

О. І. ПУШКАР, Т. О. СВІЧКО

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків, Україна

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ КОНЦЕПЦІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВЕББАЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Предметом** вивчення у статті є процеси розробки та функціонування мультимедійних веббазованих інформаційних систем (МВІС) в умовах зростання обсягів мультимедійних даних та ускладнення інформаційної роботи користувачів. **Метою** є удосконалення теоретичних та методичних підходів до проектування МВІС шляхом формування узагальненого визначення, розробки адаптивної моделі та класифікації систем за характером їх використання. **Завдання:** проаналізувати існуючі підходи до визначення МВІС; обґрунтувати узагальнене визначення цього класу систем; розробити структурно-функціональну модель адаптивної МВІС; формалізувати процеси адаптації та персоналізації; запропонувати класифікацію МВІС за регулярністю використання користувачами. **Методи** дослідження: системний аналіз, узагальнення наукових підходів, методи структурно-функціонального моделювання, зокрема методологія IDEF. Отримано такі **результати**. Проведено аналіз наукових підходів до трактування мультимедійних веббазованих інформаційних систем та обґрунтовано доцільність формування узагальненого визначення. Запропоновано визначення МВІС як класу інформаційних систем, що функціонують у мережевому середовищі, інтегрують мультимедійний контент та забезпечують персоналізовану інтерактивну взаємодію користувача з інформацією. Розроблено концептуальну структурно-функціональну модель адаптивної МВІС, яка поєднує інформаційну модель предметної області, модель користувача, адаптивний інтерфейс та механізм динамічної адаптації. Модель враховує профіль користувача, його поведінкові характеристики та результати взаємодії із системою, що забезпечує персоналізовану подачу контенту як у навчальних, так і у комерційних системах. З використанням методології IDEF формалізовано процеси адаптації та взаємозв'язки між компонентами системи. Запропоновано класифікацію МВІС за регулярністю використання, що включає регулярно використовувані, ситуативні, періодично використовувані та випадково використовувані системи. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: запропоновано структурно-функціональну модель адаптивної МВІС, що враховує профіль користувача, його поведінкові характеристики та результати взаємодії для динамічної адаптації контенту, а також отримали подальший розвиток методи формалізації процесів адаптації та персоналізації мультимедійного контенту на основі методології IDEF; уточнено визначення МВІС та запропоновано класифікувати МВІС за регулярністю їх використання, що дозволяє підвищити ефективність їх проектування та функціонування.

**Ключові слова:** мультимедійні веббазовані інформаційні системи; МВІС, інформаційні системи; персоналізація; адаптивний інтерфейс; мультимедійний контент; функціональне моделювання IDEF0; класифікація.

### 1. Вступ

Сучасне інформаційне суспільство, зокрема в галузі авіаційно-космічної техніки і технологій, характеризується стрімким розвитком цифрових технологій, що забезпечують обробку, зберігання та передачу інформації у різних формах і форматах.

Активна цифровізація економіки, освіти, бізнесу, соціальної та високотехнологічної інженерної сфери призводить до суттєвого зростання обсягів мультимедійного контенту та ускладнення процесів взаємодії користувачів з інформаційними ресурсами. Водночас цей розвиток створює нові виклики,

пов'язані з ефективним управлінням, інтеграцією та адаптацією мультимедійних даних у межах інформаційних систем. Мультимедійні інформаційні системи (МІС) стають невід'ємною складовою організаційних, освітніх, комерційних і розважальних процесів, забезпечуючи інтерактивну взаємодію користувача з інформацією, у тому числі при підготовці фахівців з авіаційної техніки та технологій. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нових підходів до створення таких систем, які враховують сучасні тенденції, зокрема зростання обсягів даних, підвищені вимоги до інтерактивності, адаптивності, персоналізації та доступності. Аналіз наукових джерел показує,



що існуючі підходи до визначення та проектування мультимедійних інформаційних систем є фрагментарними та не забезпечують комплексного врахування поведінкових характеристик користувачів, адаптивності контенту та динаміки взаємодії у вебсередовищі. Зокрема, недостатньо уваги приділяється інтеграції механізмів персоналізації, адаптивних інтерфейсів та використанню інструментів штучного інтелекту у процесі проектування таких систем.

Водночас сучасні дослідження підкреслюють зростаючу роль імерсивних технологій у розвитку мультимедійних інформаційних систем. Зокрема, створення віртуалізованих середовищ дозволяє формувати цілісне цифрове освітнє середовище, у якому забезпечується взаємодія між студентами, викладачами та дослідниками в межах комп'ютеризованих систем [1]. Такі підходи розширюють можливості мультимедійних інформаційних систем за рахунок інтеграції інтерактивних та симуляційних компонентів. Крім того, використання технологій віртуальної реальності узгоджується з положеннями когнітивної теорії мультимедійного навчання, відповідно до якої поєднання аудіовізуального контенту є більш ефективним порівняно з текстовим поданням інформації та сприяє підвищенню залученості і результативності навчання [2].

Метою статті є удосконалення теоретичних і методичних підходів до розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем шляхом формування узагальненого визначення МВІС, розробки структурно-функціональної моделі адаптивної системи та класифікації МВІС за регулярністю використання. Для досягнення поставленої мети запропоновано підхід, що поєднує системний аналіз, узагальнення наукових підходів та методи структурно-функціонального моделювання, зокрема методологію IDEF, для формалізації процесів адаптації та персоналізації мультимедійного контенту.

### **1.1. Сучасний стан розробок за темою дослідження**

Масштабна цифровізація економіки, фінансової сфери, освіти та соціального життя призвела до того, що інформаційні системи (ІС) перестали виконувати лише функцію постачальників даних або інструментів для професійної діяльності фахівців підприємств. У повсякденному житті кожна людина, вирішуючи свої щоденні завдання – придбання товарів, отримання освіти, організацію дозвілля тощо – стає користувачем різних інформаційних систем.

Цей стрімкий розвиток мультимедійних технологій, що об'єднують різні форми даних, є основою для подальшого зростання мультимедійних інформаційних систем, які, завдяки прогресу в області

обчислювальної потужності, мережевих технологій та стандартів стиснення даних, набувають дедалі більшої значущості у сучасному інформаційному суспільстві. Сучасна тенденція до усунення будь-яких можливих вузьких місць для користувачів мультимедійних даних, від передових дослідницьких організацій до домашніх користувачів, призвела до вибухового зростання візуальної інформації, доступної у вигляді цифрових бібліотек і онлайн-архівів мультимедіа [3].

Розвиток мультимедійних веббазованих інформаційних систем (МВІС), також є однією з найважливіших тенденцій у сфері інформаційних технологій. Завдяки доступності Інтернету, такі системи дозволяють користувачам з усього світу взаємодіяти з контентом, що включає різноманітні мультимедійні елементи. Це значно підвищує ефективність передачі інформації, робить її зрозумілою і доступною для широкого кола користувачів, що, у свою чергу, створює нові можливості для бізнесу, освіти, науки і культури.

Таким чином, поняття «Мультимедійні інформаційні системи» має велике значення для сучасних інформаційних технологій. Проте, в науковій літературі це поняття трактується по-різному, що створює потребу в розробці чіткого визначення, яке б відображало всі аспекти його застосування в контексті веббазованих систем. Поняття «мультимедійні інформаційні системи» отримало широке поширення в наукових колах завдяки швидкому розвитку технологій, що забезпечують роботу з різноманітною інформацією. Проте в науковій літературі відсутнє єдине і чітке визначення цього терміну. Різні дослідники та фахівці з інформаційних технологій пропонують різні трактування поняття, що відображають різноманітні аспекти мультимедійних систем.

В рамках технічного підходу мультимедійні інформаційні системи розглядаються як сукупність апаратних та програмних засобів, що забезпечують обробку, зберігання та передачу мультимедійних даних. Наприклад, автори М. С. Ангелідіс, Ш. Дустдар визначають МІС як системи, що інтегрують текст, графіку, аудіо, відео та анімацію за допомогою відповідних технічних засобів для створення та відтворення контенту [4]. Тут акцент робиться на технологічних компонентах, таких як бази даних мультимедійного контенту, інтерфейси для взаємодії користувача з системою та канали передачі даних.

У функціональному підході МІС розглядаються як інструменти, що виконують певні завдання, пов'язані з управлінням мультимедійною інформацією. Наприклад, Мартейн Юр'єн Гугевен визначають МІС як системи, що призначені для забезпечення ефективного доступу, пошуку, обробки та представлення мультимедійної інформації [5]. У цьому підході

особлива увага приділяється тому, як система функціонує для досягнення конкретних цілей, таких як освітні, комерційні або наукові задачі.

Деякі автори, такі як Нгуєн, Нгок Тхань, пропонують інтеграційний підхід, який намагається об'єднати технічні, функціональні та користувацькі аспекти. Вони визначають МІС як комплексну систему, що поєднує технології, функціональні можливості і користувацькі вимоги для створення інтерактивного середовища, яке забезпечує ефективне використання мультимедійної інформації у різних сферах діяльності [6]. Ще одне визначення автора [7]: «Мультимедійні інформаційні технології і системи – це поєднання технологій, які дозволяють інтегрувати різні види та способи надання та використання символічної, звукової та відеоінформації, і сучасних інформаційних систем, що відрізняються великою різноманітністю форматів і апаратних пристроїв для вводу, обробки, відображення та зберігання мультимедійної інформації». В подальшому, на основі аналізу цих підходів буде сформульовано комплексне визначення поняття «Мультимедійні інформаційні системи». Іншою важливою особливістю сучасного інформаційного середовища є постійне ускладнення завдань, які користувач розв'язує за допомогою інформаційних систем у своїй повсякденній діяльності [8]. У результаті цього зростає як кількість, так і складність інформаційної роботи, яку виконує користувач у щоденному житті. Під інформаційною роботою, спираючись на визначення [9], розуміється специфічний вид діяльності, пов'язаний із маніпулюванням інформаційними ресурсами в інформаційних системах. Така діяльність може мати як практичний, так і інтелектуальний характер і здійснюється кожним окремим користувачем індивідуально за допомогою технічних засобів. Вона включає отримання, обробку, використання та передачу інформації з метою забезпечення економічної або соціальної діяльності та підтримки процесу прийняття рішень.

З огляду на постійне зростання складності інформаційної роботи користувачів та обмежені можливості існуючих методів проектування МВІС виникає потреба щодо напрямів їх подальшого удосконалення.

Важливим аспектом розвитку МВІС є висвітлення управлінських та проектних аспектів розробки інформаційних систем, що базуються на сучасних досягненнях у галузі комп'ютерних наук. Різні підходи до проектування та впровадження таких систем, що активно використовуються у сучасних ІТ-проектах, допомагають створювати більш ефективні, гнучкі та адаптивні рішення для користувачів [10,11]. У дослідженні [12] описано підхід до проектування веб-орієнтованих ІС, що забезпечує можливості використання інструментів Web 2.0 і Big Data для швидкого

та спрощеного виявлення, збирання, керування і застосування знань у системах управління знаннями. Проблеми використання різних моделей проектування, таких як каскадні, Agile, Kanban, з використанням адаптивних технологій на основі спринтів, а також орієнтація на гнучкість, швидкість та постійну адаптацію до змін є важливими для забезпечення ефективності проектів у швидко змінюваному середовищі. Особливу увагу слід приділяти технологіям DevOps, мікросервісів і контейнеризації, що сприяють більш швидкому та ефективному впровадженню змін у розроблені інформаційні системи, а також підвищують їх масштабованість і зручність експлуатації [13, 14]. Використання платформи дистанційного навчання Moodle яка забезпечує зручний розширений зворотний зв'язок між викладачами та студентами які використовують мультимедійні інформаційні системи, що підвищує залученість і активність студентів [15, 16].

## 2. Матеріали та методи дослідження

### 2.1. Постановка задачі дослідження та методи її розв'язання

Сучасні мультимедійні веббазовані інформаційні системи функціонують в умовах зростання обсягів мультимедійного контенту та ускладнення інформаційної роботи користувачів. Водночас існуючі підходи до їх проектування недостатньо враховують аспекти персоналізації, адаптивності та поведінкових характеристик користувачів, що знижує ефективність взаємодії з інформаційними ресурсами. У зв'язку з цим виникає наукова задача удосконалення методів розробки МВІС на основі інтеграції адаптивних механізмів, моделі користувача та класифікації систем за характером їх використання.

Для розв'язання поставленої задачі у роботі застосовано комплекс методів, зокрема: системний аналіз та узагальнення наукових підходів – для дослідження існуючих визначень МВІС; методи структурно-функціонального моделювання – для побудови адаптивної моделі системи; методологію IDEF – для формалізації процесів адаптації та взаємодії компонентів системи; методи класифікації – для розробки класифікації МВІС за регулярністю використання.

**Гіпотеза дослідження.** Сучасні МВІС повинні забезпечувати не лише доступ до мультимедійного контенту, але й адаптацію інформаційного середовища до індивідуальних характеристик користувача. Це зумовлює необхідність удосконалення підходів до проектування МВІС шляхом інтеграції механізмів

персоналізації, аналізу поведінкових даних та адаптивної подачі інформації.

## 2.2. Результати та обговорення

Для забезпечення системного уявлення про запропонований підхід до розробки мультимедійних веббазованих інформаційних систем доцільно використати концептуальне моделювання. Такий підхід дозволяє узагальнити ключові компоненти системи та відобразити взаємозв'язки між ними в контексті реалізації адаптивних механізмів.

На рис.1. представлено концептуальну модель адаптивної МВІС, яка відображає основну ідею дослідження. У верхній частині моделі показано Класичний підхід до проектування МВІС, що базується на побудові інформаційної моделі предметної області, та включає опис об'єктів системи (товарів або навчальних модулів), процесів взаємодії користувача із системою (пошук, вибір, замовлення або навчання, тестування), а також правил та обмежень функціонування.

Запропонована архітектура включає модель користувача, яка формується на основі профілю, анкетних даних, потреб і поведінкових характеристик взаємодії з системою. Для комерційних систем застосовується сегментація користувачів, а для навчальних – методи кластеризації. Ключовим елементом моделі є механізм адаптації, який здійснює моніторинг дій користувача, аналіз результатів взаємодії, корекцію параметрів системи та оновлення моделі користувача.

Такий підхід забезпечує динамічну адаптацію МВІС до характеристик користувача і може бути застосований як у навчальних, так і у комерційних МВІС.

Мультимедійні інформаційні системи інтегрують різні типи інформаційних компонентів, які є основою їх функціонування, ці компоненти показано детальніше на табл. 1. Об'єднання цих компонентів в мультимедійних інформаційних системах дозволяє створювати інтерактивні та багатофункціональні платформи, що забезпечують ефективний обмін інформацією та покращують користувацький досвід. Мультимедійні інформаційні системи забезпечують створення і управління складним контентом, сприяючи більш ефективній комунікації і взаємодії між користувачами та інформацією.

На основі проведеного аналізу та розгляду існуючих підходів до визначення мультимедійних інформаційних систем, можна сформулювати наступне визначення:

«Мультимедійні веббазовані інформаційні системи – це клас інформаційних систем, що містять мультимедійний контент і розміщуються на вебсерверах. Такі системи реалізують взаємодію з мультимедійним контентом у мережевому середовищі, забезпечуючи користувачу персоналізацію та комфортну інтерактивну взаємодію, шляхом адаптації структури, змісту та сценаріїв подання інформації залежно від характеристик користувача, умов використання та цілей функціонування системи з використанням класифікації користувачів, сценарного проектування, алгоритмів обробки даних та інструментів штучного інтелекту».



Рис. 1. Концептуальна модель адаптивної МВІС

Таблиця 1

Інформаційні та мультимедійні компоненти, що є основою мультимедійних інформаційних систем

Категорія	Компонент	Опис	Інтеграція/Роль в МІС
Інформаційні компоненти	Дані	Сирі факти та цифри без контексту (числові дані, текстові фрагменти, дати тощо).	Базовий елемент для створення складніших інформаційних структур. Використовуються для генерації мультимедійного контенту.
	Інформація	Організовані дані, що надають значення та контекст.	Перетворення даних в інформацію через графічні інтерфейси, таблиці, діаграми для полегшення інтерпретації.
	Знання	Поєднання інформації, досвіду та розуміння для прийняття рішень.	Впроваджується через інтерактивні функції, як-от рекомендаційні системи, пошукові алгоритми, системи підтримки рішень.
Мультимедійні компоненти	Текст	Основний спосіб передачі інформації в електронному вигляді (статичний або динамічний).	Описує контент, забезпечує пошук та навігацію в системі.
	Зображення	Включають графіку, фотографії, ілюстрації (статичні або анімовані).	Візуалізують інформацію, підкріплюють текстовий контент, покращують користувацький досвід.
	Відео	Рухомі зображення з аудіо (навчальні, інформаційні, розважальні).	Демонструють процеси, забезпечують динамічний контент, підвищують інтуїтивність користувацького інтерфейсу.
	Звук	Аудіо елементи, як-от голосові записи, музика, звукові ефекти.	Підвищують емоційний вплив контенту, створюють динамічний і зрозумілий користувацький досвід.

Запропоноване визначення МВІС є повним і відображає ключові характеристики цього класу систем. Водночас для більш глибокого розуміння їхніх функціональних можливостей доцільно уточнити низку важливих аспектів, які характеризують особливості функціонування МВІС у сучасному цифровому середовищі.

Суттєвою особливістю сучасних МВІС є можливість персоналізації взаємодії з користувачем. Завдяки використанню класифікації користувачів, аналізу поведінкових характеристик та алгоритмів обробки даних система може адаптувати структуру інтерфейсу, зміст інформації та сценарії подання контенту відповідно до потреб користувача, умов використання системи та цілей її функціонування.

Окрему роль МВІС відіграють у комерційному секторі. У сфері електронної комерції вони забезпечують інтерактивні платформи для представлення товарів, маркетингової комунікації та обслуговування клієнтів. Інтеграція текстових описів, зображень, відео та інших мультимедійних елементів дозволяє створювати динамічний контент, що підвищує залученість користувачів та сприяє зростанню продажів.

У контексті сучасної економіки вражень МВІС дозволяють формувати емоційно насичений користувацький досвід. Це вимагає від розробників МВІС

проектування процесів використання інтерактивних презентацій, персоналізованих рекомендацій та мультимедійних сценаріїв взаємодії, що сприяє створенню позитивного сприйняття бренду та підвищує лояльність користувачів.

Таким чином, МВІС треба проектувати як складне інтегроване інформаційне середовище, яке забезпечує управління мультимедійним контентом, інтерактивну взаємодію з користувачами та адаптацію інформаційного простору системи відповідно до індивідуальних характеристик користувача та умов використання. Використання запропонованого визначення дозволяє сформувати цілісну теоретичну основу для дослідження та розробки методів створення МВІС, орієнтованих на забезпечення ефективної взаємодії користувача з мультимедійним контентом у мережевому середовищі.

Під структурно-функціональною моделлю концепції удосконалення методів розробки МВІС розумітимемо систему теоретичних і методологічних поглядів на трактування сутності методів розробки МВІС, а також змісту, цілей і принципів удосконалення методів розробки МВІС, включаючи організаційно-практичні підходи його реалізації для конкретних МВІС і сфер їх використання.

Структурно-функціональну модель концепції удосконалення методів розробки МВІС будемо

формулювати у вигляді переліку положень, які містять локальні гіпотези або твердження стосовно вимог до об'єктів та процесів предметної області, що розкривають сутність принципів, підходів та практик розробки з подальшим обґрунтуванням кожного концептуального положення. В рамках цієї моделі набуло подальшого розвитку положення статті [17] авторів щодо важливого етапу передпроектної стадії розробки МВІС, де необхідно робити детальний аналіз аудиторії споживачів контенту МВІС з подальшою її сегментацією і опису параметрів типових споживачів інформації у кожному сегменті.

Обґрунтування цього положення базується на зміні характеру споживання інформації в сучасному суспільстві. Рішення про те, чи продовжувати читання матеріалу, приймається практично миттєво після відкриття сторінки. У результаті споживання інформації набуває фрагментарного характеру: користувач, який активно взаємодіє із соціальними мережами, працює з великими потоками інформації, надає перевагу візуальним образам і графічному контенту замість тексту, перебуває у постійному інформаційному контакті та характеризується високою активністю і нетерплячістю.

З урахуванням таких змін у поведінці користувачів важливим елементом проектування МВІС стає використання метаспецифікацій – узагальнених вимог до структури, контенту та сценаріїв взаємодії системи. Метаспецифікації виступають як «специфікації для специфікацій», що дозволяють адаптувати проект до змін та коригувати систему відповідно до нових умов без необхідності повного перепроєктування. Для реалізації положення про детальний аналіз аудиторії споживачів контенту пропонується проектувати процес адаптації МВІС, який враховує не лише початкові цілі проектування, але й динамічні зміни середовища та індивідуальні особливості користувачів. На відміну від традиційних лінійних підходів, дана схема передбачає введення метаспецифікацій – узагальнених вимог до структури, контенту та сценаріїв взаємодії, які дозволяють гнучко коригувати МВІС без повного перепроєктування.

З метою формалізації процесу адаптації навчального контенту в освітній мультимедійній веббазованій інформаційній системі запропоновано узагальнену структурно-процесну модель на рис. 2, що відображає повний цикл персоналізації: від аналізу початкових умов і когнітивних характеристик користувача до моніторингу результатів та механізму зворотного зв'язку.

Модель інтегрує блок формування метаспецифікацій, адаптивне проектування структури системи, кластеризацію користувачів за типами інтелекту, генерацію персоналізованого контенту та контур корек-

кції, який забезпечує динамічне оновлення параметрів у разі недосягнення цільових показників ефективності.

Запропонована структурно-процесна модель дозволяє реалізувати замкнений контур адаптації навчального контенту в МВІС, який ґрунтується на постійному аналізі результатів взаємодії користувача із системою. Такий підхід забезпечує динамічне узгодження між характеристиками користувача, параметрами контенту та сценаріями його подання. Важливою перевагою моделі є можливість інтеграції когнітивних, поведінкових та результативних показників у єдину систему прийняття рішень щодо адаптації навчального середовища.

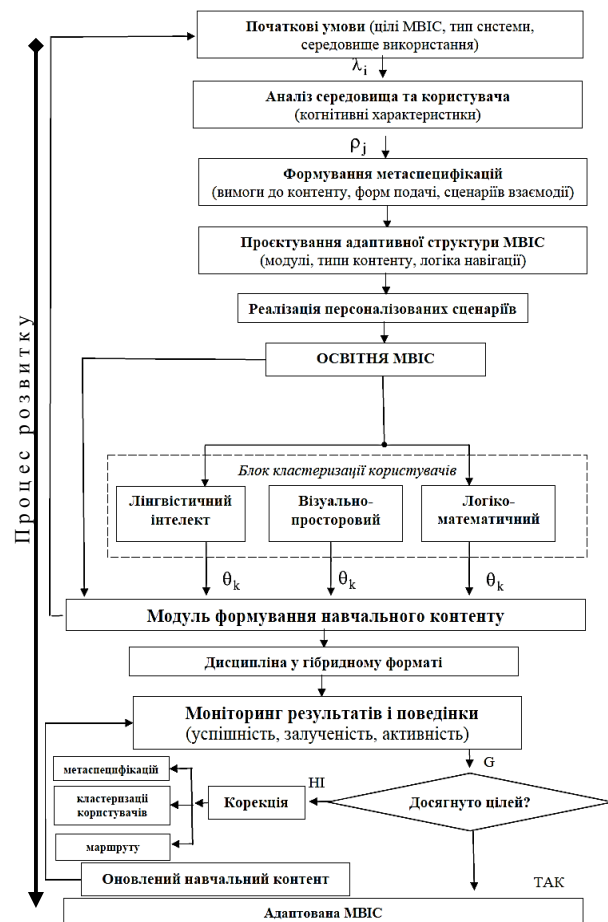


Рис. 2. Структурно-процесна модель адаптації навчального контенту в МВІС

Процес адаптації навчального контенту формалізовано як послідовне перетворення вектора початкових умов  $\lambda_i$  у масив когнітивних характеристик користувача  $p_j$ , що далі трансформуються у кластерну належність  $\theta_k$ . На основі отриманих параметрів формується метаспецифікація  $MS = \langle C, S, I, A \rangle$ , яка визначає структуру та логіку персоналізованого контенту. Компонента  $C$  визначає типи та формат подання

контенту,  $S$  – логіку сценарію та послідовність навчальних дій,  $I$  – особливості інтерфейсу взаємодії, а  $A$  – правила адаптації та переходів між етапами навчання. Кортеж метаспецифікації  $MS = \langle C, S, I, A \rangle$ , який задає конфігурацію персоналізованого навчального середовища, формується на основі вектора когнітивних характеристик (мовних, логіко-математичних, просторово-візуальних, міжособистісних тощо).

Перехід до метаспецифікації є етапом трансформації когнітивного профілю користувача  $p$  у структурні параметри освітньої МВІС. Таким чином, індивідуальні характеристики користувача набувають операціоналізованого вигляду у структурі системи.

На цьому кроці відбувається узгодження когнітивного профілю з дидактичними вимогами дисципліни та цілями навчання. Метаспецифікація виступає формалізованим описом персоналізованої конфігурації МВІС, що визначає параметри навчального маршруту, рівень складності матеріалу, способи взаємодії та механізми контролю успішності. У подальшому саме  $MS$  слугує основою для генерації адаптивного контенту та реалізації механізмів корекції відповідно до результатів моніторингу діяльності користувача.

Моніторинг і корекція

Цей фрагмент описує механізм замкненого адаптивного циклу в МВІС. Після реалізації персоналізованого навчального маршруту система отримує інтегральний показник результативності  $G$ .

Після отримання результатів  $G$ :

$$G = g(\text{успішність, залученість, активність}), \quad (1)$$

де  $G$  – узагальнена функція оцінювання, що агрегує академічні результати (тести, виконання завдань), поведінкові метрики (час роботи, кліки, взаємодії) та рівень залученості. Тобто  $G$  є кількісною характеристикою ефективності поточної метаспецифікації  $MS$ .

Формування інтегрального показника результативності. Для кількісної оцінки ефективності взаємодії користувача з МВІС вводиться інтегральний показник результативності  $G$ , який агрегує академічні результати, поведінкові характеристики та рівень залученості користувача. Формально цей показник можна подати у вигляді функції:

$$G = g(S, A, E), \quad (2)$$

де  $S$  – показник академічної успішності (Success),

$A$  – показник поведінкової активності (Activity),

$E$  – показник залученості користувача (Engagement).

Для об'єднання різнорідних даних доцільно застосувати метод адитивної згортки з попередньою нормалізацією метрик. У цьому випадку інтегральний показник результативності визначається як зважена сума нормалізованих компонентів:

$$G = w_1 \bar{S} + w_2 \bar{A} + w_3 \bar{E}, \quad (3)$$

де  $w_1, w_2, w_3$  – вагові коефіцієнти значущості параметрів, причому:

$$\sum_{i=1}^3 w_i = 1, \quad (4)$$

де  $\bar{S}, \bar{A}, \bar{E}$  – нормалізовані значення відповідних показників.

Академічна успішність. Показник успішності  $S$  базується на результатах навчальної діяльності користувача та відображає рівень засвоєння навчального матеріалу. До основних метрик цього показника належать середній бал, результати підсумкових і поточних тестів, а також відсоток виконаних практичних завдань.

Нормалізація успішності може бути виконана за формулою:

$$\bar{S} = \frac{S_{\text{fact}}}{S_{\text{max}}}, \quad (5)$$

де  $S_{\text{fact}}$  – фактичний результат користувача, а  $S_{\text{max}}$  – максимально можливий результат.

Поведінкова активність вимірюється показником активності  $A$ , що характеризує інтенсивність взаємодії користувача із системою та визначається на основі аналізу цифрових слідів (clickstream data). До відповідних метрик належать загальна кількість кліків, кількість сесій користувача, час перебування у системі, а також кількість переглянутих інформаційних ресурсів (відео, лекцій, документів).

Для формалізації цього показника використовуються частотні індикатори (frequency-based features), які відображають рівень участі користувача у цифровій взаємодії з контентом.

Рівень залученості. Показник залученості  $E$  відображає якісну сторону взаємодії користувача з навчальним середовищем та характеризує ступінь його когнітивної та поведінкової включеності. Як метрики можуть використовуватися участь у додаткових навчальних заходах, виконання тренувальних завдань або квізів, регулярність роботи з контентом та своєчасність виконання завдань.

Під час оцінювання враховуються також темпоральні характеристики взаємодії, зокрема стабільність навчального ритму, відсутність тривалих перерв у роботі та швидкість реагування на нові навчальні матеріали.

Алгоритм обчислення показника.

Процес розрахунку інтегрального показника результативності  $G$  може бути представлений у вигляді такого алгоритму:

1. Збір даних – отримання метрик із журналів

платформи навчання (VLE), систем аналітики та журналів оцінювання.

2. Нормалізація показників – приведення всіх метрик до єдиної шкали значень (наприклад, інтервалу  $[0,1]$ ), що забезпечує їхню порівнюваність.

3. Визначення вагових коефіцієнтів – встановлення значущості кожного компонента залежно від цілей аналізу або особливостей освітнього середовища.

4. Агрегування показників – обчислення інтегрального значення  $G$  як зваженої суми нормалізованих параметрів.

Отриманий інтегральний показник дозволяє не лише оцінити поточний рівень результативності взаємодії користувача з системою, але й використовувати його як інструмент аналітики для раннього виявлення користувачів із низьким рівнем навчальної активності або потенційними ризиками зниження успішності.

Наприклад:

Для ілюстрації розрахунку інтегрального показника результативності розглянемо приклад. Нехай академічна успішність студента становить 80 балів із 100 можливих, тоді нормалізоване значення показника успішності дорівнює:

$$S = \frac{80}{100} = 0.8 \quad (6)$$

Припустимо, що студент працював з навчальними матеріалами 30 хвилин із 40 очікуваних, тому нормалізований показник активності становить:

$$A = \frac{30}{40} = 0.75 \quad (7)$$

Рівень залученості оцінюється за регулярністю виконання додаткових завдань і взаємодії з контентом та, наприклад, дорівнює:

$$E = 0.7 \quad (8)$$

Нехай вагові коефіцієнти компонентів становлять  $w_1 = 0.5$  для успішності,  $w_2 = 0.25$  для активності та  $w_3 = 0.25$  для залученості. Тоді інтегральний показник результативності обчислюється як:

$$G = 0.5 \times 0.8 + 0.25 \times 0.75 + 0.25 \times 0.7 \quad (9)$$

Після виконання обчислення отримуємо:

$$G = 0.76 \quad (10)$$

Отже, інтегральний показник результативності

становить  $G = 0.76$ , що характеризує загальний рівень ефективності взаємодії користувача з системою з урахуванням академічних результатів, активності та залученості.

Наведений приклад має ілюстративний характер і демонструє принцип формування інтегрального показника результативності. У реальній системі склад метрик, їх нормалізація та вагові коефіцієнти можуть змінюватися залежно від особливостей освітнього середовища, типу навчального контенту та цілей аналітики.

Якщо отримане значення нижче встановленого порогу  $G_{(\text{threshold})}$  це означає, що обрана конфігурація навчального середовища не забезпечує досягнення запланованих освітніх цілей. У такому випадку відбувається корекція метаспецифікації:

$$MS' = MS + \Delta C + \Delta S + \Delta I, \quad (11)$$

де  $\Delta C$  – зміни у контенті (рівень складності, формат подання, обсяг матеріалу);

$\Delta S$  – зміни у сценарії (послідовність модулів, додаткові пояснення, мікрокроки);

$\Delta I$  – зміни інтерфейсу (підказки, візуальні акценти, навігація).

Таким чином, система не просто повторює матеріал, а перебудовує конфігурацію навчального процесу відповідно до виявлених слабких місць.

Запропонована модель адаптивної МВІС демонструє логічно завершений цикл персоналізації навчального процесу, що починається з аналізу початкових умов та когнітивних характеристик користувача, переходить до формування метаспецифікації  $MS = \langle C, S, I, A \rangle$ , проектування структури системи та реалізації персоналізованого контенту, і завершується етапом моніторингу результатів із подальшою корекцією параметрів

З метою формалізації запропонованого методу персоналізації навчального контенту побудовано функціональну модель процесу адаптації МВІС засобами методології IDEF0.

Контекстна діаграма відображає інтегрований процес адаптації навчального контенту з урахуванням вхідних даних, керуючих впливів, механізмів реалізації та вихідних результатів функціонування системи.

Вхідними параметрами виступають дані користувача, навчальні матеріали дисципліни та логи взаємодії (дії, які відбуваються між користувачем і системою), тоді як керуючі впливи формуються цілями МВІС, освітніми стандартами, методикою персоналізації та метаспецифікацією  $MS$ .

Результатом функціонування процесу є формування персоналізованого маршруту, адаптованого

контенту, оновлених метаспецифікацій та аналітичного звіту про ефективність.

Контекстну IDEF0-модель процесу адаптації навчального контенту в MBIC подано на рис. 3.

Для деталізації внутрішньої логіки функціонування системи виконано декомпозицію контекстного блоку А-0 на підпроцеси А1–А6 відповідно до стандарту IDEF0, рис. 4.

Декомпозиція дозволяє структуровано відобразити послідовність реалізації адаптивної логіки – від аналізу когнітивного профілю користувача до моніторингу результатів та корекції параметрів персоналізації.

З метою деталізації внутрішньої структури даної функції виконано її декомпозицію відповідно до стандарту IDEF0.

Формування метаспецифікації здійснюється поетапно та включає:

- визначення правил формування контенту (С) з урахуванням кластера користувача, освітніх стандартів та дисципліни;
- розробку сценарних параметрів (S), що описують логіку навчального наративу;
- формування параметрів інтерфейсу (I), орієнтованих на когнітивні особливості користувача;
- побудову правил адаптації (А), які забезпечують динамічну зміну параметрів системи залежно від результатів взаємодії.

Декомпозицію функції А3 «Формування метаспецифікацій навчального контенту» подано на рис. 5.

Для забезпечення замкненого контуру адаптації в структурі навчальної MBIC передбачено функцію корекції параметрів персоналізації на основі результатів моніторингу ефективності.

Функція А6 реалізує механізм зворотного зв'язку, що дозволяє системі самостійно оновлювати метаспецифікації та параметри адаптації відповідно до досягнутих результатів навчальної діяльності.

Результатом виконання даної функції є формування оновленої метаспецифікації MS', скоригованого профілю користувача та адаптованого маршруту навчання. Декомпозицію функції А6 «Корекція параметрів адаптації» подано на рис. 6.

Таким чином, функція корекції параметрів адаптації виступає ключовим елементом інтелектуалізації MBIC, оскільки забезпечує узгодження між цілями навчання, поточними результатами користувача та параметрами навчального середовища. Це створює передумови для підвищення ефективності навчального процесу та якості взаємодії користувача з мультимедійним контентом.

Для персоналізації взаємодії у комерційній MBIC запропоновано модель адаптації, що поєднує AI-комунікацію, мікроопитування, сегментацію користувачів і систему рекомендацій товарів та відеоконтенту.

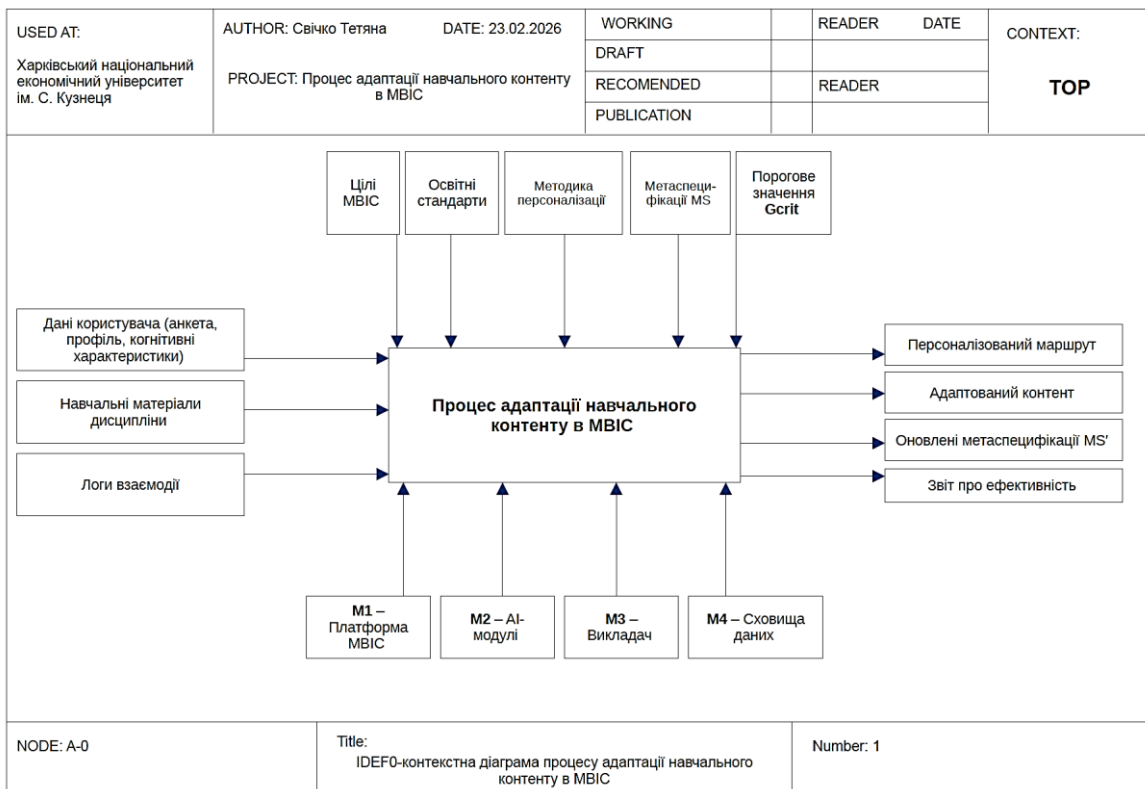


Рис. 3. IDEF0-контекстна діаграма процесу адаптації навчального контенту в MBIC

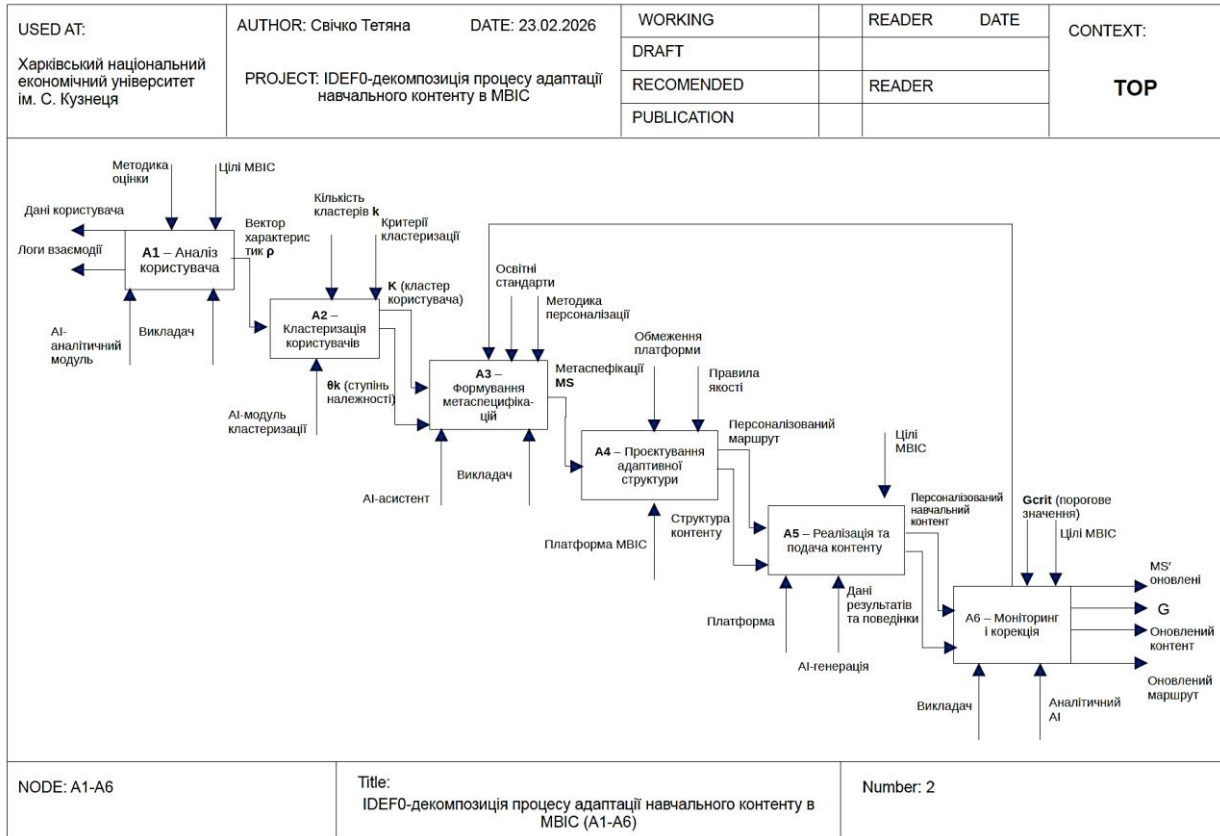


Рис. 4. IDEF0-декомпозиція процесу адаптації навчального контенту в MBIC (A1-A6)

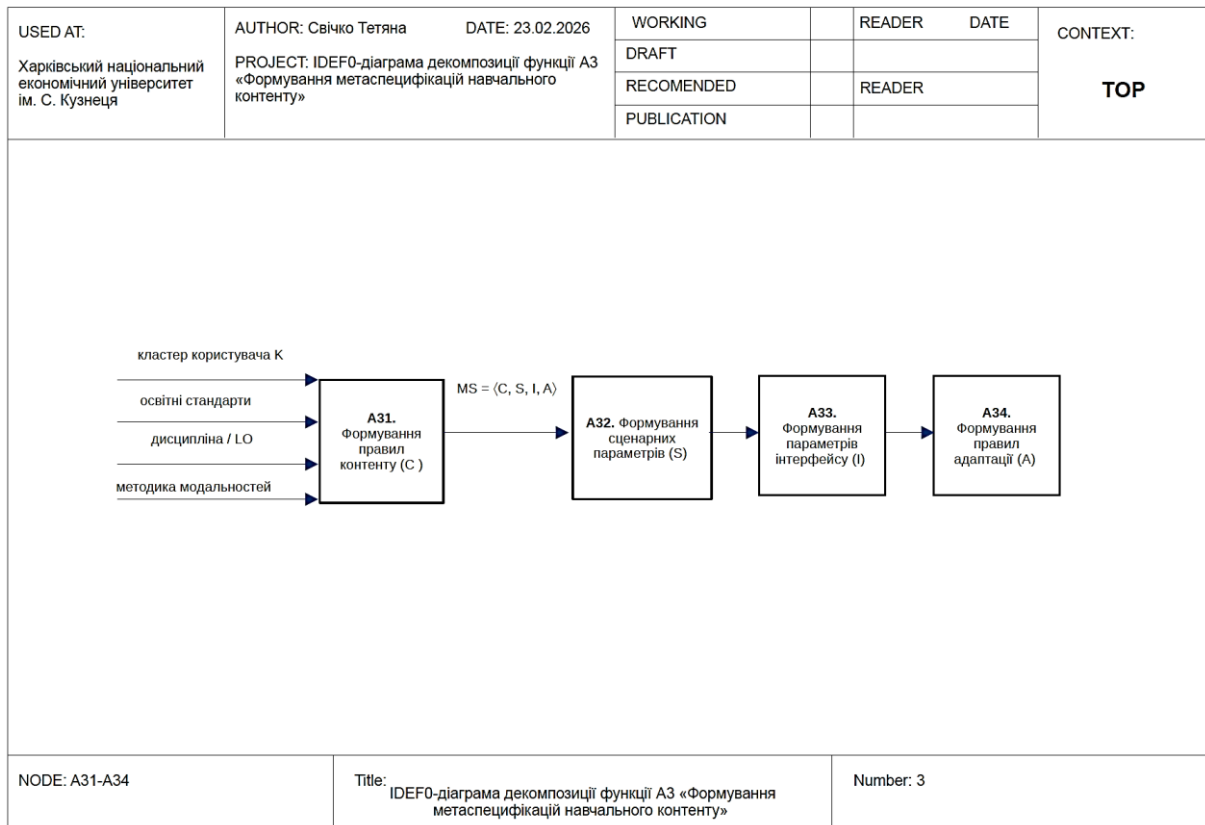


Рис. 5. IDEF0-діаграма декомпозиції функції A3 «Формування метаспецифікацій навчального контенту»

USED AT: Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця	AUTHOR: Свічко Тетяна      DATE: 23.02.2026  PROJECT: IDEF0-діаграма декомпозиції функції A6 «Корекція параметрів адаптації»	WORKING		READER	DATE	CONTEXT:  <b>TOP</b>
		DRAFT				
		RECOMENDED		READER		
		PUBLICATION				
NODE: A61-A64	Title: IDEF0-діаграма декомпозиції функції A6 «Корекція параметрів адаптації»		Number: 4			

Рис. 6. IDEF0-діаграма декомпозиції функції A6 «Корекція параметрів адаптації»

Модель формує поведінковий профіль споживача через короткі інтерактивні запитання та звужує множину релевантних товарів, забезпечуючи перехід від масової демонстрації асортименту до персоналізованої вітрини.

На рис.7 представлено модель адаптації MBIC комерційного сектору, орієнтовану на персоналізацію товарної пропозиції шляхом інтерактивної взаємодії зі споживачем.

Процес ініціюється блоком початкових умов, що задаються вектором параметрів:

$$\lambda = \{\text{катег. товарів, асорт.}\}, \quad (12)$$

Далі активується модуль AI-комунікації (інтелектуальний агент), який реалізує мікро-опитування користувача (2–5 коротких питань). Результатом є формування часткового профілю споживача у вигляді когнітивно-поведінкового вектора:

$$\rho_i = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, \quad (13)$$

де  $x_1$  – мета використання,  $x_2$  – інтерес,  $x_3$  – цінова чутливість,  $x_4$  – стратегія.

На основі  $\rho_i$  формується типовий портрет споживача K та відповідний вектор споживача:

$$\theta_p = f(\rho_i), \quad (14)$$

який використовується для поступового звуження множини товарів.

У межах системи реалізується сегментація споживачів за типами поведінки:

- $K_1$  – раціональний споживач,
- $K_2$  – емоційний споживач,
- $K_3$  – споживач швидкого рішення.

Для кожного сегмента формується параметр:

$$\theta_k, \quad (15)$$

який визначає логіку відображення товарів та тип емоційного відеоконтенту.

Модуль рекомендацій. На основі  $\theta_p$  та  $\theta_k$  функціонує модуль рекомендацій товару (персоналізована вітрина):

$$T_{\text{filtered}} = F(T, \theta_p, \theta_k), \quad (16)$$

де T – множина товарів.

Паралельно формується персоналізований емоційний відеоконтент за допомогою AI:

$$V = G_{AI}(T_{\text{filtered}}, K), \quad (17)$$

Моніторинг результатів. Після взаємодії споживача з контентом система здійснює моніторинг:

$$G = g(c, t, r, o), \quad (18)$$

– це агрегований показник результативності взаємодії споживача з персоналізованим товаром і відеоконтентом.

Де:

$c$  – кількість кліків;

$t$  – час перегляду;

$r$  – конверсія (response rate);

$o$  – кількість замовлень.

Тоді:

– якщо  $G \geq G_{krit}$  – адаптація вважається успішною (цілі досягнуті);

– якщо  $G < G_{krit}$  – запускається блок корекції, де  $G_{krit}$  – це порогове значення функції ефективності, яке задається бізнес-стратегією або політикою оптимізації та визначає момент переходу системи до стану стабілізованої адаптації.

Запропонована модель процесу адаптації МВІС для комерційного сектору, зображена на рис. 7, реалізує поетапний механізм персоналізованої взаємодії зі споживачем через модуль AI-комунікації та систему мікроопитувань.

На основі відповідей користувача формується типовий портрет і вектор характеристик споживача, що дозволяє здійснювати поступове звуження множини товарів та сегментацію за поведінковими типами (раціональний, емоційний, швидке прийняття рішення). Отриманий сегмент визначає конфігурацію модуля рекомендацій та вибір емоційного відеоконтенту, що забезпечує персоналізовану вітрину товарів і підвищення релевантності комунікації.

Ефективність адаптації оцінюється через узагальнений показник  $G$ , що агрегує параметри взаємодії (кліки, час перегляду, конверсію, замовлення) та порівнюється з критичним значенням  $G_{krit}$ . У разі недосягнення встановленого порогу система активує блок корекції, який уточнює сегментацію, рекомендаційну логіку та параметри контенту.

Таким чином, модель формує замкнений контур адаптації «споживач – товар – відеоконтент», що забезпечує динамічне налаштування комерційної МВІС відповідно до поведінкових характеристик користувача та стратегічних цілей продажу.

З метою формалізації процесу персоналізації контенту в МВІС комерційного спрямування побудовано функціональну модель процесу адаптації засобами методології IDEF0.

Контекстну модель процесу адаптації контенту в комерційній МВІС подано на рис. 8.

Декомпозицію процесу адаптації контенту в комерційній МВІС подано на рис. 9.

Для деталізації внутрішньої логіки функціонування комерційної МВІС виконано декомпозицію контекстного блоку А-0 на підпроцеси А1–А6 відповідно до стандарту IDEF0.

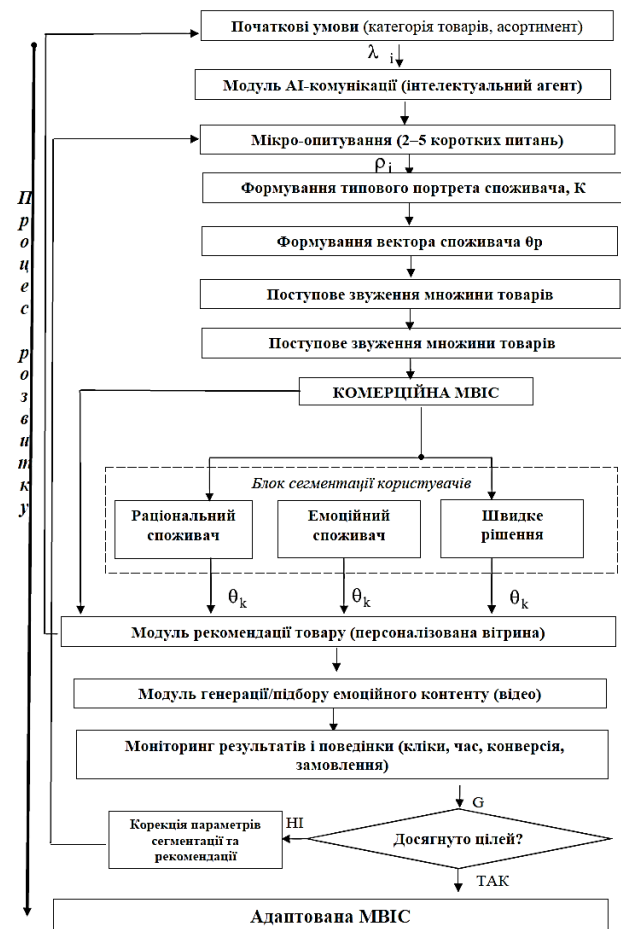


Рис. 7. Структурно-процесна модель адаптації контенту в комерційній МВІС

Основні характеристики сучасних поколінь дорослих українців відрізняються множиною універсальних поколінських цінностей. Так, для покоління X характерними є адаптивність, гнучкість, ігнорування авторитетів, індивідуалізм, прагнення до свободи та можливості вибору, творча самореалізація, цілеспрямованість і орієнтація на сім'ю. Для покоління Y притаманні інші ціннісні орієнтири, зокрема наївність, висока самооцінка, впевненість у собі, моральність, оптимізм, позитивність, відчуття громадянського обов'язку, патріотизм, відповідальність, комунікабельність, публічність, здатність до підпорядкування та потреба в швидкому отриманні винагороди. Такі особливості ціннісних орієнтацій і поведінкових моделей різних поколінь безпосередньо впливають на характер їхньої взаємодії з інформаційними системами, що зумовлює доцільність введення додаткової характеристики – регулярності використання мультимедіа.

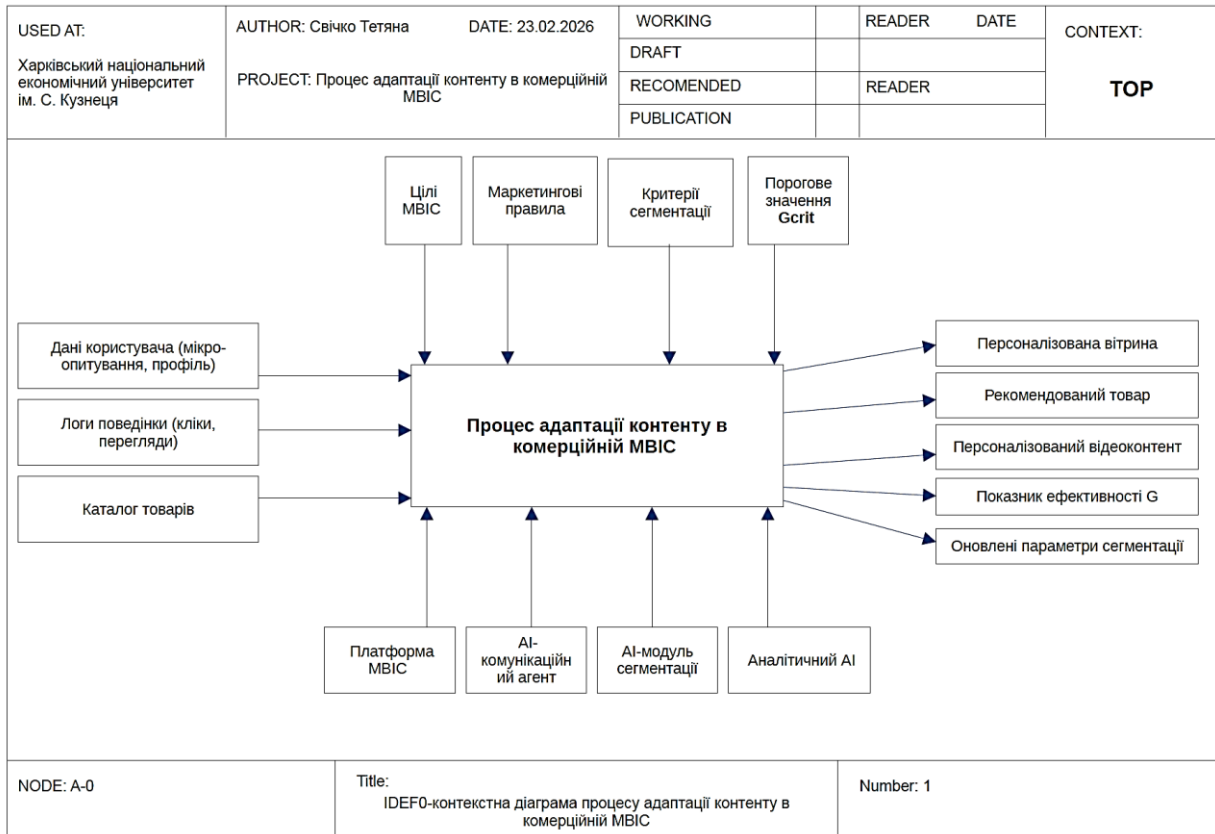


Рис. 8. IDEF0-контекстна діаграма процесу адаптації контенту в комерційній MBIC

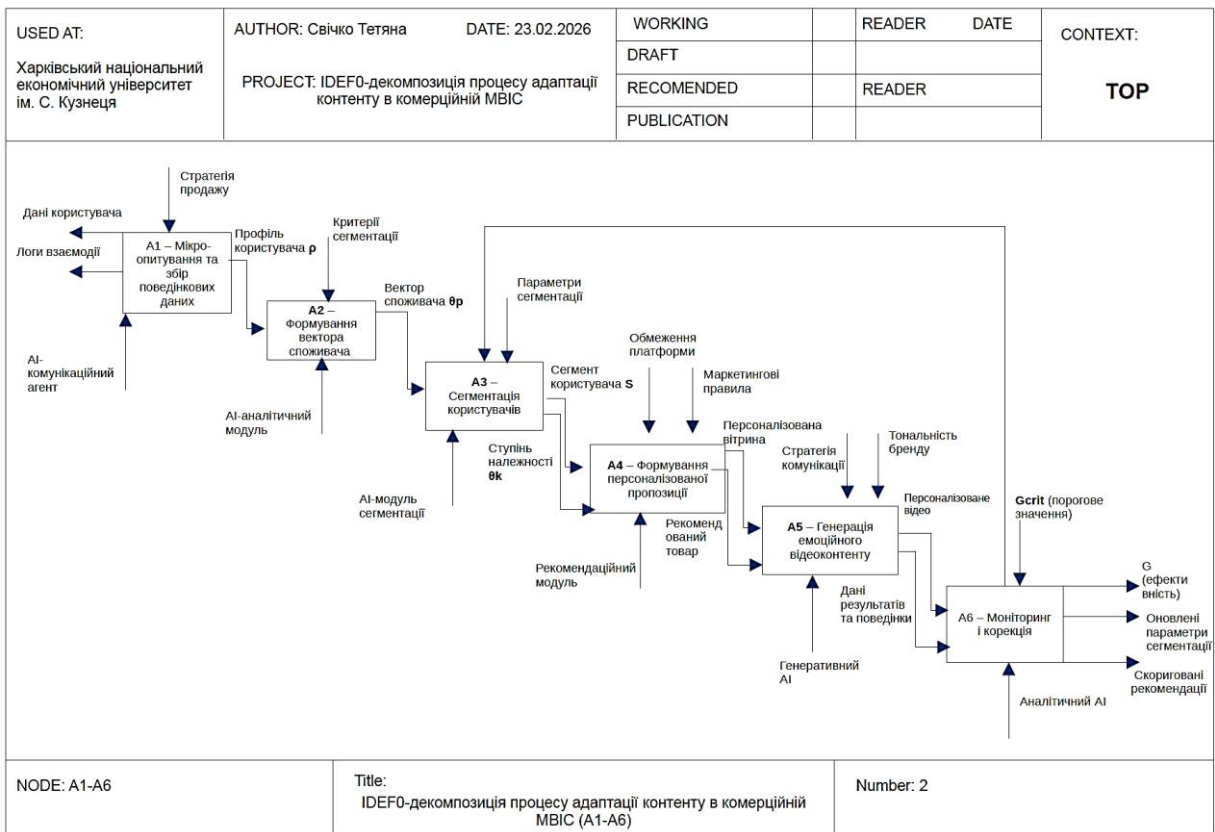


Рис. 9. IDEF0-декомпозиція процесу адаптації контенту в комерційній MBIC (A1-A6)

дійних інформаційних систем, яка може суттєво вдосконалити процес їх класифікації та глибше розкрити особливості функціонування.

Регулярність використання визначається частотою та стабільністю взаємодії користувачів з інформаційними системами протягом певного проміжку часу. Такий показник є важливим для оцінювання стратегічного значення інформаційних систем для організації, а також може свідчити про їхню роль і значущість у повсякденній діяльності користувачів та компаній. Оскільки класифікація інформаційних систем за регулярністю використання є новим ідеєю, в даній роботі пропонується наступна класифікація на основі частоти використання (рис. 10.):

1) регулярно використовувані мультимедійні інформаційні системи;

2) ситуативно використовувані мультимедійні інформаційні системи;

Ці системи використовуються лише тоді, коли виникає певна ситуація або потреба.

3) періодично використовувані мультимедійні інформаційні системи:

Це системи, які використовуються з періодичністю, але не на постійній основі. Наприклад, система бухгалтерського обліку, яку використовують щомісяця для формування фінансових звітів. Випадково використовувані інформаційні системи:

Ці системи використовуються лише в разі виникнення надзвичайних або випадкових ситуацій. Наприклад, система для відновлення даних після аварії на сервері.

Ситуативні інформаційні системи займають особливе місце в сучасному цифровому середовищі, оскільки вони відповідають на потребу в миттєвій ін-

формації та реагують на конкретні ситуації або потреби користувачів.

Особливо важливо розглядати їх детальніше, оскільки виникає необхідність удосконалення методів проектування мультимедійних інформаційних систем, зокрема ситуативних.

Термін «ситуативні інформаційні системи» вказує на класифікацію інформаційних систем за ознакою їх використання в конкретних ситуаціях або обставинах. Ці системи призначені для вирішення конкретних завдань або потреб у певний момент часу, після чого їх основна мета вичерпується, і вони не використовуються більше.

## Висновки

У статті досліджено теоретичні та методичні аспекти проектування МВІС у контексті зростання складності інформаційної взаємодії користувачів із цифровими ресурсами. Проведений аналіз наукових підходів до трактування поняття МВІС дозволив встановити, що існуючі визначення переважно зосереджені на окремих технічних або функціональних характеристиках систем і недостатньо враховують особливості вебсередовища, персоналізації та інтерактивної взаємодії користувачів із мультимедійним контентом.

У результаті дослідження запропоновано уточнене визначення МВІС систем як класу інформаційних систем, що функціонують у мережевому середовищі, інтегрують мультимедійний контент і забезпечують персоналізовану інтерактивну взаємодію користувача з інформацією шляхом адаптації структури, змісту та сценаріїв подання даних відповідно

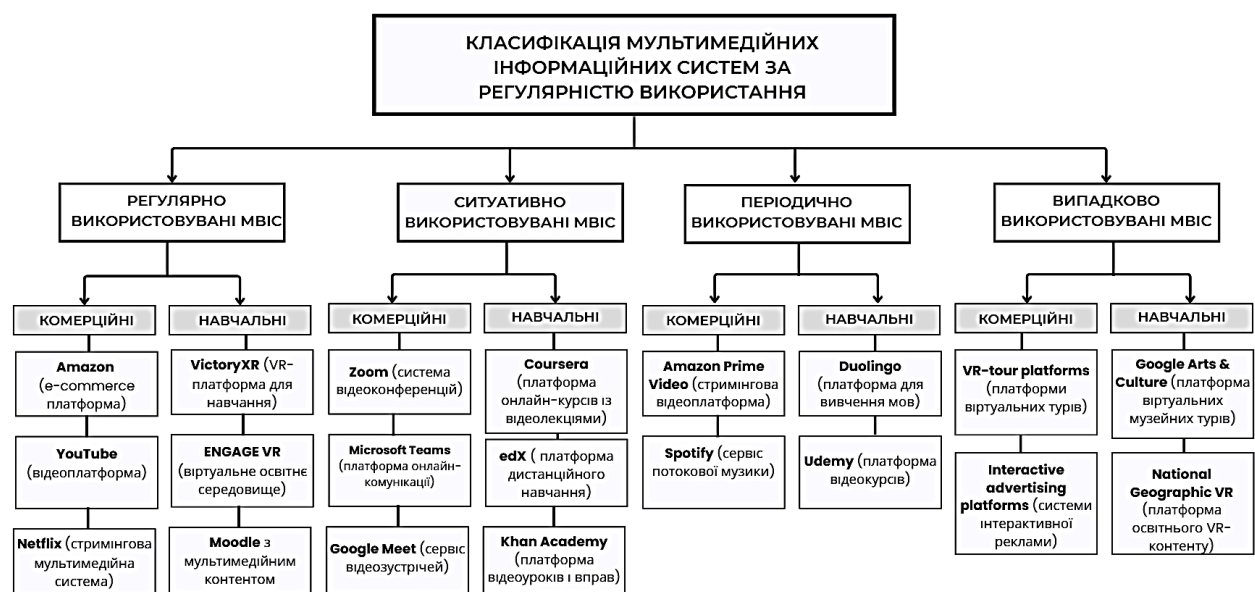


Рис. 10. Запропонована класифікація мультимедійних інформаційних систем за регулярністю використання та деякі приклади на основі відомих МІС

до характеристик користувача, умов використання та цілей функціонування системи. У роботі розроблено концептуальну структурно-функціональну модель адаптивної МВІС, яка включає інформаційну модель предметної області, модель користувача, адаптивний інтерфейс і механізм адаптації системи. Запропонований підхід дозволяє реалізувати персоналізацію структури та подачі контенту на основі профільних характеристик користувача, поведінкових даних і результатів взаємодії із системою.

Для формалізації процесів функціонування та адаптації МВІС застосовано методологію функціонального моделювання IDEF, що дало змогу структуровано описати основні процеси обробки інформації, взаємодії користувача із системою та механізми адаптації інтерфейсу і контенту.

Крім того, у роботі запропоновано класифікацію мультимедійних інформаційних систем за регулярністю використання, яка передбачає виділення регулярно використовуваних, ситуативних, періодично використовуваних та випадково використовуваних систем. Запропонована класифікація дозволяє врахувати поведінкові особливості користувачів під час проектування МВІС та оптимізувати структуру взаємодії з мультимедійним контентом залежно від характеру використання системи.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення запропонованої моделі адаптації за рахунок інтеграції методів штучного інтелекту та машинного навчання, а також на експериментальну перевірку ефективності розроблених підходів у навчальних і комерційних мультимедійних веббазованих інформаційних системах. Перспективним є також дослідження впливу когнітивних характеристик користувачів на процеси персоналізації та розробка адаптивних механізмів підтримки прийняття рішень у МВІС.

**Внесок авторів:** огляд та аналіз інформаційних джерел – **О. І. Пушкар, Т. О. Свічко**; формулювання мети і постановка задач дослідження – **О. І. Пушкар, Т. О. Свічко**; проведення математичного моделювання – **Т. О. Свічко**; побудова IDEF0-діаграм – **Т. О. Свічко**; аналіз результатів дослідження – **О. І. Пушкар, Т. О. Свічко**; формулювання висновків – **О. І. Пушкар, Т. О. Свічко**; написання статті – **О. І. Пушкар, Т. О. Свічко**.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо цього дослідження, фінансового, особистого, авторського чи іншого, який міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в цій статті.

### Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

### Доступність даних

Рукопис не має пов'язаних даних.

### Використання засобів штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Усі автори прочитали та погодилися з опублікованою версією рукопису.

### Література

1. González-Zamar, M.-D. *Implications of virtual reality in arts education: Research analysis in the context of Higher Education [Text]* / M.-D. González-Zamar, & E. Abad-Segura // *Education Sciences*. – 2020. – Vol. 10, no. 9. – Article No. 225. DOI: 10.3390/educsci10090225.
2. *Effectiveness of virtual reality-based instruction on students learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis [Text]* / Z. Merchant, E. T. Goetz, L. Cifuentes, W. Keeney-Kennicutt, & T. J. Davis // *Computers & Education*. – 2014. – Vol. 70. – P. 29–40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.
3. *Multimedia Systems: Content-Based Indexing and Retrieval [Text]* / F. Bashir, S. Khanvilkar, A. Khokhar, & D. Schonfeld // *The Electrical Engineering Handbook*. – Academic Press, 2005. – P. 379–400. DOI: 10.1016/B978-012170960-0/50032-3.
4. Angelides, M. C. *Multimedia Information Systems [Text]* / M. C. Angelides, & S. Dustdar. – New York : Springer, 1997. – 398 p.
5. Hoogeveen, M. *Toward a Theory of the Effectiveness of Multimedia Systems [Text]* / M. Hoogeveen // *International Journal of Human-Computer Interaction*. – 1997. – Vol. 9. – P. 151–168. DOI: 10.1207/s15327590ijhc0902\_4.
6. *Human-Computer Interaction: Enhancing User Experience in Interactive Systems [Text]* / R. Pushpakumar, K. Sanjaya, S. Rathika [et al.] // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 399. DOI: 10.1051/e3sconf/202339904037.
7. Nguyen, N. T. *Advances in Multimedia and Network Information System Technologies [Text]* / N. T. Nguyen, A. Zgrzywa, & A. Czyżewski. – Berlin : Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-14989-4.
8. *Effects of incorporating AR into a board game on learning outcomes and emotions in health education [Text]* / H. C. K. Lin, Y. H. Lin, Y. M. Huang [et al.] // *Electronics (Switzerland)*. – 2020. – Vol. 9, no. 11. – P. 1–15. DOI: 10.3390/electronics9111752.

9. Пушкар, О. І. Управління інформаційною діяльністю підприємств в економіці знань [Текст] : монографія / О. І. Пушкар, С. О. Назарова, К. С. Сібилев. – Харків : ХНЕУ, 2012. – 560 с.

10. Лавренюк, В. Альберт Ейнштейн та медіація [Електронний ресурс] / В. Лавренюк. – Режим доступу: [https://protocol.ua/ua/albert\_eynshteyn\_ta\_mediatsiya\_1/](https://protocol.ua/ua/albert\_eynshteyn\_ta\_mediatsiya\_1/) (дата звернення: 23.01.2026).

11. Golhani, K. Utilization of open-source Web GIS to strengthen climate change informatics for agriculture [Text] / K. Golhani, A. S. Rao, & J. C. Dagar // *Climate Change Modelling, Planning and Policy for Agriculture*. – Springer India, 2015. – P. 87–91. DOI: 10.1007/978-81-322-2157-9\_10.

12. Schewe, K. D. Systematic Development of Web Information Systems [Text] / K. D. Schewe, & B. Thalheim // *Design and development of Web information systems*. – Springer, 2019. – P. 471-529. DOI: 10.1007/978-3-662-58824-6\_13.

13. Orenga-Roglá, S. Methodology for the implementation of knowledge management systems 2.0 [Text] / S. Orenga-Roglá, & R. Chalmeta // *Business & Information Systems Engineering*. – 2019. – Vol. 61, no. 2. – P. 195–213.

14. Kniberg, H. Scrum and Kanban: making the most of it [Text] / H. Kniberg, & M. Skarin. – Stockholm : C4 Media Inc., 2010.

15. Sutherland, J. Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time [Text] / J. Sutherland. – New York : Crown Business, 2016.

16. The Challenges of Implementing Agile Scrum in Information Systems Project [Text] / M. Ma'arif, S. M. Shahar, M. F. H. Yusof, & H. Safie // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – 2018.

17. Пушкар, О. І. Концепція удосконалення методів проектування мультимедійних веббазованих інформаційних систем [Text] / О. І. Пушкар, Т. О. Свічко // *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. – 2025. – № 1. – С. 167–182. DOI: 10.32782/tnv-tech.2025.1.16.

## References

1. González-Zamar, M.-D., & Abad-Segura, E. Implications of virtual reality in arts education: Research analysis in the context of Higher Education. *Education Sciences*, 2020, vol. 10, no. 9, p. 225. DOI: 10.3390/educsci10090225.

2. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis.

*Computers & Education*, 2014, vol. 70, pp. 29–40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.

3. Bashir, F., Khanvilkar, S., Khokhar, A., & Schonfeld, D. *Multimedia Systems: Content-Based Indexing and Retrieval*. In: Chen, W.-K. (ed.) *The Electrical Engineering Handbook*. Academic Press, 2005, pp. 379–400. DOI: 10.1016/B978-012170960-0/50032-3.

4. Angelides, M. C., & Dustdar, S. *Multimedia Information Systems*. New York: Springer, 1997. 398 p.

5. Hoogeveen, M. Toward a Theory of the Effectiveness of Multimedia Systems. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1997, vol. 9, pp. 151–168. DOI: 10.1207/s15327590ijhc0902\_4.

6. Pushpakumar, R., Sanjaya, K., Rathika, S., Alawadi, A., Khamdamova, M., Venkatesh, S., & Rajalakshmi, B. Human-Computer Interaction: Enhancing User Experience in Interactive Systems. *E3S Web of Conferences*, 2023, vol. 399. DOI: 10.1051/e3sconf/202339904037.

7. Nguyen, N. T., Zgrzywa, A., & Czyżewski, A. *Advances in Multimedia and Network Information System Technologies*. Berlin: Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-14989-4.

8. Lin, H. C. K., Lin, Y. H., Huang, Y. M., Wang, T. H., & Su, L. K. Effects of incorporating AR into a board game on learning outcomes and emotions in health education. *Electronics*, 2020, vol. 9, no. 11, pp. 1–15. DOI: 10.3390/electronics9111752.

9. Pushkar, O. I., Nazarova, S. O., Sibilev K. S. Upravlinnia informatsiinoiu diia-lnistiu pidpriemstv v ekonomitsi znan [Management of information activity of enterprises in the knowledge economy]. *Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh, aspirantiv ta studentiv "Informatsiini tekhnolohii v suchasnomu sviti: doslidzhennia molodykh vchenykh"*, Kharkiv, HNEU, 2012. 560 p. (In Ukrainian).

10. Lavreniuk, V. *Al'bert Eynshteyn ta mediatsiya* [Albert Einstein and mediation]. Available at: [https://protocol.ua/ua/albert\_eynshteyn\_ta\_mediatsiya\_1/](https://protocol.ua/ua/albert\_eynshteyn\_ta\_mediatsiya\_1/) (accessed 23 January 2026).

11. Golhani, K., Rao, A. S., & Dagar, J. C. Utilization of open-source Web GIS to strengthen climate change informatics for agriculture. In: *Climate Change Modelling, Planning and Policy for Agriculture*. Springer, 2015, pp. 87–91. DOI: 10.1007/978-81-322-2157-9\_10.

12. Schewe, K. D., & Thalheim, B. Systematic Development of Web Information Systems. In: *Design and development of Web information systems*, Springer, 2019, pp. 471-529. DOI: 10.1007/978-3-662-58824-6\_13.

13. Orenga-Roglá, S., & Chalmeta, R. Methodology for the implementation of knowledge management

systems 2.0. *Business & Information Systems Engineering*, 2019, vol. 61, no. 2, pp. 195–213.

14. Kniberg, H., & Skarin, M. *Scrum and Kanban: making the most of it*. Stockholm: C4 Media Inc., 2010.

15. Sutherland, J. *Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. New York: Crown Business, 2016.

16. Ma'arif, M., Shahar, S. M., Yusof, M. F. H., & Safie, H. The challenges of implementing Agile Scrum

in information systems project. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2018.

17. Pushkar, O. I., & Svichko T. O. Kontsepsiia udosko-nalennia metodiv proektuvannia multymedii-nykh vebbazovanykh informatsiinykh system [Concept of improving methods for designing multimedia web-based information systems]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Series: Technical sciences*, 2025, no. 1, pp. 167–182. DOI: 10.32782/tnv-tech.2025.1.16. (In Ukrainian).

Отримано 02.01.2026, отримано у доопрацьованому вигляді 10.02.2026

Дата ухвалення 15.04.2026, дата публікації 24.04.2026

## STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL OF THE CONCEPT FOR IMPROVING METHODS OF MULTIMEDIA WEB-BASED INFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT

*Oleksandr Pushkar, Tetiana Svichko*

The research **focuses on** the processes of development and functioning of multimedia web-based information systems (MWIS) under conditions of increasing volumes of multimedia data and growing complexity of user information activities. The **goal** is to improve theoretical and methodological approaches to MWIS design by formulating a generalized definition, developing an adaptive model, and classifying systems based on usage regularity. The **tasks** include analyzing existing approaches to defining MWIS; to substantiate a generalized definition of this class of systems; to develop a structural and functional model of an adaptive MWIS; to formalize adaptation and personalization processes; and to propose a classification of MWIS based on the regularity of their use. The research methodology includes system analysis, the generalization of scientific approaches, and structural and functional modeling methods, in particular the IDEF methodology. The following results were obtained: an analysis of scientific approaches to the interpretation of multimedia web-based information systems was performed, and the necessity of forming a generalized definition was substantiated. MWIS are defined as a class of information systems that operate in a network environment, integrate multimedia content, and provide personalized interactive user interaction with information. A conceptual structural and functional model of an adaptive MWIS has been developed, combining a domain information model, a user model, an adaptive interface, and a dynamic adaptation mechanism. The model considers the user profile, behavioral characteristics, and interaction results, enabling personalized content delivery in both educational and commercial systems. Using the IDEF methodology, adaptation processes and relationships between system components were formalized. A classification of MWIS based on usage regularity is proposed, including regularly used, situational, periodic, and randomly used systems. **Conclusions.** The scientific novelty of the obtained results is as follows: 1) a structural and functional model of an adaptive multimedia web-based information system (MWIS) has been proposed, which incorporates the user profile, behavioral characteristics, and interaction results to enable dynamic content adaptation; furthermore, the methods for formalizing the processes of adaptation and personalization of multimedia content based on the IDEF methodology have been further developed 2) the definition of MWIS has been refined, and a classification of MWIS based on the regularity of their use has been proposed, which enhances the efficiency of their design and operation.

**Keywords:** multimedia web-based information systems; MWIS; information systems; personalization; adaptive interface; multimedia content; IDEF0 functional modeling; clustering.

**Пушкар Олександр Іванович** – д-р екон. наук, проф., зав. каф. мультимедійних систем і технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Харків, Україна.

**Свічко Тетяна Олександрівна** – асп. каф. мультимедійних систем і технологій, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Харків, Україна.

**Oleksandr Pushkar** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Multimedia Systems and Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, e-mail: aipvt@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3592-3684.

**Tetiana Svichko** – PhD student, Department of Multimedia Systems and Technologies, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv, Ukraine, e-mail: tanushkach.2011@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1303-6319.