдань відповідно до способу перевірки розуміння студентом навчальної одиниці інформації.

Модель тестування, яка призначена для діагностики набутого рівня навченості студента та визначення прогалин у його знаннях, побудована на наступних твердженнях [16]:

- між квантами та тестовими питаннями встановлені двохнаправлені зв’язки;
- зв’язок квант-тестове питання служить для визначення оцінки вивчення цього кванта, тобто для перевірки набутих знань;
- зв’язок тестове питання-квант специфікує навчальний матеріал, знання якого необхідне для того, щоб відповідь на тестове

питання була позитивною та використовується для переходу до відповідних вершин графа у випадках помилок чи виникненні ускладнень. Тобто, даний зв'язок визначає вмістиме навчальної дії.

Між окремими квантами, як структурними елементами контенту, встановлені наступні типи відношень:

- тип частина (part-of) – це композиційне відношення, яке вказує на те, що перший квант є частиною другого;
- тип зв'язок (link) представляє існування зв'язку першого кванта з другим (наприклад, у вигляді гіперпосилання);
- тип передумова (prerequisite) означає, що перший квант повинен бути попередньо вивчений до вивчення другого кванту;
- тип блокатор (inhibitor) вказує на те, що перший квант не повинен вивчатися до тих пір, поки не буде вивчений інший.

Кінцевою метою тестування є визначення невивчених квантів та зв'язків між ними. В загальному тест розглядається як множина $M =< Q_i, A_i, R_i >$, де Q_i – питання, що перевіряє вивчення кванта, A_i – множина можливих варіантів відповідей, одна з яких вірна, R_i – посилання на текстове (графічне, формульне і т.д.) представлення кванта (рис. 8) [17].

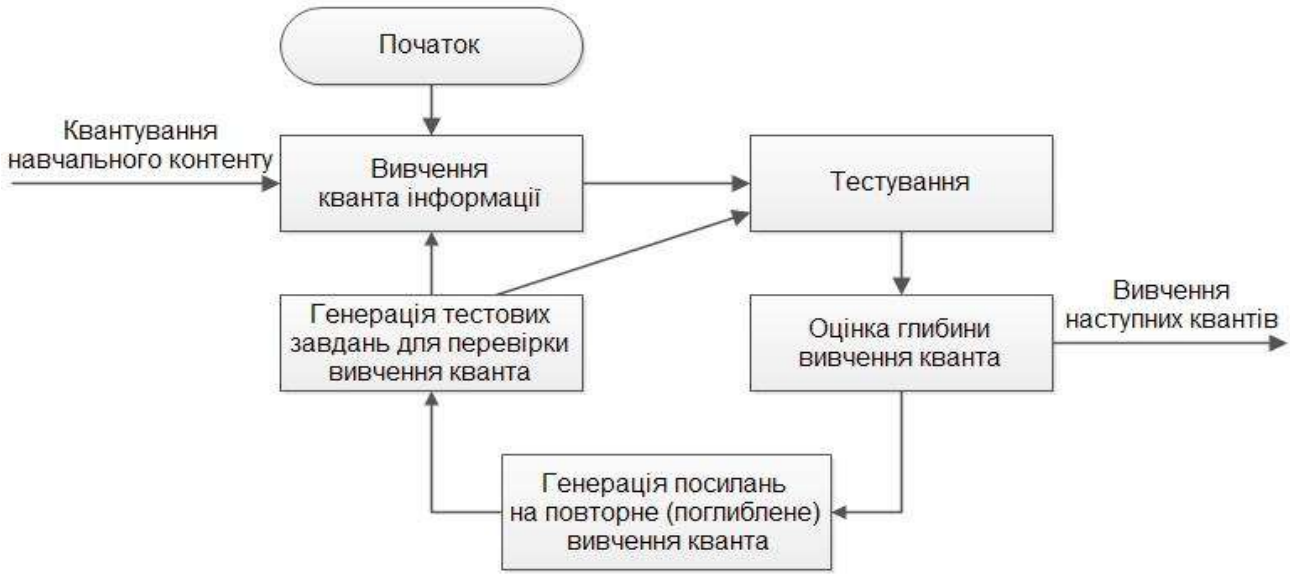


Рисунок 8 – Схема вивчення навчального кванта

Окремі тестові питання можуть бути пов'язані не тільки з квантами теми (лекції), що вивчається, а також із зовнішніми квантами з інших тем (лекцій). Встановлення подібних зв'язків між квантами дає змогу розглядати їх як самостійні інформаційні об'єкти. Це спрощує представлення складно-структурованого навчального матеріалу та забезпечує можливість динамічного маніпулювання їхніми зв'язками в процесі навчання.

Згідно результатів тестування, кожний i-ий квант характеризується наступними статистичними показниками:

- вага кванта;
- показник успішності по кванту;
- кількість тестових питань, в яких фігурує цей квант;
- кількість правильних відповідей по даних тестових питаннях;
- кількість помилок, допущених при відповіді на ці питання.

На основі даних показників формується множина квантів, яка розбивається на класи, кожен з яких відповідає поточному стану засвоєних знань. Дані класи використовуються навчальною системою для формування навчального контенту з метою проведення повторного чи поглибленого напрямку продовження навчання.

В загальному весь навчальний курс представляється у вигляді конкатенації квантів. При цьому квант k_i визначає квант k_j, якщо k_j слідує за змістом або логічно з k_i, тобто k_i використовується при вивченні k_j.

Квант k_i може безпосередньо визначати квант k_j, тобто мати безпосереднє використання при вивченні k_j (позначаємо $k_i \to k_j$), або може бути опосередковано використаний через послідовність квантів $k_{i_1}, k_{i_2}, ..., k_{i_y}$ таких, що в цій послідовності наступний квант безпосередньо визначається попереднім. Якщо декілька квантів $k_{i_1}, k_{i_2}, ..., k_{i_y}$ використовуються при вивченні кванта k_j, то цьому відповідає запис $k_{i_1} \cdot k_{i_2} \cdot ... \cdot k_{i_y} \to k_j$.

На описаній таким чином множині квантів $K = \{k_1, k_2, ..., k_l\}$ визначені декілька бінарних відношень:

1) бінарне відношення P_K на множині K: $(k_i, k_j) \in P_K, \quad 1 \le i, j \le l, \quad i \ne j$ тоді і тільки тоді, коли квант інформації k_i повинен бути вивчений до вивчення кванта k_j. Це відношення являє собою орієнтований антициклічний граф та визначає послідовність вивчення окремих квантів. Воно задається квадратною матрицею $\| k_{ij} \|$. Якщо для вивчення i-го кванта необхідне знання j-го кванта, то $k_{ij} = 1$, інакше $k_{ij} = 0$.

2) бінарне відношення S_K на множині K: $(k_i, k_j) \in S_K, \quad 1 \le i, j \le l, \quad i \ne j$ тоді і тільки тоді, коли квант k_i є складеною одиницею інформації, в яку входить квант k_j. Відношення S_K визначає семантичні зв'язки між квантами.

Множину тестових завдань представимо як $M = \{m_1, m_2, ..., m_r\}$. Тоді на множинах K та M визначені наступні відношення:

1) відношення K_m на множині $K \cup M$: пара $(k_i, m_j) \in K_m, \quad 1 \le i \le l, \quad 1 \le j \le r$, тоді і тільки тоді, коли для засвоєння кванта k_i необхідно виконати завдання m_j;

2) зворотне (обернене) відношення M_k: пара $(m_j, k_i) \in M_k, \quad 1 \le i \le l, \quad 1 \le j \le r$, якщо при виконанні завдання m_j відбувається засвоєння кванта k_i.

Очевидно, що з кожним квантом k_i пов'язана деяка підмножина завдань $M(k_i)$, потужність якої позначимо як $r_i = |M(k_i)|$.

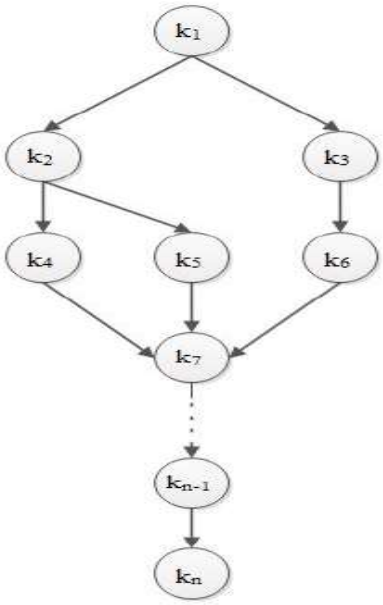
Підмножина K_g: $K_g \in K_m, \quad g \le m$, елементам якої відповідає максимальна вага квантів формує тезаурус навчальної області, оскільки кожен такий квант визначається ключовим словом чи фразою.

Такий підхід дає можливість сформувати у студента з набору розрізнених факторів та відомостей пов'язану структуровану модель навчального фрагменту предметної області.

VII. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАСВОЄННЯ КВАНТА ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ МУЛЬТИМНОЖИННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Теорія мультимножин сьогодні успішно використовується при моделюванні та аналізі складних систем, в теорії мереж Петрі, штучному інтелекті, теорії формальних мов, математичному програмуванні, методах обробки різнорідної інформації і т.д. Відомо багато практичних рішень застосування мультимножин при вирішенні теоретико-прикладних задач [18].

Оскільки під час розробки навчального курсу формування лекційного матеріалу відбувається на основі найменших змістовних інформаційних одиниць – квантів, тому будемо розглядати процес засвоєння нових знань студентом з позиції теоретико-множинного аналізу. Так, під час вивчення лекції L навчальний контент представляється підмножиною з n квантів множини $K = \{k_1, k_2, ..., k_n\}$. Кількість квантів, які засвоїв окремий студент, описується його власною множиною K', що складається з s квантів, причому $s \le n$. Тоді будь-який квант з множини K студент сприймає і розуміє за допомогою підмножини власних квантів K'. Представимо математично структуру квантів множини K за допомогою графа G, а множину K' засвоєних квантів об’єднаємо змістовними зв’язками в граф G' (рис. 9. а, б).



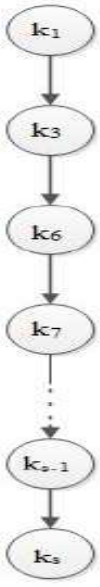


Рисунок 9.а – Структура графа G Рисунок 9.б – Структура графа G'

При цьому множина K' на відміну від K може бути рівною $\varnothing$. У цьому випадку студенту необхідні додаткові роз'яснення, так як кванти k_i зрозумілі йому не повністю, або не зрозумілі зовсім, або зрозумілі не правильно.

Таким чином, вхідна інформація сприймається студентом у вигляді графа квантів, що представляє собою багаторівневу структуру. Таке представлення забезпечує цілісне уявлення про навчальний матеріал, характеризуючи його при цьому більшою зв'язністю та структурованістю матеріалу і меншим об'ємом супутньої другорядної інформації [19].

Описані математичні структури, використовуючи нескладні операції з множинами, дозволяють визначити недостатньо засвоєні кванти інформації та внести необхідні зміни в подальший процес вивчення нових знань.

Рівень вивчення студентом окремої лекції визначається системою за результатами тестування, кожне завдання якого перевіряє знання-незнання студентом окремого кванта.

Причому до кванта, як до інформаційної одиниці, прив'язано декілька тестових завдань. Тому в окремому тестовому наборі, як правило, існують декілька питань, що перевіряють ступінь засвоєння одного й того самого кванта інформації. Спираючись на теорію множинного підходу, виникає потреба дослідження сукупності об'єктів, серед яких зустрічаються і однакові елементи.

Як відомо, структури, що досліджують сукупності елементів, які можуть повторюватись довільну кількість разів називаються мультимножинами [20].

В теорії мультимножин поняття множини виступає частинним випадком, хоча певні класичні результати комбінаторики скінченних множин мають своє застосування і на мультимножинах.

Оскільки при побудові адаптивної навчальної програми, зокрема на етапі квантування навчального контенту, окремі навчальні кванти інформації утворюють сукупності елементів, які можна розглядати як скінченні мультимножини, тому застосуємо теорію мультимножин в

якості математичного апарату в задачі квантування для проектування та наповнення бази знань навчального контенту.

Розбиття навчального матеріалу курсу (теми) на найпростіші неподільні кванти інформації $k_j, j=1,2,\ldots,m$ дає можливість кожному тестовому набору $t_i, i=1,2,\ldots,n$ поставити у відповідність мультимножину $T_i=\{k_1^{\lambda_{i1}},k_2^{\lambda_{i2}},\ldots,k_m^{\lambda_{im}}\}, i=1,2,\ldots,n$ квантів, які потрібно знати та вміти використовувати, роблячи потрібні висновки.

Нижче будемо розглядати тільки мультимножини, що складаються із скінченного числа елементів, тобто скінченні мультимножини.

На мультимножинах вводять операції, аналогічні до операцій на множинах [21]. При цьому всі позначення, введені для операцій над множинами, зберігаються і для аналогічних операцій над мультимножинами. Якщо в мультимножині деякий елемент базової множини відсутній, то вважають, що його кратність в цій мультимножині дорівнює нулю. Позначимо через $k_a(A)$ кратність елемента a в мультимножині A.

Нехай для перевірки засвоєння курсу системою використовується s наборів тестових завдань. Для того, щоб встановити незасвоєні кванти інформації, необхідно проаналізувати мультимножину, яка є сумою мультимножин, що відповідають наборам тестових завдань з негативними відповідями. Очевидно, що кванти інформації, що відповідають негативним відповідям з найбільшими показниками не засвоєні, тому на повторне вивчення подається матеріал курсу, що базується на цих квантах.

Розглянемо загальний приклад з метою визначення незасвоєних квантів. При побудові наборів тестових завдань, як правило, в одному і тому самому наборі окремий квант інформації може бути перевірений за допомогою різних за складністю завдань довільну кількість разів.

Припустимо, що в тестовому наборі t_1 використовуються:

r_1-завдань – які перевіряють рівень знання кванта k_1,

r_2-завдань – перевіряють рівень знання кванта k_2 і т.д.,

r_k -завдань – перевіряють рівень знання кванта k_k (рис. 10).

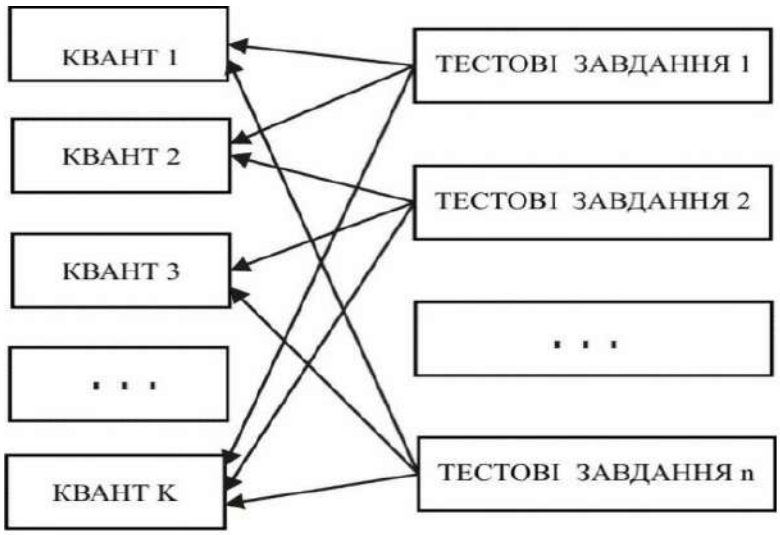


Рисунок 10 – Прив’язка тестових завдань та квантів

При цьому тестовому набору t_1 буде відповідати мультимножина T_1 з наступною первинною специфікацією [20]:

$$T_1 = \{k_1^{r_1}, k_2^{r_2}, ..., k_k^{r_k}\},$$

яка визначає кратності повторень кожного з елементів.

Аналогічно тестовому набору t_n буде відповідати мультимножина T_n:

$$T_n = \{k_1^{m_1}, k_2^{m_2}, ..., k_k^{m_k}\},$$

в якій засвоєння кванту k_1 перевіряється m_1 завданнями, k_2 – m_2 завданнями, і т.д., k_k – m_k завданнями.

За підсумками тестування для кожного студента формуються результуючі мультимножини T_{ci}, які будуються на основі квантів, прив’язаних до тестових завдань, по яких було отримано негативну відповідь. Виконавши сумування початкових та результуючих мультимножин, а також нормування індексів при однакових номерах квантів, навчальна система шляхом визначення глибини засвоєння інформаційних одиниць для кожного студента формує індивідуальний контент для повторного чи поглибленого вивчення.

Реалізацію описаної технології розглянемо на прикладі вивчення теми «Бази даних та інформаційні системи». Під час засвоєння лекції «Моделі даних та концептуальне моделювання» навчальний матеріал розбито на кванти $k_1, k_2, ..., k_{10}$, кожному з яких відповідає окремий параграф лекції (рис. 11):

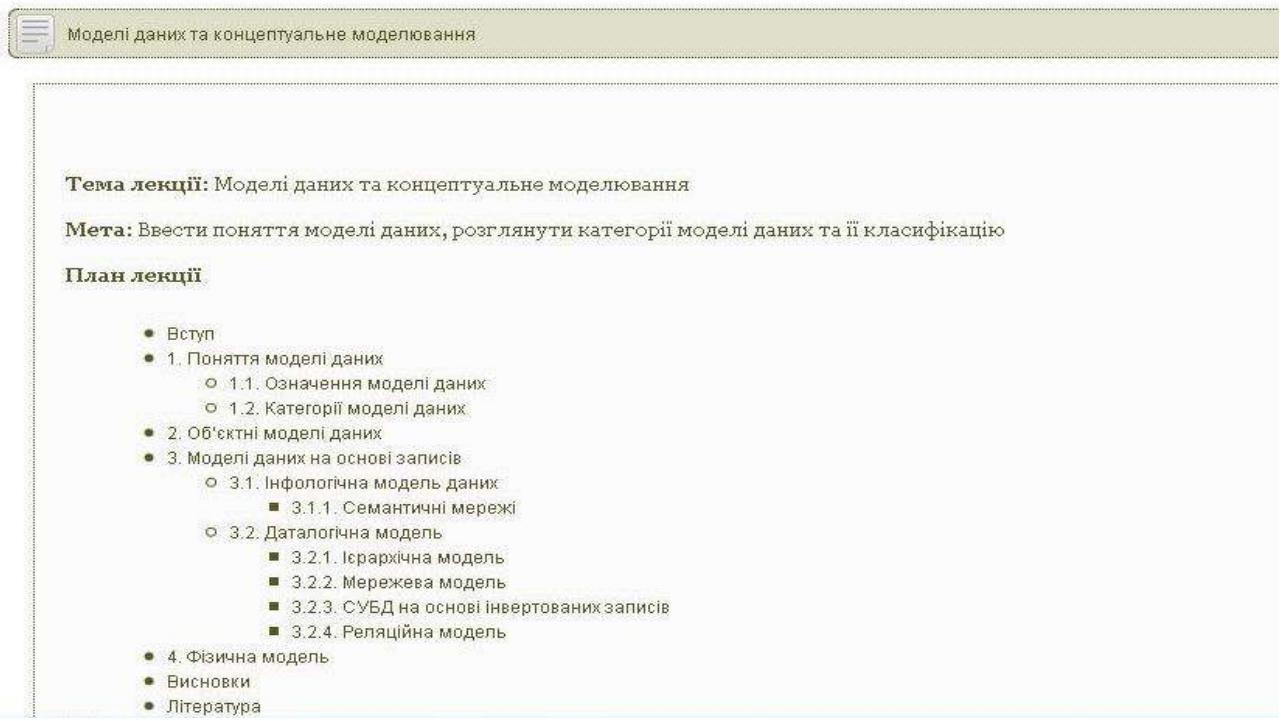


Рисунок 11 – Квантове представлення лекційного матеріалу

Для перевірки рівня засвоєння даної лекції в навчальній системі було розроблено 50 тестових завдань. Окремий тестовий набір, за яким проводилося тестування, складався з 15 запитань, кожне з яких прив'язане до відповідного кванта k_i.

Подальше налаштування навчальної траєкторії адаптивна система здійснює за результатами проведених трьох тестувань:

1) початкове тестування (проводиться після вивчення лекційного матеріалу);

2) поточне тестування (після виконання додаткових практичних завдань);

3) підсумкове контрольне тестування.

Результати тестування студента A навчальною системою представлені трьома наборами тестових завдань t_i, кожному з яких відповідає мультимножина T_i квантів k_i, знання яких перевіряється відповідним тестовим питанням:

$$t_1 \rightarrow T_1 = \{k_1^1, k_2^2, k_3^1, k_4^1, k_5^2, k_6^1, k_7^2, k_8^1, k_9^3, k_{10}^1\},$$
$$t_2 \rightarrow T_2 = \{k_1^3, k_2^3, k_3^1, k_5^3, k_6^2, k_7^1, k_9^1, k_{10}^1\},$$
$$t_3 \rightarrow T_3 = \{k_1^2, k_2^2, k_3^1, k_4^2, k_5^2, k_7^2, k_8^2, k_9^1, k_{10}^1\}.$$

Індекси над квантами визначають кратності повторень тестових питань, що перевіряють засвоєння відповідного кванта в окремому тестовому наборі.

Оскільки, на мультимножинах зберігається операція додавання, то, застосувавши сумування до мультимножин T_i, визначають максимально можливу кількість повторень тестових питань стосовно кванта k_i у всіх наборах тестів:

$$\sum_1^3 T_i = \{k_1^1, k_2^2, k_3^1, k_4^1, k_5^2, k_6^1, k_7^2, k_8^1, k_9^3, k_{10}^1\} + \{k_1^3, k_2^3, k_3^1, k_5^3, k_6^2, k_7^1, k_9^1, k_{10}^1\} + \{k_1^2, k_2^2, k_3^1, k_4^2, k_5^2, k_7^2, k_8^2, k_9^1, k_{10}^1\} = \{k_1^6, k_2^7, k_3^3, k_4^3, k_5^7, k_6^3, k_7^5, k_8^3, k_9^5, k_{10}^3\} \quad (5)$$

Після завершення тестування для кожного студента системою формуються результуючі мультимножини T_{ci}, які побудовані на основі квантів, що стосуються тестових завдань, по яких було отримано негативні відповіді.

Зокрема для студента A, який брав участь у дослідженні, в системі було отримано наступні результуючі мультимножини T_{c1}, T_{c2}, T_{c3} (рис. 12):

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Tc1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
Tc2	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0
Tc3	1	0	1	1	1	0	1	2	1	1
	1	2	1	1	3	1	3	2	2	2

Рисунок 12 – Прив’язка неправильних відповідей та квантів

$$T_{c1} = \{k_2^1, k_6^1, k_7^1, k_9^1, k_{10}^1\},\ T_{c2} = \{k_2^1, k_5^2, k_7^1\},\ T_{c3} = \{k_1^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1, k_7^1, k_8^2, k_9^1, k_{10}^1\},$$

в кожній з яких індекс над квантом k_i вказує на кількість тестових питань, по яких отримано негативну відповідь стосовно кванта k_i в окремому тестовому наборі.

Сумування індексів при однакових номерах квантів дає можливість визначити, які кванти є найбільш суттєвими для повторного вивчення:

$$\sum_1^3 T_{ci} = \{k_2^1, k_6^1, k_7^1, k_9^1, k_{10}^1\} + \{k_2^1, k_5^2, k_7^1\} + \{k_1^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1, k_7^1, k_8^2, k_9^1, k_{10}^1\} = \{k_1^1, k_2^2, k_3^1, k_4^1, k_5^3, k_6^1, k_7^3, k_8^2, k_9^2, k_{10}^2\}. \quad (6)$$

На заключному етапі адаптивна система проводить нормування сум (5) та (6) за методом ділення на максимум серед компонент.

Виходячи, наприклад, з норми 50 % незасвоєння навчального матеріалу, доведено, що в описаному прикладі для студента A системою формується матеріал для повторного вивчення, побудований на основі квантів k_7, k_8 та k_{10} (рис. 13).

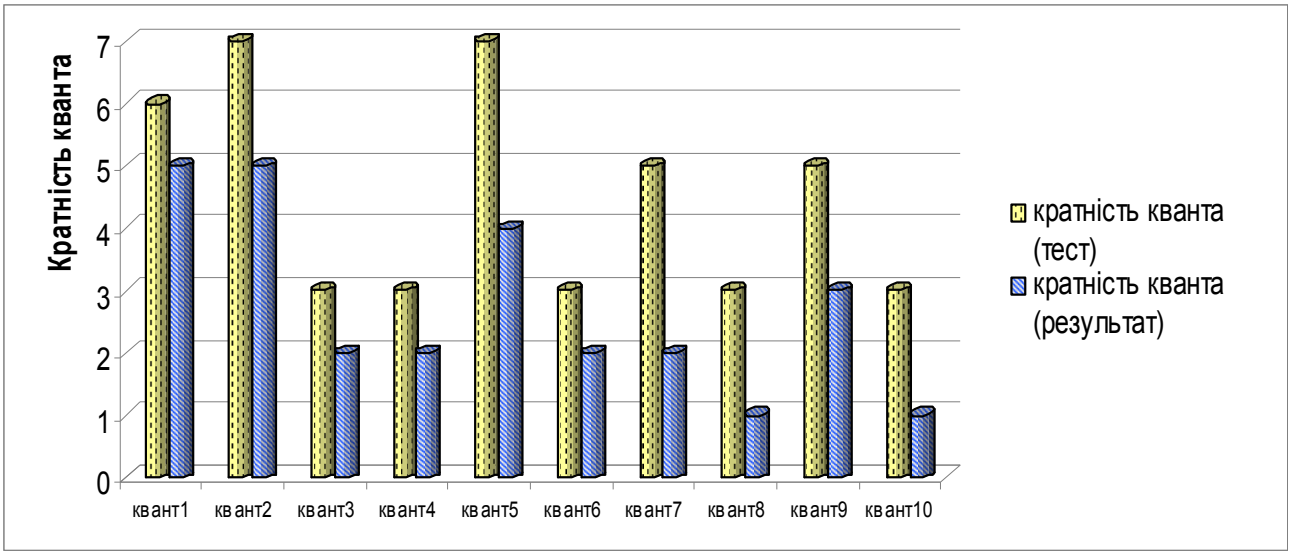


Рисунок 13 – Діаграма нормування мультимножин

В загальному випадку, сума $\sum_{i=1}^{n} T_i = \{k_1^{\mu_1}, k_2^{\mu_2}, \ldots, k_m^{\mu_m}\}$ всіх мультимножин T_i є мультимножиною, у якій показники її елементів визначаються рівностями:

$$\mu_j = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{ij},\ j = 1, \ldots, m.$$

Залучення мультимножин до формування тестових завдань дає змогу також проаналізувати правильність складання тестових завдань та оцінити їх якість.

Для визначення оцінки якості тестів використовується стала $\mu = \sum_{i=1}^{m} \mu_i$. Чим більшою є ця стала для даного набору тестів, тим якіснішим, з точки зору перевірки знань, є такий набір.

Важливим показником при складанні тестових завдань є незалежність тестів. Якщо перетин двох мультимножин $T_i \cap T_j = \varnothing$, то тестові завдання t_i та t_j, яким відповідають мультимножини T_i та T_j вважаються незалежними, тобто вони спираються на різні кванти.

Якщо $T_i \cup T_j = T_i$, то тестовий набір t_j є несуттєвим, оскільки він аналогічний до t_i.

Для визначення повноти набору тестових наборів проводять аналіз множини $P = \{k_1, k_2, \ldots, k_m\} - \left[\bigcup_{i=1}^{n} T_i\right]$.

Якщо множина P порожня, то тестовий набір наповнено правильно, оскільки для його складання залучені всі кванти інформації. В іншому випадку успішне проходження всіх тестових завдань не перевіряє знання деяких квантів інформації.

Таким чином, технологія програмованого навчання із застосуванням описаного методу за рахунок зміни параметрів і структури моделі об’єкту (студента) та навчальних дій на основі поточної інформації визначає спосіб реалізації адаптивного підходу під час проведення навчального процесу.

VIII. ФОРМАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ

Для моделювання адаптивного навчального процесу, побудованого на основі описаних кванто-фреймової та графової моделей і мультимножинного методу використовується орієнтований граф $G =< V, U >$, де V – множина вершин, U – множина ребер, причому ребро між вершинами V_1 та V_2 існує тоді, коли визначений змістовний чи ієрархічний зв'язок між цими вершинами.

Множина вершин представляється як $V =< K, P, W >$,

де $K =< K_1, ..., K_n >$ – множина квантів, що вивчаються, n – кількість квантів; P – тип кванта (текст, формула, малюнок, таблиця і т.д.); $W \in \{0..1\}$ – вага кванта.

В свою чергу множина зв'язків між вершинами представляється як $U =< V_b, V_d, S >$, де V_b – батьківська вершина; V_d – дочірня вершина; $S = \{S_q\}$ – тип зв'язку $q = 1, 2, 3$; де S_1 – зв'язок типу «частина-ціле» (агрегація), показує, що квант дочірньої вершини є частиною складеного кванта батьківської вершини; S_2 – зв'язок типу «асоціація», означає, що для знання кванта батьківської вершини необхідно знати квант дочірньої вершини; S_3 – «слабкий» зв'язок, тобто для знання кванта батьківської вершини знати квант дочірньої вершини бажано, але не є необхідною умовою.

Така модель дозволяє ефективно керувати процесом навчання з мінімальними затратами часу та кількістю навчального матеріалу.

Нехай досліджуваний процес відбувається в дискретні моменти часу $t = 0, 1, 2, 3...$ Припустимо, що кожна i-а вершина в ході процесу набуває значення $z_i(t)$, тоді значення $z_i(t+1)$ визначатиметься значенням $z_i(t)$ і значенням суміжних вершин графа, які можуть бути збільшені або зменшені, що можна записати наступним чином: $z_i(t+1) = z_i(t) + \sum u_{ji} p_j(t)$, де $u_{ji} = u(v_j v_i)$ – вага ребра з вершини v_j до вершини v_i; $u_{ji} = 0$, якщо ребро $v_j v_i$ відсутнє; $p_j(t)$ – зміна у вершині v_j в момент часу t.

Підсумовування ведеться по всіх j-х вершинах.

При цьому, на одному рівні направленого графу G містяться навчальні кванти, які логічно не зв'язані між собою. Тобто на один рівень попадають вершини, між якими немає орієнтованого ребра (рис. 3.10).

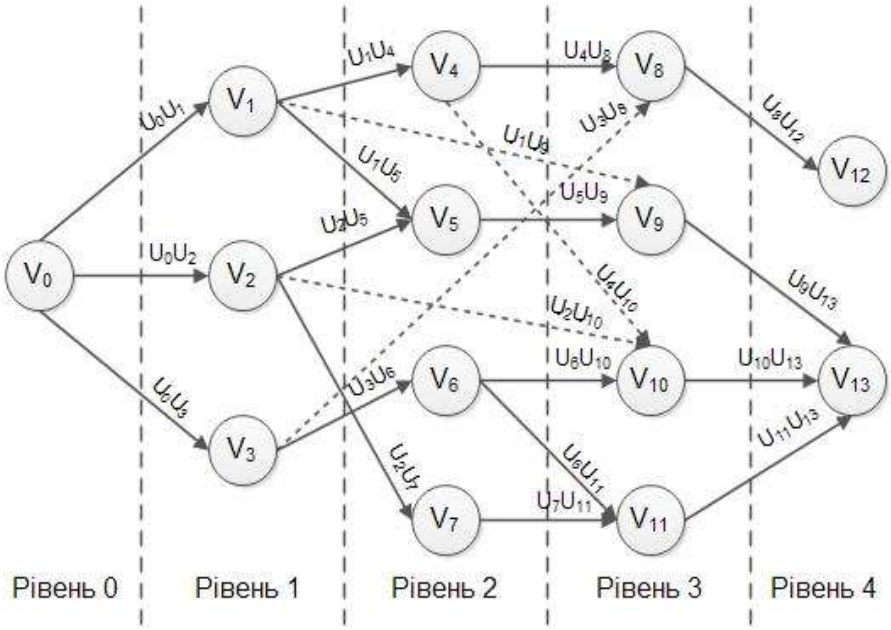


Рис. 3.10. Рівневе представлення графа G

В подальшому вибудовуються всеможливі логічні послідовності вивчення навчальних квантів, а процес навчання представляється рухом студента по графу з поступовим накопиченням нових знань.

Критерій вибору найбільш сприйнятливої для студента послідовності навчальних квантів залежить від структури навчального контенту, наявності зв'язків між окремими квантами та поточних результатів успішності. В результаті цього адаптивна система приймає рішення про подальше продовження навчання .

Така навчальна система відноситься до систем підтримки, що реалізовані на основі методів об'єктно-орієнтовного аналізу та проектування і методології багатокритеріального прийняття рішень [22]. Згідно названої методики, алгоритм пошуку рішення описується багатоцільовим функціоналом оцінювання:

$$F = (F_1, F_2, F_3),$$

де F_1, F_2, F_3 – локальні функціонали оцінювання, що визначають множину відповідних інформаційних одиниць.

Формалізація алгоритму описується системою кортежів:

$$F_{АЛГ} = \begin{cases} F_1, & (k_1, k_2, ..., k_n) \\ F_2, & (b_1, b_2, ..., b_l) \\ F_3, & (h_1, h_2, ..., h_s) \end{cases},$$

де $k_1, k_2, ..., k_n$ – множина незасвоєних квантів (визначаються на основі мультимножинного аналізу тестових питань з негативними відповідями);

$b_1, b_2, ..., b_l$ – множина квантів, що знаходяться на вищих рівнях ієрархії по відношенню до квантів $k_1, k_2, ..., k_n$;

$h_1, h_2, ..., h_s$ – множина квантів, визначених на основі семантичних зв'язків.

Даний алгоритм включає в себе загальну оцінку знань, оцінку по окремих темах та формування рекомендацій щодо подальших дій студента. Це дозволяє дистанційній системі адаптивно формувати та динамічно змінювати структуру і форму представлення навчального матеріалу різного рівня складності відповідно до поточних успіхів студента, сформованих за результатами тестового контролю знань.

IX. ВИСНОВКИ

Головним завданням розробників сучасних адаптивних систем є створення програмного продукту, здатного забезпечити максимальну адаптацію навчального контенту відповідно до початкового рівня знань того, кого навчають, його індивідуальних особливостей та із урахуванням поточних успіхів та навиків, які він проявив під час навчального процесу.

На основі класичної технології автоматизованого навчання в роботі побудована структура, яка є основою для розробки загальної моделі адаптивної системи дистанційної освіти. Перевагою такої моделі є використання поточних результатів із студентського модуля,

на основі аналізу яких вибудовується подальша навчальна траєкторія руху студента.

Застосування кванто-фреймової та графової моделей представлення навчального матеріалу дозволяє в адаптивній системі порційно розбити навчальний контент та організувати ієрархічно-семантичне подання навчального контенту, що в подальшому використовується як для безпосереднього управління навчальним процесом, так і для обґрунтованого вирішення питання про доцільність включення тих чи інших інформаційних фрагментів знань (квантів) у програму навчального курсу.

Описаний мультимножинний метод оцінки результатів тестового контролю рівня навчання по набору квантів знань дає можливість шляхом визначення глибини незасвоєних інформаційних одиниць усунути прогалини у знаннях студента під час вивчення нової теми шляхом формування блоків навчального матеріалу для повторного чи поглибленого вивчення.

Використання запропонованої інформаційної технологій у адаптивних системах дистанційної освіти дозволяє забезпечити індивідуальний підхід до організації програмованого навчання відповідно до потреб студентів, особливостей навчальної дисципліни, умов навчання та підняти на якісно вищий рівень організацію навчального процесу в рамках дистанційної освіти.

ЛІТЕРАТУРА

[1] S.B. Dias, J.A. Diniz, L.J. Hadjileontiadis, "Towards an Intelligent Learning Management System Under Blended Learning: Trends, Profiles and Modeling Perspectives", *Springer International Publishing*, 2013. – p. 235. – ISBN 9783319020785.

[2] С. М. Ніколаєнко, В. Д. Шинкарук, В. І. Ковальчук, А. Б. Кочарян, "Використання BigData в освітньому процесі сучасного університету", *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017, Т. 60, вип. 4. – с. 239–253. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_60_4_21.

[3] Ж. Л. Лорьер, "Системы искусственного", М.: Мир, 1991. – 568 с.

[4] А. П. Карпенко, "Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://cyberleninka.ru/article/n/modelnoe-obespechenie-avtomatizirovannyh-obuchayuschih-sistem-obzor/viewer.

[5] П. І. Федорук, М. В. Пікуляк, "Побудова експертної системи на основі бази знань сценарних прикладів", *Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті: збірник тез доповідей І Всеукраїнського науково-практичного семінару*, 7–8 травня 2012 р. – Івано-Франківськ, 2012. – С. 27–29.

[6] А. І. Кузьмінський, В. Л. Омеляненко, "Педагогіка : підручник", 2-ге вид., перероб. і доп., К. : Знання-Прес, 2004. – 445 с.

[7] M. Pikulyak, "The method of formalization of adaptive learning model based on precedents matrix", *Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці : CADSM 2015* : матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – С. 189–192.

[8] О. О. Гагарин, С. В. Титенко, "Проблемы создания гипертекстовой обучающей среды", *Вестник Восточно-украинского национального университета им. В. Даля*, Луганск, 2007. – Ч. 2, № 4 (110). – С. 6–15.

[9] А. В. Смирнов, М. П. Пашкин, Н. Г. Шилов, Т. В. Левашова, "Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы

построения и организации", *Новости искусственного интеллекта*, 2002. – № 1. – С. 3–13.

[10]В. П. Марценюк, П. І. Федорук, М. В. Пікуляк, "Побудова бази знань в адаптивній навчальній системі", *Вісник Київського університету. Серія : фізико-математичні науки*, К., 2011. – № 3. – С. 193–199.

[11]М. В. Пікуляк, "Моделювання предметної області в автоматизованих навчальних системах", *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ-2014)* : тези доповідей ІІ міжнародної науково-практ. конференції, 24–26 квітня 2014 р. – Т. 2. – С. 75–76.

[12]О. О. Гагарін, С. В. Титенко, "Дослідження і аналіз методів та моделей інтелектуальних систем безперервного навчання", *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*, 2007. – № 6. – С. 37–48.

[13]П. І. Федорук, М. В. Пікуляк, "Технологія побудови індивідуальної адаптивної траєкторії навчання у системі дистанційної освіти і контролю знань", Математичні машини і системи. – 2010. – № 1. – С. 68–76.

[14]П. І. Федорук, М. В. Пікуляк, "Проектування бази знань в адаптивній навчальній системі", *Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі, матеріали 3-ої науково-практичної конференції*, (Львів, 18–20 жовтня 2011 року) / Національний у-т «Львівська політехніка». – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. – С. 14–18.

[15]А. И. Башмаков, И. А. Башмаков, "Разработка компьютерных учебников и обучающих систем", М. : Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. – 616 с.

[16]М. В. Пікуляк, "Онтологічний підхід до побудови предметної області на основі квантово-фреймової моделі", *Медична інформатика та інженерія*, 2014. – № 1. – С. 50–54.

[17]М. В. Пікуляк, Я. М. Николайчук, "Формалізація та алгоритмізація моделей адаптивного управління взаємодії компонентів системи передачі знань", *Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ICSM-2014)* : зб. матеріалів міжн. наук.-коорд. наради, 1–6 липня 2014 р. – Тернопіль, 2014. – С. 124–127.

[18]W. Blizard, "The Development of Multiset Theory", *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 1989. – Vol. 30, N. 1. – P. 36–66.

[19]А. Д. Тазетдинов, "О некоторых способах измерения параметров управляющей информации в автоматизированных обучающих системах", *Управление большими системами : сборник трудов*, 2009. – Вып. 27. – С. 308–324.

[20]М. В.Пікуляк, "Застосування теорії мультимножин для формування індивідуального квантового набору навчального контенту", *Математичні машини і системи*, 2014. – № 3. – С. 96–103.

[21]Р. А. Заторський, "Деякі методи та задачі комбінаторного аналізу (Спеціальний курс математики) ", Івано-Франківськ : Лік, 2006–136 с.

[22]О. И. Ларичев, "Теория и методы принятия решений", М. : Логос, 2000. – 296 с.

Вплив інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на стейкхолдерів як результат спланованого проектного рішення

Микола Кубявка

Академія технічних наук України,
м. Івано-Франківськ, Україна

Без своєчасної, повної, якісної інформації не можна говорити про гарну організацію навчального процесу та його забезпечення всім необхідним, не можна говорити про ефективне управління навчальними закладами, про використання сучасних способів проведення наукових досліджень. Одним із запропонованих варіантів вирішення даної задачі, який пропонується до розгляду у розділі, є застосування методів та моделей управління впливами на проекти з проектного менеджменту, так як будь-яке управління персоналом, працівниками чи колективом є прерогативою саме проектного управління, а сам вплив, його оцінка, міра та цілеспрямованість пропонується розглянути у розрізі Теорії несилової взаємодії. Вона дає математичний інструментарій для визначення найбільш ефективних способів щодо використання інформаційних впливів на управління інформаційними взаємодіями. Вплив інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на цільову аудиторію (стейкхолдерів) запропоновано розглядати як проект, що характеризується безперервним збором, обробкою, аналізом та розподілом від різних джерел необхідної інформації з метою якісного виконання поставлених завдань у ході виконання ними відповідних задач щодо реалізації освітнього процесу. Запропонована числова міра впливу на характеристики проектів. Вона базується на кількісній оцінці змін, до яких призводить той чи інший вплив і її інтерпретація з використанням математичного апарату теорії несилової взаємодії.

Показано, що для побудови систем управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти необхідно відхилиться від традиційної схеми управління змінами, як управління якимось процесом, а перейти до управління першоджерелом цих змін – впливами на програму інформатизації до управління якими можна і потрібно підходити з позицій методології управління проектами.

І. ЗАЛЕЖНІСТЬ ЯКОСТІ ОСВІТИ ВІД НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Створення рівних можливостей у здобутті якісної освіти значною мірою залежить від якості управління навчальними закладами (НЗ). Нині вирішення цієї проблеми неможливе без використання в освітньому менеджменті інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Можна констатувати наявність потреби в удосконаленні форм, методів і засобів управління, специфічних для навчальних закладів, розроблення й упровадження нових підходів як до оцінювання рівня навчальних досягнень, так і до визначення ефективності діяльності навчального закладу в цілому, вдосконалення відповідних моніторингових процедур. Дане питання щодо ідеєю організації ІКТ-середовища, на думку автора, як найкраще розкрито у роботі Пліш І.В. «Використання інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти в загальноосвітніх навчальних закладах» [1]. Далі в роботі будуть непоодинокі посилання на роботу цього українського вченого.

На сьогодні в НЗ існує можливість забезпечити кращі умови для управління якістю освіти, але цей процес ускладнюється відсутністю науково обґрунтованих управлінських рішень, спрямованих на пошук, створення відповідних організаційно-педагогічних умов забезпечення й ефективного функціонування інформаційного середовища навчального закладу, в якому можна виокремити низку суперечностей між [1]:

– високим рівнем розвитку ІКТ, який забезпечує можливості вдосконалення навчально-виховного процесу, й недостатнім рівнем застосування ІКТ в управлінні якістю освіти в загальноосвітніх навчальних закладах;

– інформатизацією освіти і недостатнім рівнем комплексного застосування ІКТ в управлінні якістю освіти в загальноосвітніх навчальних закладах;

– можливостями здійснення в загальноосвітніх навчальних закладах максимально ефективних навчально-виховних впливів і відсутністю організаційних передумов для цього (інформаційного навчального середовища).

В Україні розробленню нових моделей і методів управління освітою, використанню нових інструментів і технологій контролю якості результатів навчального процесу приділяється значна увага [2]-[4].

Значну роль у забезпеченні якісної освіти, зокрема у загальноосвітніх навчальних закладах, відіграють інформаційно-комунікаційні технології, що пронизують як сам процес навчання, так і процеси управління. У зазначеній галузі накопичено значний науковий потенціал, відображений у роботах В.Ю. Бикова, А.М. Гуржія, В.В. Дивака, Г.В. Єльникової, М.І. Жалдака, Л.А. Карташової, Т.І. Коваль, В.В. Лапінського, О.І. Ляшенка, Н.В. Морзе, Ю.І. Машбиця, В.М. Монахова, С.А. Ракова, О.В. Співаковського, О.М. Спіріна, І.В. Пліш та ін. У працях українських і зарубіжних учених наголошується роль провідних положень наукового менеджменту в розвитку теорії та практики управління навчальними закладами та педагогічними системами. При цьому особлива увага надається гуманістичному, людино-(дитино-) центристському підходу в управлінні школою (І.А. Зязюн, Ю.А. Конаржевський, В.Г. Кремень, О.Я. Савченко, Т.І. Шамова, Е.А. Ямбург та ін.); необхідності професійної підготовки управлінців нової генерації (Г.В. Єльникова, Л.М. Калініна, В.І. Луговий, В.Е. Лунячек, В.І. Маслов, В.В. Олійник, Н.Г. Протасова та ін.); ролі й значенню творчого потенціалу особистості керівника у забезпеченні якості

освіти (Л.М. Карамушка, Л.П. Одерій та ін.); необхідності використання інноваційних підходів до управління навчальними закладами (А.Г. Гуралюк, В.С. Лазарєв, В.І. Маслов, А.М. Моісеєв, О.В. Овчарук, М.М. Поташник, О.І. Цимбал та ін.).

Проте, незважаючи на досить вагомі результати наукових пошуків, їх результати не отримали форми цілісного узагальнення в контексті обґрунтування наукових підходів до використання ІКТ в управлінні якістю освіти НЗ.

Проблема теоретико-методологічного обґрунтування використання ІКТ в управлінні якістю освіти на рівні НЗ, а саме важливі аспекти створення системи управління якістю освіти в загальноосвітніх навчальних закладах на основі наявних апаратно-програмних засобів ІКТ, залишилася поза увагою дослідників.

Здебільшого здійснювалось адаптування до умов НЗ відомих програмних продуктів або розроблялись та впроваджувались авторські програмні продукти.

Актуальність і соціальна значущість проблеми підвищення якості навчання в НЗ, посилення ролі управління щодо її забезпечення, недостатній рівень теоретичного обґрунтування і практичної реалізації ІКТ управління якістю освіти зумовили вибір теми даного розділу.

II. ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ В НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Аналіз стану використання ІКТ в управлінській діяльності керівників НЗ засвідчив, що серед причин, які стримують це використання, в першу чергу, виокремлюються організаційні та технічні причини – відсутність вільного доступу до комп'ютерного обладнання, труднощі зі своєчасним ремонтом, проблеми з поділом класу на підгрупи при проведенні занять в комп'ютерному класі та ін.

У процесі аналізу програм управління було з'ясовано, що вони не завжди враховують специфіку НЗ, їх матеріально-технічне забезпечення тощо. Визначено, що ускладнення впровадження ІКТ управління якістю освіти можуть бути певною мірою зменшені в

навчальних закладах шляхом створення належних умов навчання та виховання учнів. Це стало провідною ідеєю організації ІКТ-середовища ЗНЗ (рис. 1). Процес формування ІКТ-середовища НЗ проводився за кілька етапів:

– визначення кола учасників і формалізація вимог до рівня їх компетентності в галузі ІКТ;
– відбір програмного забезпечення;
– забезпечення ІКТ-оснащення робочих місць учасників НВП;
– навчання учасників НВП використанню ІКТ;
– оцінювання результативності впровадження ІКТ-середовища.

Провідною ідеєю організації ІКТ-середовища, яка зазначена у роботі Пліш І.В. [1], стало підвищення якості освіти шляхом застосування комплексу заходів, які передбачається проводити в процесі впровадження ІКТ управління якістю навчання на кожному етапі, спрямованих на учня, надання йому можливості більш вільного доступу до електронних навчальних ресурсів тощо.

Установлено, що використання ІКТ управління якістю освіти розглядається як організація діяльності адміністрації НЗ, зумовленої закономірностями та особливостями змін змісту і цілей навчання. У процесі розроблення моделі використання ІКТ управління якістю освіти враховано досвід навчально-виховної роботи й прогностичні висновки психолого-педагогічної теорії, які можуть стати основою для організації НВП у майбутньому. У роботі доведено, що найважливішими складниками цілей діяльності НЗ та суттєвими для визначення результативності управління якістю освіти є рівні сформованих компетентностей випускників.

Розроблення моделі використання ІКТ управління якістю освіти дозволило вирішити низку завдань (рис. 1):

– виокремлення складників моделі особистості випускника НЗ як орієнтира управління якістю освіти НЗ у перспективі;
– визначення стратегії управління якістю освіти, спрямованої на досягнення кінцевої мети – формування особистості випускника;
– визначення пріоритетів навчально-виховної роботи на найближчу (2-3 роки) та віддалену (4-5 років) перспективи.

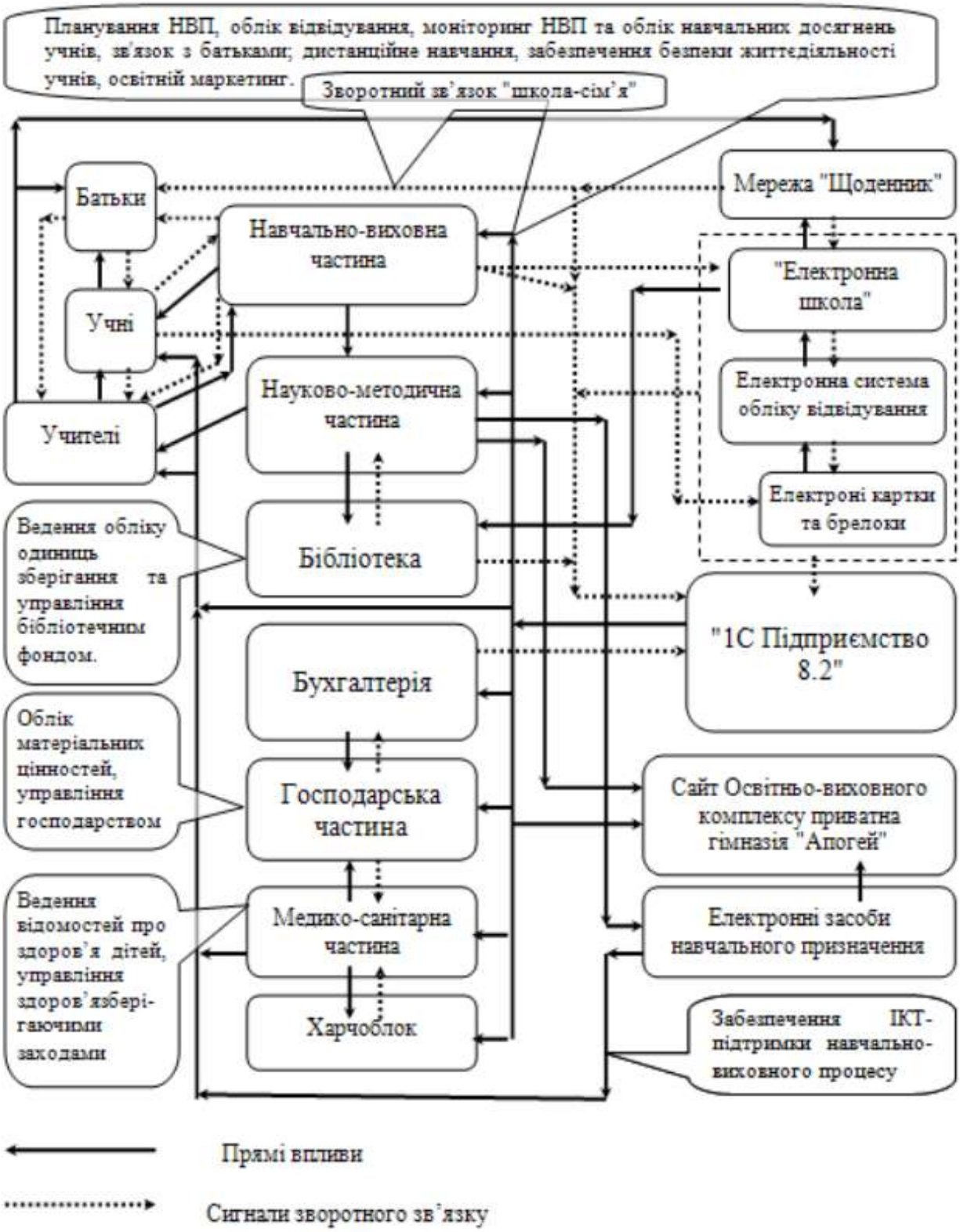


Рисунок 1 – Модель використання інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти в НЗ

На рис. 1 виокремлено суб'єкти педагогічного процесу (батьки, учні, вчителі), структурні підрозділи (навчально-виховна частина,

науково-методична частина та ін., які є об'єктами управління керівництва НЗ) і програмно-апаратні засоби (мережа "Щоденник", 1С Підприємство 8.2 та ін., які є складниками ІКТ управління якості освіти НЗ).

За формування ІКТ-середовища в ЗНЗ створюються сприятливі умови для організації управління структурними підрозділами:

– навчально-виховною частиною;
– науково-методичною частиною;
– бухгалтерією;
– медико-санітарною частиною;
– господарською частиною.

За результатами цього етапу дослідження з'ясовано, що включення (додавання) нових ІКТ впливає на розвиток сформованого ІКТ-середовища, яке є динамічним та відкритим, що дозволяє удосконалити процес управління закладом, покращити та максимально спрямувати на підвищення якості освіти. Впровадження моделі використання ІКТ управління якістю освіти забезпечує також вирішення організаційних завдань: підпорядкування діяльності всіх рівнів управління для забезпечення успіху і позитивних результатів на функціональному і результативному рівнях; вивільнення часу керівників і вчителів для діяльності, спрямованої на розвиток закладу; запобігання адміністративному дублюванню документації, навчально-методичних матеріалів; забезпечення наповненості управлінської діяльності конкретним змістом, визначення ролі і завдань кожного суб'єкта управління (керівництва ЗНЗ); залучення до управлінської діяльності всіх суб'єктів та структурних підрозділів навчально-виховного процесу.

ІІІ. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ДО ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

За результатами проведеного аналізу виокремлюються раніше невирішені частини загальної проблеми, а саме та, що вплив інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на

цільову аудиторію (стейкхолдерів) запропоновано розглядати як проект, що характеризується безперервним збором, обробкою, аналізом та розподілом від різних джерел необхідної інформації з метою якісного виконання поставлених завдань у ході виконання ними відповідних задач щодо реалізації освітнього процесу [5], [6]. Цьому присвячена значна кількість наукових праць та приділяється зосереджена увага щодо створення дієвих інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти. Але система підготовки та реалізації такого роду впливів, що реалізована в них, чомусь не визначається з погляду на них, як на проект, хоча всі проектні етапи присутні, це і часові рамками виконання впливу, і його фінансування, і вивчення стейкхолдерів, і визначення потрібних впливів на неї, тощо.

Заздалегідь намічений порядок, детальна розробка змісту та послідовності виконання дій, оптимальний розподіл ресурсів, всебічне забезпечення та управління, максимально об'ємне передбачення усіх вірогідно-можливих позитивних та негативних ситуацій і їх наслідків є прерогативою області знань, що має назву управління проектами.

Так одним із варіантів, який пропонується до розгляду у даному розділі, є застосування методів та моделей управління впливами на проекти з проектного менеджменту, так як будь-яке управління персоналом, працівниками чи колективом є прерогативою саме проектного управління, а сам вплив, його оцінка, міра та цілеспрямованість пропонується розглянути у розрізі Теорії несилової взаємодії.

Традиційно, управління проектами включає наступний перелік елементів [7]:

– ініціювання;
– розробка;
– виконання;
– моніторинг і контроль;
– завершення.

Ці елементи спокійно можна застосовувати і до управління інформаційними впливами, а саме їх реалізації на основі проектного

управління в інформаційно-комунікаційних технологіях управління якістю освіти.

І тут виникає наукова задача. Як саме забезпечити ефективну інформаційну дію на стейкхолдерів, таку дію, яка призведе до значного підвищення ефективності інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти? Відповідь існує. На думку автора саме застосування проектного управління стосовно інформаційних впливів в рамках інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти повинно забезпечити вирішення цієї задачі. В якості науково-методичного базису потрібного інформаційного впливу автори пропонують використати теорію несилової взаємодії [8]. Теорія дає математичний інструментарій для визначення найбільш ефективних способів інформаційного впливу в умовах його підготовки чи проведення. На її основі уже була реалізована певна кількість проектів та розроблені системи адресного інформаційного впливу на стейкхолдерів та розповсюдження інформаційних матеріалів на web-ресурси [9]-[11]. Отримане надає підставу вважати, що чергові цеглинки для підвищення ефективності інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти закладено, а саме “управлінська рука” проектного менеджера повинна ці цеглинки скласти в потрібний нам “візерунок”.

Для цього необхідно розглядати кожен цілеспрямований інформаційний вплив в рамках інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, як маленький проект. Як відомо проект виконується та завершується відповідно до певних обмежень. Традиційно такими обмеженнями вважаються “зміст та межі”, “час” та “вартість”. Такі обмеження в області управління проектами мають назву “Трикутник управління проектами”, де кожна сторона є певним обмеженням (рис.2).

Одна сторона трикутника не може бути змінена, щоб не вплинути на інші сторони. Подальше уточнення обмежень відділяє “якість” чи “продуктивність” впровадження проекту від “змісту та меж” і перетворює якість вчетверте обмеження.

Рисунок 2 – Трикутник управління проектами

Тобто, обмеження за часом – це час, за який необхідно завершити проект, вартість – це розмір бюджету, який виділений на реалізацію проекту, обмеження за змістом та межами – це завдання, які мають бути завершені для досягнення кінцевого результату проекту. Зазначені три обмеження досить часто взаємопов'язані: збільшення меж та обсягів завдань, зазвичай призводить до збільшення часу та вартості, обмежений час може означати збільшення вартості чи зменшення змісту та меж проекту. Ці та інші елементи управління проектами в досить повній мірі описують ті обмеження, що виникають при здійсненні інформаційного впливу на вибраних стейкхолдерів.

Тому, на думку автора, саме наука про управління проектами забезпечить інструментами та методами, що дають змогу підвищити ефективність інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти (не лише менеджерам проектів) та організувати їх роботу таким чином, щоб виконувалися вимоги щодо обмежень.

Для побудови ефективних інструментів інформаційного впливу, на думку автора, насамперед, необхідно спроектувати роботу за такими напрямками:

– вивчити об'єкт і ситуацію, в якій здійснюється вплив;

– вибрати стратегію, тактику та засоби впливу;

– визначити найбільш впливові на стейкхолдерів форми представлення інформації та розробити моделі і методи їх формування з допомогою всіх наявних засобів її подання;

– проаналізувати взаємозв'язок між інформацією, яка надається для впливу та реакціями стейкхолдерів, на яку здійснюється вплив;

– розробити систему аналізу ефективності здійснюваного впливу та його корекції у разі недостатньої дії на стейкхолдерів;

– організувати протидію, якщо така матиме місце.

– для досягнення ж результатів по цих напрямкам, із застосуванням проектного управління необхідно:

– створити команду спеціалістів по реалізації цих напрямів;

– забезпечити команду необхідними матеріально-технічним засобами, відповідними умовами праці та гідним фінансовим забезпеченням;

– впроваджувати в роботу новітні дослідження і розробки в сфері інформаційного впливу та інформаційні технології з цього напрямку;

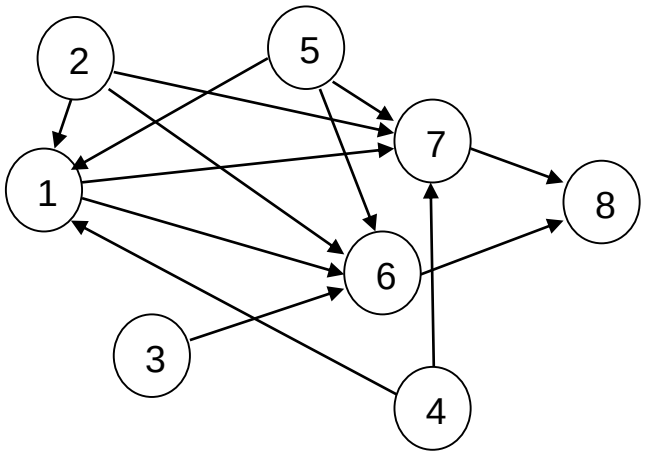
– забезпечити доступ виконавців до необхідних баз даних та відповідних інформаційних ресурсів.

Зважаючи на попередні дослідження в області управління інформаційним супроводженням, для забезпечення найкращого інформаційного впливу необхідно не тільки вміти його формувати в процесі управління, але і визначати, яка інформація буде мати найбільший вплив на стейкхолдерів, і у якому вигляді її краще надати [7]. Необхідно якісно і ефективно управляти необхідною мірою і змістом інформації, для прийняття оптимального рішення.

Вимоги до інструментів впливу базуються на розумінні умов, в яких знаходяться стейкхолдери, джерел та якості отримуваної інформації, а також способів формування різноманітних інформаційних представлень.

Кожен вплив на стейкхолдерів реалізується множиною дій, які визначають можливість реалізації впливу (технологія збору і обробки інформації для реалізації впливу), так і безпосередньо не силових (інформаційних) дій на нього. Зазвичай такі дії плануються та виконуються у відповідності з деякою мережевою моделлю. Це обумовлюється як причинно-наслідковими зв’язками між результатами дій (наприклад, спочатку отримати деяку інформацію, проаналізувати, сформувати необхідне для не силового впливу інформаційне представлення), так і неможливістю у прямій взаємодії з стейкхолдерами щоб відразу отримати необхідну для нас реакцію. Зокрема, якщо компонент “фінансування впливу” буде оптимальним, то імовірність того, що компонент “час реалізації впливу” теж буде успішним вища, ніж якщо він буде не успішним. Такий взаємозв’язок

компонентів впливу можна представити орієнтованою мережевою моделлю, ребра якої відповідають каузальним відношенням з позицій впливу на успішність цих компонентів (рис. 3).



1 – професіоналізм менеджера управління проектами;
2 – фінансування проекту;
3 – затверджений проект заходів;
4 – ризикові події;
5 – зміни в проекті;
6 – час виконання проекту;
7 – якість проекту;
8 – успішність проекту.

Рисунок 3 – Модель взаємного впливу компонентів впливу на оцінку їх успішності (суцільні лінії – позитивний вплив, пунктирні лінії – негативний вплив)

Слід згадати думки щодо місця спеціального інформаційного впливу у загальному контексті інформаційних воєн Л.С. Джонсона [12]. Згідно з його твердженнями, суттю будь-якої інформаційного впливу є реалізація цього впливу на інформаційний масив. Інформаційний масив можна розглядати як певну сукупність повідомлень. Ще з часів К. Шеннона (середина XX ст.) відомо, що впливи можуть бути двох основних типів:

– вплив безпосередньо на повідомлення, на їхню форму, механізми передачі, збереження, обробку тощо;

– вплив на зміст повідомлень.

Спеціальні інформаційні операції у всіх країнах світу реалізують впливи другого типу. Пропонується і нам звернути увагу саме на другий тип інформаційних впливів.

IV. ФОРМУВАННЯ ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВПЛИВАМИ НА ПРОГРАМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Для реалізації запропонованої математичної моделі **управління впливами на програми інформатизації** необхідно спочатку запропонувати метод ідентифікації і числової оцінки величини цих впливів на характеристики проектів цієї програми. По суті необхідно ідентифікувати: який вплив яку характеристику змінює, наскільки і до яких втрат в проекті ця зміна призведе [7].

Для вирішення цієї задачі пропонується комбінований експертно-статистичний метод (КЕСМ), який дуже чітко описаний у роботі Кубявки Л.Б. [7]. Далі буде наведено вказаний метод з певною адаптацією до інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти**.**

І так, інформація для управління впливами формується у відповідності з наступною формулою:

$$I = k_e \cdot I_e + k_c \cdot I_c, \tag{1}$$

де I – інформація для управління впливами на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

k_e – коефіцієнт довіри експертам, які оцінюють впливи на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

I_e – експертна інформація про впливи на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

k_c – коефіцієнт довіри статистичній інформації (стаціонарності впливів), які оцінюють впливи на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

I_c – статистична інформація про впливи на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Приймемо

$$k_e + k_c = 1. \qquad (2)$$

Звичайно можна було б говорити про повну довіру статистичній інформації, якби процеси, що протікають в динамічному оточенні та в середовищі програми інформатизації були стаціонарні, а саме, викликали б одні й ті ж самі впливи на одні й ті ж самі характеристики. В загальному випадку це не так. Крім того, статистика може бути значною, а може бути і не значною. Все це призводить до того, що міра довіри до цієї інформації буде коливатися від 0 до 1.

Розглянемо КЕСМ в експертній частині і в частині, що базується на статистичних даних.

V. ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ІНФОРМАЦІЇ ПРО ВПЛИВИ НА ПРОГРАМУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Для ідентифікації впливів скористаємось експертними методами [7]. Для цього група експертів повинна заповнити таблиці, в яких вказати впливи, які на їх думку виникають протягом виконання проекту і характеристики, які зміняться внаслідок цих впливів. За числові значення впливів приймемо ймовірність виникнення впливу, імовірність зміни деякої характеристики проекту, та втрати, які є наслідком зміни цієї характеристики проекту. Отримання цієї інформації пропонується виконувати по наступній схемі:

1). Визначення експертів. Це можуть бути експерти з управління ризиками. Кількість відібраних експертів - у.

2). Заповнення таблиць експертної оцінки впливів. Кожному експерту пропонується задати число від 0 до 1, яке характеризує величину впливу на проект – а саме суб’єктивну ймовірність заданих значень характеристики проекту. Ці суб’єктивні імовірності

заносяться експертами в таблицю експертної оцінки впливу на характеристику проекту (табл.1). При чому значення характеристик задається формулою:

$$a_{ik} = \begin{cases} a_{i1} \cdot \beta^{k-1} - для\ числових\ значень \\ "довільно" - для\ якісних\ значень \end{cases}, \quad (3)$$

де a_{ik} – значення характеристики проекту;

β – коефіцієнт погіршення характеристики проекту як результат впливу.

Наприклад. Термін виконання проекту 100 днів. Коефіцієнт погіршення характеристики проекту як результат впливу програми інформатизації – 1,2. Тоді значення характеристики «тривалість проекту» будуть: 100, до 120, до 144, до 173, до 208 і т.д. днів.

Таблиця 1 – Таблиця експертної оцінки впливу на характеристику проекту H_i

Експерт:_____$\underline{E_j}$_____

Впливи	Розраховані по (4.4) значення характеристики проекту H_i					
	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ik}	…	a_{iq}
v_1	z_{j1i1}	z_{j1i2}	…	z_{j1ik}	…	z_{j1iq}
…	…	…	…	…	…	…
v_l	z_{jli1}	z_{jli2}	…	z_{jlik}	…	z_{jliq}
…	…	…	…	…	…	…
v_m	z_{jmi1}	z_{jmi2}	…	z_{jmik}	…	z_{jmiq}

Примітка: z_{jlik} – оцінка (суб'єктивна імовірність) експертом $\underline{E_j}$ можливості того, що характеристика $\underline{H_i}$ прийме значення a_{ik}.

3). Заповнення таблиць втрат від впливів, викликаних змінами в проектах. Експертам, до яких відносяться працівники фінансово-економічних служб пропонується оцінити величину втрат від того, що деяка характеристика $\underline{H_i}$ прийме значення a_{ik}. Ця величина втрат задається в гривнях (табл.2).

Таблиця 2 – Таблиця експертної оцінки втрат впливів на характеристику проекту

Розраховані значення характеристики проекту *Hi*					
a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ik}	…	a_{iq}
s_{i1}	s_{i2}	…	s_{ik}	…	s_{iq}

Примітка: s_{ik} – оцінка втрат (грн) від того, що деяка характеристика проекту $\underline{H_i}$ прийме значення a_{ik}.

4). Заповнення таблиці можливості виникнення впливу на проект. Ця можливість задається через суб'єктивну імовірність виникнення впливу на проект. Експертам пропонується оцінити таку суб'єктивну імовірність (табл.3).

Таблиця 3 – Таблиця експертної оцінки суб'єктивної імовірності виникнення впливів

Впливи	Експерти					
	E_1	E_2	…	E_j	…	E_y
v_1	g_{11}	g_{12}	…	g_{1j}	…	g_{1y}
…	…	…	…	…	…	…
v_l	g_{l1}	g_{l2}	…	g_{lj}	…	g_{ly}
…	…	…	…	…	…	…
v_m	g_{m1}	g_{m2}	…	g_{mj}	…	g_{my}

Примітка: g_{lj} – оцінка (суб'єктивна імовірність) експертом $\underline{E_j}$ можливості того, що вплив v_l на програму інформатизації буде здійснюватися.

5). Розрахунок по окремим суб'єктивним ймовірностям впливу на характеристики проекту спільної (найбільш імовірної) ймовірності. Є кілька шляхів її визначення.

Як середнє по експертним оцінкам. Для значення a_{ik} характеристику проекту H_i та впливу v_l це значення буде дорівнювати

$$z_{lik}^{e} = \frac{\sum_{j=1}^{y} \lambda_j \cdot z_{jlik}}{\sum_{j=1}^{y} \lambda_j}, \qquad (4)$$

де z_{lik}^{e} – спільна суб'єктивна ймовірність того, що вплив на проект v_l визначає значення характеристики проекту a_{ik};

λ_j – вага (довіра) експерту E_j.

Через визначеність впливу [8]. Для значення характеристики a_{ik} та впливу v_l ця величина буде дорівнювати

$$z_{lik}^{e} = 0{,}5 + \frac{\sum_{j=1}^{y}\left[\frac{d_{jlik}\cdot q}{2\cdot\sqrt{q-1}} - \sqrt{\left(d_{jlik}^{2}+1\right)\cdot\left(\frac{q^{2}}{2\cdot(q-1)}-1\right)}\right]}{2\cdot\sqrt{\left(\sum_{j=1}^{y}\left[\frac{d_{jlik}\cdot q}{2\cdot\sqrt{q-1}} - \sqrt{\left(d_{jlik}^{2}+1\right)\cdot\left(\frac{q^{2}}{2\cdot(q-1)}-1\right)}\right]\right)^{2}+1}}, \qquad (5)$$

де

$$d_{jlik} = \begin{cases} 0{,}5\cdot\sqrt{\frac{z_{jlik}\cdot(q-1)}{(1-z_{jlik})} + \frac{(1-z_{jlik})}{z_{jlik}\cdot(q-1)} - 2}, & якщо\ z_{jlik} \geq \frac{1}{q} \\ -0{,}5\cdot\sqrt{\frac{z_{jlik}\cdot(q-1)}{(1-z_{jlik})} + \frac{(1-z_{jlik})}{z_{jlik}\cdot(q-1)} - 2}, & якщо\ z_{jlik} < \frac{1}{q} \end{cases}.$$

Як показали експериментальні дослідження [8], формула (3) дає більш точне значення спільної умовної ймовірності. На відміну від цієї роботи в дисертації розширюється сфера використання інструментів, які описують несилову (інформаційну) дію на суб'єктивні абсолютні (а не умовні) ймовірності. І в дисертації буде використовуватись саме цей підхід до обробки експертної інформації по впливам на програму інформатизації.

Визначення очікуваних втрат від змін в програмі інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, викликаних впливом v_l на характеристику проекту H_i

$$S_{il}^{e} = \frac{\sum_{j=1}^{y} g_{lj}}{y} \cdot \sum_{k=1}^{q} \left[z_{lik}^{e} \cdot s_{ij} \right], \quad (6)$$

де S_{il}^{e} – очікувані втрати від змін в програмі інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, викликаних впливом v_l на характеристику проекту H_i.

Розрахунок очікуваних втрат від впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти

$$\Phi_{l}^{e} = \sum_{i=1}^{x} S_{il}^{e}, \quad (7)$$

де Φ_{l}^{e} – очікувані втрати від впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

VI. СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ПРОГРАМУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Для використання цього методу необхідна статистична інформація про те, які впливи були в попередніх проектах і до яких значень характеристик проектів вони привели [7]. Ця інформація повинна відображатися в вигляді наступних таблиць:

- таблиця оцінки впливів на характеристики проектів (табл.4);
- оцінка втрат від впливів на характеристики проектів (табл.5);
- оцінка ймовірності впливів (табл.6).

Таблиця 4 – Таблиця статистичної оцінки впливу на характеристику проекту H_i

Впливи	Розраховані по (4.4) значення характеристики проекту Hі					
	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ik}	…	a_{iq}
v_1	p_{j1i1}	p_{j1i2}	…	p_{j1ik}	…	p_{j1iq}
…	…	…	…	…	…	…
v_l	p_{jli1}	p_{jli2}	…	p_{jlik}	…	p_{jliq}
…	…	…	…	…	…	…
v_m	p_{jmi1}	p_{jmi2}	…	p_{jmik}	…	p_{jmiq}

Примітка: p_{jlik} – отримана з статистичної інформації імовірність того, що характеристика $\underline{H_i}$ прийме значення a_{ik}.

Таблиця 5 – Таблиця статистичної оцінки втрат від впливів реалізації програми інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на характеристику проекту H_i

Розраховані по (4) значення характеристики проекту H_i					
a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ik}	…	a_{iq}
w_{i1}	w_{i2}	…	w_{ik}	…	w_{iq}

Примітка: w_{ik} – статистична оцінка втрат (грн) від того, що деяка характеристика проекту $\underline{H_i}$ прийме значення a_{ik}.

Таблиця 6 – Таблиця оцінки імовірності виникнення впливів

Впливи	Імовірність
v_1	r_1
…	…
v_l	r_l
…	…
v_m	r_m

Примітка: r_l – отримана із статистичної інформації ймовірність того, що вплив v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти буде здійснюватись.

Статистичну оцінку всіх впливів пропонується виконувати по наступній схемі:

1). Заповнення таблиць впливів, втрат від впливів викликаних змінами в проектах, та можливості впливів. Для цього обробляються раніше виконані проекти, розраховуються частотні характеристики, і заносяться в таблиці 4-6.

2). Розрахунок спільної ймовірності впливу на характеристики проекту через визначеність впливу [8]. Для значення a_{ik} характеристику проекту H_i та впливу v_l ця величина буде дорівнювати

$$z^c_{lik} = 0{,}5 + \frac{\sum_{j=1}^{y}\left[\frac{d^c_{jlik}\cdot q}{2\cdot\sqrt{q-1}} - \sqrt{\left((d^c_{jlik})^2+1\right)\cdot\left(\frac{q^2}{2\cdot(q-1)}-1\right)}\right]}{2\cdot\sqrt{\left(\sum_{j=1}^{y}\left[\frac{d^c_{jlik}\cdot q}{2\cdot\sqrt{q-1}} - \sqrt{\left((d^c_{jlik})^2+1\right)\cdot\left(\frac{q^2}{2\cdot(q-1)}-1\right)}\right]\right)^2+1}}, \quad (8)$$

де

$$d^c_{jlik} = \begin{cases} 0{,}5\cdot\sqrt{\frac{p_{jlik}\cdot(q-1)}{(1-p_{jlik})}+\frac{(1-p_{jlik})}{p_{jlik}\cdot(q-1)}-2}, \text{ якщо } p_{jlik}\geq\frac{1}{q} \\ -0{,}5\cdot\sqrt{\frac{p_{jlik}\cdot(q-1)}{(1-p_{jlik})}+\frac{(1-p_{jlik})}{p_{jlik}\cdot(q-1)}-2}, \text{ якщо } p_{jlik}<\frac{1}{q} \end{cases}.$$

3). Визначення статистичних очікуваних втрат від змін в програмі інформатизації, викликаних впливом v_l цієї програми на характеристику проекту H_i

$$S^c_{il} = r_l\cdot\sum_{k=1}^{q}\left[z^c_{lik}\cdot w_{ij}\right], \quad (9)$$

де S^c_{il} – очікувані із статистики втрати від змін в програмі інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій

управління якістю освіти, викликаних впливом v_l на характеристику проекту H_i.

4). Розрахунок статистично обґрунтованих очікуваних втрат від впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти

$$\Phi_{l}^{c} = \sum_{i=1}^{x} S_{il}^{c}, \tag{10}$$

де Φ_{l}^{c} – очікувані із статистики втрати від впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Визначившись з витратами на ліквідацію наслідків негативних впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти можна перейти до визначення витрат на ліквідацію, або зменшення негативних впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти [13].

VII. ОЦІНКА ВТРАТ НА ЛІКВІДАЦІЮ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ НА ПРОГРАМУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Скористуємось раніше визначеним набором впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти і формально представлені в табл.7. Для оцінки затрат по ліквідації цих впливів використаємо експертні методи. Група експертів повинна заповнити таблицю, в якій вказати впливи, які на їх думку виникають протягом виконання проекту і витрати по їх ліквідації, чи зменшенню. За числові значення впливів приймається імовірність виникнення впливу, розподіл витрат на зменшення чи ліквідацію впливу [14]. Отримання цієї інформації пропонується виконувати по наступній схемі:

1). Визначення експертів. Як і в п.2.1 це можуть бути експерти з управління ризиками. Кількість відібраних експертів - у.

2). Заповнення таблиць експертної оцінки можливості ліквідації впливів. Кожному експерту пропонується задати число від 0 до 1, яке характеризує можливість (суб'єктивну ймовірність) ліквідації впливу на проект. Ці суб'єктивні імовірності заносяться експертами в таблицю експертної оцінки можливості ліквідації впливу на програму інформатизації (табл.7, колонка 2).

3). Заповнення таблиць експертної оцінки витрат на ліквідацію впливів. Кожному експерту пропонується задати число, яке відповідає витратам на ліквідацію впливів (табл.7, колонки 3-8).

Таблиця 7 – Таблиця експертної оцінки впливу на характеристику проекту H_i

Експерт:_____$\underline{E_j}$_____

Впливи	Можливість ліквідації	Витрати на зменшення впливу					
		0,0	*0,1*	*...*	*0,5*	*...*	*1*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
v_1	e_1	$u_1(0,0)$	$u_1(0,1)$	...	$u_1(0,5)$	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
v_l	e_l	$u_l(0,0)$	$u_l(0,1)$	...	$u_l(0,5)$	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
v_m	e_m	$u_m(0,0)$	$u_m(0,1)$	...	$u_m(0,5)$	...	0

Примітка: $u_l(X)$ – оцінка експертом $\underline{E_j}$ фінансових ресурсів, які необхідні для зменшення величини витрат на ліквідацію наслідків змін до рівня $X \cdot \Phi_l^*$; e_l – оцінка експертом $\underline{E_j}$ можливості ліквідації впливу взагалі (колонка 0,0).

4). Розрахунок по окремим суб'єктивним ймовірностям можливості ліквідації впливу середньої для всіх експертів ймовірності

$$e_l^{cp} = \frac{\sum_{j=1}^{y} \left(\lambda_j \cdot e_l(E_j) \right)}{\sum_{j=1}^{y} \lambda_j}, \tag{11}$$

де e_l^{cp} – середньовагова суб'єктивна ймовірність того, що можливо ліквідувати вплив v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

$e_l(E_j)$ – можливість ліквідації впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, визначена експертом E_j.

5). Знаходження оптимальної стратегії ліквідації (зменшення) впливів. Для цього необхідно знайти величину витрат, які припадають на одиницю впливу

$$S_l^{\Delta}(k) = \frac{u_l\left((k-1)\cdot 0{,}1\right)}{(k-1)\cdot 0{,}1} \cdot \frac{1}{e_l^{cp}}, k = \overline{2{,}11}, \tag{12}$$

,

де $S_l^{\Delta}(k)$ – очікувані витрати від ліквідації одиниці впливу v_l на програму інформатизації.

6). Вибір оптимального рівня протидії негативному впливу на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти

$$S_l^{\min} = \min_k (S_l^{\Delta}(k)) \cdot (k-1) \cdot 0.1, \tag{13}$$

де $S_l^{\min}$ – витрати від ліквідацію впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

7). Розрахунок очікуваних витрат від реалізації оптимальної стратегії зменшення негативної дії всіх впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти

$$\Phi^{\Delta} = \sum_{l=1}^{m} S_l^{\min}, \tag{14}$$

де Φ^{Δ} – очікувані витрати від реалізації оптимальної стратегії зменшення негативної дії всіх впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти;

m – кількість впливів.

8). Розрахунок очікуваних витрат від ліквідації всіх впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти

$$\Phi_{\max}^{\Delta} = \sum_{l=1}^{m} \frac{u_l(1)}{e_l^{cp}}, \tag{15}$$

де $\Phi_{\max}^{\Delta}$ – очікувані витрати від ліквідацію всіх впливів на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Маючи ці вхідні дані можна переходити до розробки методу управління впливами на програму інформатизації.

IX. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛОВОЇ МІРИ ВПЛИВУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТІВ ЩОДО ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Відхилення в інформаційно-комунікаційних технологіях управління якістю освіти є свідченням неправильного управління, що вимагають внесення змін у діяльність управлінської системи [7]. Причиною цього є негативний вплив передбачуваних і непередбачуваних обставин динамічного оточення реалізації таких проектів. Всі такі впливи призводять до змін в ході реалізації програм інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти. Але зміни не є результатом безпосереднього впливу на такі програми. Найчастіше вплив на програму інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти призводить до появи нової

інформації, яка отримується по ходу виконання проекту і не відповідає початковій, що призводить до інших управлінських дій в проектах. Виходячи з цього оцінку впливу на реалізацію програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти можна виконувати на основі визначення міри змін в інформаційному середовищі такої програми. Таким чином можна виділити універсальну сутність, через яку можна вимірювати будь які впливи на програму інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти – інформацію. Оскільки інформаційне середовище визначає відношення учасників проектів до їх розвитку, до управлінських рішень тощо, то можна застосувати математичний апарат теорії несилової взаємодії для такого вимірювання [15].

Зміна будь якої характеристики проекту інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти означає, що особи, що приймають рішення (ОПР), чи інші учасники проектів матимуть інше відношення до стану проекту, ходу його реалізації, успішності чи неуспішності, ефективності роботи працівників і т.д. Нехай $a_i(0)$ – початкове значення характеристики h_i, $a_i(v_s)$ – значення характеристики h_i після того, як на проект буде здійснено вплив v_s. Цей вплив призводить до отримання учасниками проекту нової інформації (про інше відношення до проекту спливаючої сторони, про інші його характеристики і т.п.) Тоді за міру впливу потрібно приймати не величину зміни характеристики

$$\otimes^i(v^s)=a_i(v_s)- a_i(0), \qquad (16)$$

а обсяги змін в рішеннях по проекту у його учасників. Тепер виникає проблема, як виміряти такі обсяги змін?

Нехай у кожного з учасників проектів є деяке бачення успішного розвитку проекту.

Визначення 1. Бачення успішного розвитку проекту – це уявний стан компонентів проекту, який повністю задовольнив би учасника проекту (бажаний стан).

Наприклад. Ціна об'єкту, яка задовольнить інвестора. Чи тривалість виконання проекту, яка влаштує замовника чи підрядчика. Кількість відзнак, які отримає деяка програма на виставках. Розмір премії, яку отримає керівник проекту і т.п.

Бачення успішного розвитку проекту може бути представлене вектором

$$B(U_j) = \langle b_{j1}, b_{j2}, ..., b_{jl}, ..., b_{jk} \rangle, \tag{17}$$

де $B(U_j)$ – вектор, який характеризує бачення успішного розвитку проекту у учасника U_j;

U_j – учасник проекту;

b_{jl} – бажаний стан l-го компоненту проекту у учасника проекту U_j.

$\overline{b_{jl}}$ – нове бажане значення характеристики проекту (після впливу).

В загальному випадку вплив на проект призводить до зміни в інформації, що є у учасників проекту, а значить може призвести і до змін в баченні бажаного стану хоча б одного компоненту проекту [7].

Позначимо новий бажаний стан компоненту проекту через $\overline{b_{jl}}$. Тоді будемо вважати вплив на l-тий компонент проекту **позитивним**, якщо

$$Z(\overline{b_{jl}}) > Z(b_{jl}), \tag{18}$$

де $Z(X)$ – цінність, яка відповідає значенню характеристики проекту X.

Вплив на l-тий компонент проекту **негативний**, якщо

$$Z(\overline{b_{jl}}) < Z(b_{jl}).$$

І нарешті, вплив на l-тий компонент проекту **відсутній**, якщо

$$Z(\overline{b_{jl}}) = Z(b_{jl}).$$

Будемо вважати, що на учасника було здійснено суттєвий вплив, якщо у нього змінилось бачення бажаного стану хоча б одного компоненту проекту

$$\overline{b_{jl}} \neq b_{jl}.$$

Тоді мірою впливу на проект може бути кількість змін в баченні бажаного стану проекту. Доля змін в баченні бажаного стану компонентів проекту може бути розрахована наступним чином:

$$\lambda_j = \frac{\sum_{l=1}^{k} \varphi_{jl}}{k}, \tag{19}$$

де λ_j – коефіцієнт, що відображає долю компонентів проекту, по яким змінилось його бачення;

$$\varphi_{jl} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \overline{b_{jl}} \neq b_{jl} \\ 0, \text{ якщо } \overline{b_{jl}} = b_{jl} \end{cases}. \tag{20}$$

Позначимо

$\lambda_j(v_s)$ – коефіцієнт, що відображає долю компонентів проекту, по яким змінилось його бачення, як результат впливу vs.

Тоді за міру впливу на бачення проекту одним з учасників приймемо величину [7]:

$$d_j(v_s) = 0{,}5 \cdot \sqrt{\frac{0{,}5 + \frac{\lambda_j(v_s)}{2}}{0{,}5 - \frac{\lambda_j(v_s)}{2}} + \frac{0{,}5 - \frac{\lambda_j(v_s)}{2}}{0{,}5 + \frac{\lambda_j(v_s)}{2}} - 2} = 0{,}5 \cdot \sqrt{\frac{1+\lambda_j(v_s)}{1-\lambda_j(v_s)} + \frac{1-\lambda_j(v_s)}{1+\lambda_j(v_s)} - 2}, \ (\textit{при } \lambda_j(v_s) \neq 1),$$

де $d_j(vs)$ – міру впливу *vs* на бачення проекту у учасника U_j.

Вплив на проект в цілому дорівнює:

$$D(v_s) = \sum_j d_j(v_s), \tag{21}$$

де $D_{(vs)}$ – міра впливу *vs* на проект.

В основі розрахунку міри впливу бачення бажаного стану проекту b_{jl}. Для формалізації цього значення необхідно відслідковувати різноманітні зміни, які відбуваються в проектах, нові рішення, що приймаються. Адже кожна зміна свідчить про існування як мінімум одного компонента, для якого $\overline{b_{jl}} \neq b_{jl}$. Розглянемо можливі підходи до побудови реагуючої на впливи системи управління програмою інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

X. МЕТОД УПРАВЛІННЯ ВПЛИВАМИ НА ПРОГРАМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

В основі управління впливами лежить реалізація п’яти функцій:

1). Організація управління впливами. Полягає в формуванні групи експертів та визначенні методів збору, обробки і використання експертної інформації про впливи.

2). Визначення способу протидії впливам. Протидія може бути реалізована одним з трьох способів:

- ліквідація впливу (реалізація антивпливів);
- зменшення впливу;
- ліквідація наслідків негативного впливу на програму.

Планування дій вимагає розрахунку сум витрат на кожен з способів і вибір того способу, який призведе до мінімізації витрат на протидію негативним впливам на програму інформатизації.

3). Планування дій по протидії впливами. Розробляється план робіт, в якому вказуються відповідальні, ресурси, послідовність які забезпечать ліквідацію впливів (якщо вибраний цей спосіб), чи зменшення негативних їх наслідків.

4). Оперативне управління діями по протидії впливам. Контроль за впливами.

5). Завершення і документування досвіду.

Розглянемо схему реалізації цих функцій більш детально.

1. Формування групи експертів. Виконується в рамках керівних органів програми інформатизації інформаційно-комунікаційних

технологій управління якістю освіти. Можуть залучатись професійні організації управління проектами.

2. Визначення компетентності експертів. Для цього експертам пропонується оцінити компетентність своїх колег по особистим даним і даним з раніше виконаних проектів. Оцінки зводяться в таблицю (табл.8).

3. Експертна оцінка впливу v_l на проект $П_j$ програми інформатизації $\Phi_l^e(П_j)$. Виконується у відповідності з підрозділом

4. Визначає суму витрат на ліквідацію наслідків змін в проекті програми інформатизації.

Таблиця 8 – Таблиця оцінки компетентності експертів

Експерти, які оцінюють	Експерти, яких оцінюють					
	E_1	E_2	…	E_s	…	E_y
E_1	0	$/_{12}$	…	$/_{1s}$	…	$/_{1y}$
…	…	…	…	…	…	…
E_s	$/_{s1}$	$/_{s2}$	…	0	…	$/_{sy}$
…	…	…	…	…	…	…
E_y	$/_{y1}$	$/_{y2}$	…	$/_{ys}$	…	0

Примітка: $/_{ys}$ – оцінка експертом $\underline{E_y}$ компетентності експерта $\underline{E_s}$ числом, від 0 до 1 (з кроком 0,1).

4.1. Статистична оцінка впливу v_l на проект $П_j$ програми інформатизації $\Phi_l^c(П_j)$. Виконується у відповідності з підрозділом 3. Теж визначає суму витрат на ліквідацію наслідків змін в проекті програми інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти. Але отриманих на основі статистичних даних.

5. Оцінка в рамках КЕСМ очікуваних втрат від впливу v_l на програму інформатизації (4.2)

$$\Phi_l^*(П_j) = k_e \cdot \Phi_l^e(П_j) + k_c \cdot \Phi_l^c(П_j), \qquad (7)$$

де $\Phi_l^*(П_j)$ – очікувані із статистики та експертної оцінки втрати від впливу v_l на проект $П_j$ програми інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

6. Розрахунок сумарних витрат для всіх проектів програми інформатизації

$$\Phi_l^{\Sigma} = \sum_j \Phi_l^*(П_j), \tag{8}$$

де Φ_l^{Σ} – очікувані із статистики та експертної оцінки втрати від впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

7. Розрахунок витрат на ліквідацію впливу на програму інформатизації. Виконується у відповідності з підрозділом 4.

8.Вибір стратегічної лінії поведінки менеджменту проекту програми інформатизації стосовно впливу v_l.

Правило розв'язання задачі:

8.1. Якщо $\Phi_{\max}^{\Delta} \le \Phi_l^{\Sigma}$, то вибір стратегії, пов'язаної з ліквідацією впливу v_l на програму інформатизації.

де $\Phi_{\max}^{\Delta}$ очікувані витрати від ліквідацію всіх впливів на програму інформатизації.

8.2. Якщо $S_l^{\min} \le \Phi_l^{\Sigma}$, то вибір стратегії, пов'язаної з зменшенням впливу v_l на програму інформатизації [16].

де $S_l^{\min}$ – витрати на зменшення впливу v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

8.3. Якщо $S_l^{\min} > \Phi_l^{\Sigma}$, то вибір стратегії, пов'язаної з ліквідацією наслідків змін, пов'язаних з впливом v_l на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Позначимо витрати на обрану стратегію дії стосовно впливу v_l на програму інформатизації через S_l^{Σ}.

9.Розрахунок бюджету на управління впливами на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

$$S^{\min} = \sum_{l=1}^{m} S_l^{\Sigma}, \tag{9}$$

де $S^{\min}$ – бюджет управління впливами програми інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

10. Планування дій по протидії впливами. Вибір найбільш значного впливу

$$\max_l \left(S_l^{\Sigma} \right).$$

Розробка плану дій з урахуванням обсягів ресурсів та стратегії протистояння впливам.

11. Вибір найбільш значного впливу серед тих, по яким план не розроблено. Якщо таких немає, перехід до п.12. Якщо є – розробка плану дій.

12. Реалізація дій по ліквідації, зменшенню впливів чи ліквідації наслідків змін, створених цими впливами. Якщо хід таких дій не відповідає плановим то перегляд плану дій (п.11), або перегляд прийнятих стратегічних рішень (п.6).

13. Завершення проектів інформатизації. Якщо не всі проекти закінчено – перегляд оцінок та стратегії управління впливами (п.3). Якщо всі завершені – вихід.

Реалізація цих етапів методу управління впливами дає необхідну інформацію для розрахунку різниці між витратами на ліквідацію впливів, та витратами на ліквідацію їх наслідків. Що в свою чергу є передумовою ефективного управління впливами на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, а значить поліпшення ефективності такої програми.

Але тепер постає задача розробки практичних інструментів управління впливами на програму інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на основі виконаних досліджень та розроблених в рамках них моделей і методів.

XI. ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ РЕАГУЮЧОЇ НА ВПЛИВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМОЮ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ

Єдиним способом зменшення втрат від впливів є створення системи управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти навчальних закладів (СУПІКТ НЗ) [7]. Метою є створення інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти в реальних умовах і запобігання негативних впливів виділених чинників на такі проекти.

Для створення системи управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, яка б оперативно реагувала на впливи, необхідно вирішити ряд системотехнічних питань [17]. Адже реалізація будь-якого задуму, в тому числі і з оптимізації процесів налаштування системи управління проектами на умови функціонування, повинна розглядатися відразу на всіх етапах життєвих циклів цього задуму. Для запобіганню негативного впливу змін в системі управління проектами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти необхідно сформувати такі сприятливі умови, як:

– чіткі і ясні шляхи формування професійної культури управління проектами та розвитку НЗ на основі проектного підходу.

– значне зменшення втрат, викликаних відсутністю єдиної професійної мови, системи процесів та методології управління проектами.

– збільшення конкурентних переваг НЗ, пов’язане з більш ефективною реалізацією проектів інформатизації.

– поліпшення взаєморозуміння між менеджерами НЗ, а також зростання їх компетенції в управлінні проектами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

– використання моделі технологічної зрілості, як стратегічного інструменту розвитку культури управління проектами.

– організація мультипроектного управління на основі сучасних методологій управління проектами типу “Офіс управління проектами та програмами”.

Зважаючи на це виникає необхідність створення системи управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, яка повинна охоплювати наступні функції:

– аналіз джерел відхилень;

– виявлення актуальних факторів відхилень і ризиків, що лежать в основі таких відхилень;

– прогнозування відхилень;

– планування проекту впливу в системі управління проектами, який зможе найкращим чином компенсувати відхилення і забезпечити надійну роботу СУПІКТ НЗ в нових (пов'язаних з турбулентним оточенням) умовах;

– відображення робіт проекту впливу в документах СУПІКТ НЗ;

– створення методологічного, технологічного та фінансово - ресурсного базису реалізації проекту впливу;

– оцінка ситуації та ініціювання необхідної інтеграції проекту впливу з іншими проектами, якщо ситуація в програмі цього вимагає;

– узгодження проекту впливу;

– ухвалення проекту впливу (прийняте рішення документується);

– формалізація проекту в системах управління програмами інформатизації;

– планування програми інформатизації з урахуванням проекту впливу;

– коригування планів і бюджетів проектів, які потрапляють під вплив;

– внесення змін в систему управління проектами (бізнес – процеси, організація, технології, рішення, забезпечення) (при необхідності);

– контроль виконання проекту впливів;

– підтвердження виконання.

Процес змін в СУПІКТ НЗ повинен розглядатися відразу, як єдине ціле у всіх своїх проявах, з усіма обмеженнями та умовами реалізації. Відомо, що в основі управління структурами, функціями і технологіями СУПІКТ НЗ лежить опис базового стану цієї системи - організаційної та функціональної структури, бізнес-процесів,

технологій планування, моніторингу та інформаційної взаємодії [18]. У цьому контексті науково-методологічні основи побудови систем управління програмами інформатизації повинні бути націлені на взаємопов'язання всієї сукупності дій з оптимізації в СУПІКТ НЗ, будь-то роботи по створенню деякого нового програмного продукту, або роботи пов’язані з підготовкою нової інформації або зміною існуючих технологічних побудов, або документів по тих або інших функцій. Зрозуміло, що це дуже складно через те, що:

– необхідно розглядати процес зміни в контексті безперервної діяльності СУПІКТ НЗ та діяльності по реалізації проектів (перебудова літака під час його польоту);

– процес змін зачіпає не тільки технічні компоненти, а й специфіку людських взаємин в управлінні проектами .

Тому процес змін характеризується:

– значною складністю;

– значною роллю на СУПІКТ НЗ так званого “м’якого компонента”.

З необхідності “боротьби зі складністю” беруть свій початок ще три відмінні від традиційних підходів риси управління змінами в СУПІКТ НЗ:

– спрощення через структурування;

– підвищення ефективності через своєчасної підготовки, планування і контролю за змінами;

– розробка спеціальних методів, моделей і засобів управління змінами в СУПІКТ НЗ.

Таким чином, враховуючи все це можна сказати, що з одного боку процес управління впливами в системах управління проектами є дуже складний, особливо в НЗ. Що призводить до неможливості ефективного використання традиційних підходів і способів [18]. Так, традиційно, управління змінами в НЗ та проектах – процес, який будується на інтуїції керівництва і за формою є реактивним, а не проактивним. Це ускладнює і подовжує процеси перебудови в проектах і управлінні ними при виникненні необхідності в такій

перебудові, що в свою чергу призводить до втрат в проектах. Це пояснюється причинами:

– керівники проектів, що є професійними проектними менеджерами, зайняті “своїми” проектами, а не проблемами створення систем управління проектами. Вони керують формуванням продуктів проектів, а не проектами, продуктом яких є ефективна мобільна система управління проектами.

– відсутність досвіду професійного управління створенням систем управління проектами.

– широким спектром класів змін, їх специфічним динамічним середовищем, які не дозволяють “по-простому” вирішити всі питання, пов’язані з побудовою ефективної системи управління проектами.

Насправді в рамках проактивного управління створення СУПІКТ НЗ можна вважати проектом розвитку НЗ. Розвиток НЗ починається з формування “бачення” майбутньої СУПІКТ НЗ. Це не просто перший крок створення, а народження уявлення, часто розмитого, про майбутнє системи управління проектами, її організації, функціональності, про використовувані технології, інноваційні рішення, процесах управління та організації.

Створення чіткого бачення розвитку СУПІКТ НЗ є запорукою успіху її функціонування в майбутньому. Чітке формування бачення і цілей розвитку є першим кроком реалізації проекту створення СУПІКТ НЗ. Сам проект реалізується почергово, у міру деталізації продукту і результатів проекту. Реалізація перетворює розроблену програму в процедури, спрямовану на досягнення основної мети. Ресурси НЗ витрачається на реалізацію проектів, тому в ході реалізації проекту розробляються і використовуються інструменти моніторингу досягнення сформульованих цілей НЗ в цілому та проекту зокрема. Ефективна реалізація забезпечує досягнення цілей на основі планів дій, графіків, процедур та інших інструментів, які складають основу методології управління в умовах невизначеності, які відповідно до ситуації підлягають зміні [19].

Розглянемо елементи моделі бачення і характеристики їх застосування в практиці діяльності НЗ. Критерії успіху управлінських аспектів можуть бути позначені як тверді і м'які:

– тверді критерії – часто самі очевидні критерії, які матеріальні і вимірні, і може бути виражені в кількісних показниках. Вони формулюють питання "що?", тобто, "чого потрібно досягти?". Тверді критерії призначені для опису основоположних елементів знань у сфері управління проектами. Цей напрямок охоплює саму суть управління проектами [20];

– м'які критерії зазвичай менш очевидні, але не обов'язково менш важливі. Вони часто невловимі, їх не завжди можна описати якісними показниками. Тому їх важче виміряти. Вони формулюють питання "як?".

Виходячи із формулювання завдання дослідження і викладеного матеріалу можна заявити, що ефективна СУПІКТ НЗ можлива лише в випадку, коли вона буде налаштовуватись не на управління змінами (як наслідок впливів), а налаштовуватись на управління впливами, щоб в деяких випадках взагалі ліквідовувати зміни, а в деяких ефективно ними управляти. Цей підхід до проекту створення СУПІКТ НЗ є методологічною базою проведених досліджень і, відповідно, визначає характеристики основних елементів наукової роботи. Від сукупності впливів до інструментів побудови та зміни системи управління програмою інформатизації інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

ВИСНОВКИ

Сьогодення диктує нам нагальну необхідність розвитку наукових досліджень в області інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти, а для становлення незалежної і самодостатньої країни України це питання має і нагальне практичне значення. Адже проблема інформатизації навчальних закладів в умовах реформування освіти є надзвичайно актуальною. Без своєчасної, повної, якісної інформації не можна говорити про гарну організацію навчального процесу та його забезпечення всім необхідним, не можна говорити про ефективне управління НЗ, про використання сучасних способів проведення наукових досліджень.

Так одним із варіантів вирішення даної задачі, який пропонується до розгляду у розділі, є застосування методів та моделей управління впливами на проекти з проектного менеджменту, так як будь яке управління персоналом, працівниками чи колективом є прерогативою саме проектного управління, а сам вплив, його оцінка, міра та цілеспрямованість пропонується розглянути у розрізі Теорії несилової взаємодії. Вона дає математичний інструментарій для визначення найбільш ефективних способів щодо використання інформаційних впливів на управління інформаційними взаємодіями.

Вплив інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти на цільову аудиторію (стейкхолдерів) запропоновано розглядати як проект, що характеризується безперервним збором, обробкою, аналізом та розподілом від різних джерел необхідної інформації з метою якісного виконання поставлених завдань у ході виконання ними відповідних задач щодо реалізації освітнього процесу.

Запропонована числова міра впливу на характеристики проектів. Вона базується на кількісній оцінці змін, до яких призводить той чи інший вплив і її інтерпретація з використанням математичного апарату теорії несилової взаємодії. В основі розрахунку міри впливу бачення бажаного стану проекту. Для формалізації цього значення запропоновано відслідковувати різноманітні зміни, які відбуваються в проектах, нові рішення, що приймаються.

Показано, що для побудови систем управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти необхідно відхилиться від традиційної схеми управління змінами, як управління якимось процесом, а перейти до управління першоджерелом цих змін – впливами на програму інформатизації до управління якими можна і потрібно підходити з позицій методології управління проектами. Сформульовано задачу необхідності розробки методів управління впливами на програми інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

Підводячи підсумок, можна впевнено заявити, що найближчим часом на базі сучасної теорії інформаційної (несилової) взаємодії та методів та моделей управління впливами на проекти буде досягнуто вагомих результатів у створенні інформаційно-комунікаційної технології управління якістю освіти. Що стане передумовою реалізації ще більшої кількості і якості успішних проектів щодо розробки системи управління програмами інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти.

ЛІТЕРАТУРА

[1] І. Пліш, "Використання інформаційно-комунікаційних технологій управління якістю освіти в загальноосвітніх навчальних закладах", дис. канд. наук, Нац. акад. пед. наук України, Ін-т інформ. техн. і зас. навч., Україна, 2012.

[2] K. Bakker, A. Boonstra, H. Wortmann, "Does risk management contribute to IT project success?" A metaanalysis of empirical evidence. International Journal of Project Management, Vol. 28 №5, pp. 493-503, 2009.

[3] А. Борзенко-Мірошніченко, "Профіль проекту модернізації регіональної системи вищої освіти", Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць, №4 (32), с. 100-105, 2009.

[4] Н. Гнедко, І. Войнович, "Дослідження комп'ютеризації освіти в Україні", Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, №1, с.296-301, 2011.

[5] Про Національну програму інформатизації: закон України від 4 лютого 1998 року № 74/98-ВР, Офіційний Вісник України, №10, с. 5-14, 1998.

[6] Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, № 12, ст.102. Закон України № 537-V "Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки". [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16#Text.

[7] Л. Кубявка, "Управління проектами впливів у програмах інформатизації вищих навчальних закладів", дис. канд. наук, Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт, 2015.

[8] Ю. Тесля, Введение в информатику Природы. Київ, Україна: Маклаут, 2010.

[9] M. Kubiavka, L. Kubiavka, Yu. Teslia, "Information management technology by non-forceful influence on the enemy during the preparation and conduction of military actions", in The 1th IEEE

International Conference on Data Stream Mining & Processing, August, 2016, doi: 10.1109/DSMP.2016.7583513.

[10] І. Пампуха "Концептуально-методологічні засади підготовки та поширення інформаційних матеріалів через web-ресурси на цільову аудиторію", ВІКНУ, 0101U002293, с. 233, 2017.

[11] M. Kubiavka, L. Kubiavka, S. Lenkov, Y. Lenkov, "Reflex Intellectual Text Processing Systems: Natural Language Text Addressing", in Workshop Proceedings of the 8th International Conference on “Mathematics. Information Technologies. Education”, MoMLeT&DS-2019Shatsk, Ukraine, June 2-4, 2019.

[12] L. S. Johnson, "Toward a Functional Model of Information Warfare. A Major Intelligence Challenge". Impact of Information Technology, pp. 49-56.

[13] Л. Кубявка, "Управління впливами у програмах інформатизації вищих навчальних закладів" XI Міжнародна конференція: Управління проектами у розвитку суспільства, м. Київ, с. 107-109, 2014.

[14] Ю.Тесля, Л. Кубявка Управління впливами в проектному менеджменті, X Міжнародна науково-практична конференція: «Управління проектами: стан та перспективи», м. Миколаїв, с. 291-294, 2014.

[15] Ю. Тесля, "Управління знаннями в моделі несилової взаємодії в проектах", Управління проектами та розвиток виробництва", Збірник наукових праць. Під ред. В. А. Рач. №1 (21), с. 5-15, 2007.

[16] Ю. Тесля., Л. Кубявка, "Організаційні засади управління програмами інформатизації вищих навчальних закладів" II - Міжнародна НТК: Комп’ютерні науки: освіта, наука, практика, м.Миколаїв, с. 173-175, 2014.

[17] Ю. Тесля, И. Оберемок, "Система задач и структура матричной информационной технологии управления высшим учебным заведеним", Вісник ЧІТІ, №2, с. 8-12. 1999.

[18] В. Рач, А. Борзенко-Мірошніченко, "Проектно-орієнтовані моделі управління та оцінки діяльності вищих навчальни закладів",

Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць,№1 (29), с.81-89, 2009.

[19] О. Рач, "Теория принятия решений: практика приминения", Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць, №1 (1), с. 60-65, 2000.

[20] С. Бушуев, "Основные направления развития системы знаний и современных технологий управления проектами", Управління проектами та развиток виробництва. Збірник наукових праць, № 2(10), с. 5-10, 2004.

Для нотаток

Для нотаток

Наукове видання

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ

ISBN 978-617-7926-32-9

Віддруковано з готового макету замовника

Підписано до друку 01.04.2021 р.
Формат 60х84 1/16. Умов. друк. арк. 8,83
Папір офсетний. Гарнітура “Times New Roman”.
Друк цифровий. Зам № 651
Наклад 100 примірників.

Видавець Кушнір Г. М.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції: серія ІФ №31 від 26.01.2009 р.
76000, м. Івано-Франківськ, вул. Шота Руставелі, 1,
тел. (099) 700-47-45, e-mail: kgm.print@i.ua