

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
(повна назва)

Кафедра Медіасистеми та технології  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

Дослідження вимог до інструментів створення мультимедійного контенту  
(тема)

Виконав:  
здобувач 2 року навчання  
групи ТЕМВм-24-1


  
Максим ГЕРУН  
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
(код і повна назва спеціальності)

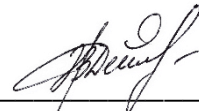
Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма

Технології електронних мультимедійних видань

Керівник   
доц. Павло КОЗУБ  
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту  
Завідувач кафедри МСТ

  
(підпис)

Жанна ДЕЙНЕКО  
(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
Кафедра Медіасистеми та технології  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Технології електронних мультимедійних видань  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри МСТ



(підпис)

« 03 » листопада 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Геруну Максиму Вікторовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження вимог до інструментів створення мультимедійного контенту

затверджена наказом по університету від 03 листопада 2025 р. № 989 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 20 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Національні та міжнародні стандарти оцінки якості веб-сайтів; Методи та принципи побудови інтерфейсу користувача; Вихідні дані до друкарського видання; тощо


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ; 1 Огляд предметної області та аналіз джерел; 2 запропонована методика дослідження; 3 Реалізація методу дослідження; 4 Економічна частина; Висновки; Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Вступ; Огляд предметної області дослідження; Огляд джерел за темою дослідження; Визначення альтернативних для порівняння; Постановка задачі дослідження; Критерії оцінювання; Результати оцінювання; Економічна частина; Висновки.

6. Консультанти розділів роботи


Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доц. Козуб П.А.		20.12.2025
Економічна частина	доц. Потій О.О.		16.12.2025

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**


№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	05.11.2025	виконано
2	Огляд предметної області	12.11.2025	виконано
3	Огляд джерел за темою дослідження	18.11.2025	виконано
4	Постановка задачі дослідження	23.11.2025	виконано
5	Експериментальна частина	28.11.2025	виконано
6	Узагальнення результатів	30.11.2025	виконано
7	Економічна частина	02.12.2025	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	04.12.2025	виконано
9	Оформлення графічної частини	05.12.2025	виконано

Дата видачі завдання 03 листопада 2025 р.

Здобувач

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

доц. Павло КОЗУБ  
(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 64 с., 9 табл., 14 рис., 18 джерел.

**МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ КОНТЕНТ, ІНСТРУМЕНТИ СТВОРЕННЯ КОНТЕНТУ, ВИМОГИ, UI, UX, ЮЗАБІЛІТІ, ІНТЕРАКТИВНІСТЬ, НАУКОВИЙ КОНТЕНТ, ПЕДАГОГІЧНА ЦІННІСТЬ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ.**

Метою кваліфікаційної роботи є визначення вимог і критеріїв оцінювання сучасних інструментів для створення мультимедійного контенту, що використовується у наукових та освітніх матеріалах. Робота передбачає аналіз предметної області, огляд джерел і наявних рішень, а також формування системи критеріїв для подальшого порівняння та оцінювання інструментів.

Об'єктом дослідження є процес створення та обробки мультимедійного контенту в цифровому середовищі. Предметом дослідження є вимоги до інструментів мультимедійного контенту та критерії їх оцінювання, зокрема функціональні можливості, зручність інтерфейсу, сумісність форматів, продуктивність і стабільність роботи.

У роботі виділено специфічні критерії, важливі для наукового контенту: інтерактивність, підтримка наукових даних і візуалізацій (у тому числі 3D), а також педагогічну цінність як здатність інструмента забезпечувати наочне й дидактично ефективне пояснення складних понять. Практичне значення роботи полягає у використанні сформованих вимог і критеріїв для вибору програмних засобів або для проєктування власного рішення.

## ABSTRACT

Explanatory note of the qualification thesis: 64 p., 9 tabl., 14 fig., 18 references.

MULTIMEDIA CONTENT, CONTENT CREATION TOOLS, REQUIREMENTS, UI, UX, USABILITY, INTERACTIVITY, SCIENTIFIC CONTENT, PEDAGOGICAL VALUE, DATA VISUALIZATION.

The aim of the qualification thesis is to define requirements and evaluation criteria for modern multimedia content creation tools used in scientific and educational materials. The work includes an analysis of the research domain, a review of related sources and existing solutions, and the development of a criteria framework for further comparison and assessment of such tools.

The object of the research is the process of creating and processing multimedia content in a digital environment. The subject of the research is the set of requirements for multimedia tools and the criteria used to evaluate them, including functionality, interface usability, format compatibility, performance, and stability.

The thesis highlights domain-specific criteria that are essential for scientific content: interactivity, support for scientific data and accurate visualizations (including 3D), and pedagogical value understood as the ability of a tool to present complex concepts in a clear and didactically effective way. The practical value of the study lies in applying the defined requirements and criteria to select appropriate software tools or to guide the design of a dedicated solution.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ .....	10
1.1 Мультимедійний контент.....	10
1.2 Типи мультимедійного контенту.....	16
1.3 Науковий мультимедійний контент .....	17
1.4 Огляд інструментів для наукового мультимедійного контенту .....	19
2 ЗАПРОПОНОВАНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАУКОВОГО МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ .....	28
2.1 Аналіз та формулювання особливостей науково мультимедійного контенту .....	28
2.2 Вимоги до методики оцінювання .....	34
2.3 Вибір інструментів для роботи з науковим мультимедійним контентом для оцінювання.....	36
2.4 Вимоги для тестового завдання та методики порівняння .....	38
2.5 Визначення критеріїв для оцінювання .....	40
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	43
3.1 Характеристика прикладу для тестування методики .....	43
3.2 Результати дослідження .....	44
3.3 Узагальненні результати тестування методики .....	52
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	55
4.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень.....	55
4.2 Розрахунок кошторисної вартості НДР.....	55
4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР.....	57
4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи.....	59
4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР .....	60
ВИСНОВКИ .....	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	63

## ВСТУП

Бурхливий розвиток Інтернету дав людству багато чинників, які суттєво впливають на повсякденне життя, зокрема на способи збереження, передачі та представлення інформації. Поряд із цим виникли проблеми, пов'язані з правами на цифрову власність та організацією наукових даних. Проте сучасні технології створюють можливості для ефективного управління мультимедійним контентом і відкривають нові шляхи для його інтеграції в освітні та дослідницькі процеси.

Технології мультимедіа базуються на принципі об'єднання різних типів даних – текстових, графічних, аудіо та відеоматеріалів – у єдине інформаційне середовище. На відміну від традиційних систем обробки інформації, мультимедійні інструменти забезпечують глибшу інтерактивність і наочність, дозволяючи користувачеві взаємодіяти з матеріалом у зручний спосіб. Очікується, що найближчими роками мультимедійні технології розвиватимуться у геометричній прогресії та стануть ключовою складовою цифрової освіти й наукової комунікації.

Метою магістерського кваліфікаційного дослідження є виявлення та обґрунтування вимог до сучасних інструментів створення наукового мультимедійного контенту, визначення критеріїв їх ефективності, а також розробка підходів до оцінювання зручності, функціональності та універсальності таких інструментів.

Актуальність теми полягає в тому, що розвиток інформаційних технологій призвів до зростання потреби у якісних мультимедійних інструментах для створення та обробки наукових матеріалів. Існуючі рішення не завжди відповідають вимогам універсальності, доступності та інтерактивності, що створює передумови для дослідження їх функціональних можливостей і визначення ключових критеріїв ефективності.

Об'єктом дослідження є технології створення та обробки наукового мультимедійного контенту.

Предметом дослідження є вимоги, критерії та характеристики, що визначають ефективність сучасних інструментів для роботи з мультимедійними даними.

Для досягнення поставленої мети в ході виконання кваліфікаційної роботи магістра слід вирішити такі завдання:

- провести аналіз інформаційних джерел, що охоплюють предметну область мультимедійних технологій у сфері наукових досліджень;
- визначити типи інструментів, що використовуються для створення наукового мультимедійного контенту, та проаналізувати їх особливості;
- проаналізувати існуючі вимоги до інструментів створення наукового мультимедійного контенту стосовно зручності використання, функціональності та побажань користувачів;
- визначити номенклатуру елементів та модулів, які сприяють більш досконалій взаємодії користувача з інтерфейсом і забезпечують ефективну роботу з мультимедійними даними;
- виконати оцінку ефективності створеного рішення на основі визначених критеріїв і провести аналіз отриманих результатів.

Теоретична значущість цього дослідження полягає у зборі та систематизації інформації, необхідної для якісного аналізу вимог до інструментів створення наукового мультимедійного контенту, а також у визначенні закономірностей їх розробки й застосування.

Практична значущість кваліфікаційної роботи полягає в застосуванні отриманих знань для вдосконалення процесів створення та обробки наукових мультимедійних матеріалів. Результати дослідження можуть бути використані у подальших розробках програмних інструментів або для оптимізації існуючих систем, що працюють із науковим мультимедійним контентом.

Для досягнення мети були використані такі методи дослідження, як аналіз літературних джерел, систематизація зібраного матеріалу, класифікація

й узагальнення, проєктування та практичне опрацювання результатів. Інформаційну базу проєкту складають літературні та навчальні джерела, наукові публікації, довідники й ресурси мережі Інтернет.

Результати магістерського дослідження реалізовано у вигляді розробленого прототипу інструменту для створення мультимедійного контенту та проведеного порівняльного аналізу його ефективності відносно існуючих рішень на основі експертних оцінок.

## 1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ

### 1.1 Мультимедійний контент

Мультимедійний контент у цифровому середовищі доцільно розуміти як інформаційний продукт, у якому поєднано кілька способів подання даних (текст, графіка, звук, відео, анімація) з метою більш ефективної передачі змісту та підвищення наочності сприйняття. На відміну від “одноmodalного” матеріалу, мультимедійний контент створює цілісне повідомлення через інтеграцію різних медіа-елементів і може передбачати активну взаємодію користувача з матеріалом (перегляд, керування відтворенням, вибір фрагментів тощо) [1].

Структурно мультимедійний контент зазвичай включає базові компоненти: текстові блоки, статичні або динамічні зображення (ілюстрації, схеми, інфографіку), аудіосупровід, відеофрагменти та анімаційні елементи; у сучасних цифрових продуктах ці компоненти часто доповнюються інтерактивністю (навігацією, елементами керування, інтерактивними об'єктами). Важливо підкреслити, що мультимедійність проявляється не лише у наявності кількох медіаформ, а й у способі їхнього узгодженого поєднання: компоненти мають підтримувати головну ідею матеріалу та підсилювати розуміння, а не створювати інформаційний “шум” [2].

Створення мультимедійного контенту передбачає технологічний цикл підготовки та обробки матеріалів: від розроблення структури й сценарію до підготовки графіки, аудіо/відео, а також інтеграції елементів у єдиний продукт (наприклад, веб-сторінку, електронне видання або навчальний матеріал). У цьому контексті мультимедійні технології та інструменти виступають засобами, які забезпечують редагування, комбінування, відтворення та поширення мультимедійних компонентів у потрібних форматах і якості. Саме

тому поняття мультимедійного контенту тісно пов'язане з практикою його підготовки й використання в мережевих/цифрових середовищах [2, 3].

Окрім змістового наповнення, мультимедійний контент характеризується низкою властивостей, які визначають його практичну цінність: якість візуального й звукового відтворення, логічна структурованість, узгодженість елементів, зрозуміла навігація та відповідність контексту використання (освітнього, інформаційного, наукового тощо). Для цифрових продуктів особливо важливими стають такі аспекти, як зручність сприйняття та взаємодії, швидкість і стабільність відтворення, а також коректне відображення контенту на різних пристроях і платформах. Тому оцінювання мультимедійного контенту доцільно здійснювати не лише за “візуальною привабливістю”, а за сукупністю характеристик результату, які впливають на розуміння й ефективність комунікації [1, 2].

Важливою вимогою до мультимедійного контенту є його придатність до поширення та повторного використання: матеріали мають зберігатися у форматах, які підтримують сучасні середовища перегляду, а також дозволяють редагування й оновлення без втрати якості. Це стосується як зображень і графіки, так і аудіо/відеофрагментів та інтерактивних елементів, які часто залежать від програмного оточення або способу вбудовування у веб чи електронні видання. Відповідно, на етапі створення контенту необхідно враховувати вимоги до сумісності, якості експорту, збереження структури та можливості подальшої модифікації матеріалів [2, 3].

З огляду на різноманіття форм і сценаріїв застосування мультимедійних матеріалів, виникає потреба в їх упорядкуванні: одні й ті самі компоненти можуть комбінуватися по-різному та виконувати різні комунікаційні завдання. Саме тому наступним логічним кроком є класифікація мультимедійного контенту за типами – це дозволяє коректно формувати вимоги до результатів і обґрунтовано переходити до аналізу інструментів, які застосовуються для створення та роботи з конкретними видами мультимедіа [1, 2].

Далі мультимедійний контент доцільно розглядати через типологію, оскільки саме “тип” визначає, які характеристики результату є ключовими (графіки – читабельність і формат, для відео – якість відтворення, для інтерактивних матеріалів – керованість і стабільність роботи). У навчально-методичній літературі мультимедійний контент часто поділяють за домінуючими складовими: текстовий, графічний, анімаційний, аудіо- та відеоконтент, а також їхні поєднання в одному цифровому продукті. Такий поділ є зручним як базовий рівень класифікації, бо дозволяє відразу пов’язати тип контенту з процесами підготовки та інструментами обробки [2, 3].

Окремо варто виділити типи за рівнем взаємодії користувача з матеріалом: від статичних об’єктів (ілюстрації, схеми, статичні графіки) до динамічних (анімації, відео) та інтерактивних (контент із керуванням, навігацією, зміною параметрів, переглядом значень тощо). У цифрових середовищах інтерактивність стає важливою характеристикою, оскільки змінює спосіб сприйняття: користувач не лише “дивиться”, а й досліджує матеріал, обирає фрагменти, масштабує, порівнює, запускає або зупиняє відтворення. Відповідно, для інтерактивних типів підвищуються вимоги до узгодженості структури, керованості та зрозумілості взаємодії [1, 2].

Крім формального поділу за медіаскладом і інтерактивністю, мультимедійний контент доцільно класифікувати за призначенням: розважальний, рекламно-інформаційний, освітній, довідковий, професійний, а також науковий. Саме за критерієм призначення можна виділити мультимедійний контент, який називається науковим: він створюється для передачі наукового знання, демонстрації методів і результатів, а отже має специфічні вимоги до точності, коректності подання та однозначності інтерпретації. Таким чином, науковий мультимедійний контент є окремим різновидом мультимедійного контенту за своєю суттю, і його доцільно розглядати окремо, виділяючи характерні ознаки та вимоги [1-3].

Науковий мультимедійний контент, на відміну від загального мультимедійного матеріалу, орієнтований на точне подання формалізованого

знання та результатів досліджень. У межах цієї роботи до такого контенту насамперед відносяться математичні формули та “живі” (інтерактивні) графіки/візуалізації, які забезпечують наочне представлення моделей, залежностей і даних та можуть використовуватися в навчальних і науково-прикладних матеріалах. Науковий характер такого контенту визначається не стільки формою подачі, скільки вимогами до коректності змісту та способу його відтворення у цифровому середовищі [1, 2].

Ключовими особливостями наукового мультимедійного контенту є точність і однозначність інтерпретації, оскільки будь-які спотворення у формулах або графіках можуть призводити до неправильних висновків. Важливою є також відтворюваність: бажано, щоб користувач міг зрозуміти, як саме отримано результат, а за потреби – повторити побудову графіка чи перевірити обчислення. Для інтерактивних графіків додатковою вимогою стає можливість керування поданням (масштабування, вибір діапазонів, перегляд значень, зміна параметрів), що розширює аналітичні можливості і робить подачу результатів більш прозорою [1, 2].

Ще однією важливою рисою є прикладна придатність результату: науковий мультимедійний контент часто має використовуватися в різних форматах і середовищах – у текстах, презентаціях, електронних курсах, веб-сторінках та цифрових публікаціях. Тому поряд із вимогами до коректності виникають вимоги до сумісності й якості представлення: матеріали мають зберігати читабельність і структуру під час перенесення між середовищами, а також підтримувати експорт у формати, необхідні для розповсюдження та подальшого використання [2, 3].

Створення й використання такого контенту потребує відповідних інструментів, оскільки підготовка формул та інтерактивних графіків включає не лише “намалювати/написати”, а й редагування, перевірку коректності, інтеграцію в цифровий матеріал та отримання результату у потрібному форматі. На практиці це означає роботу з різними етапами: підготовка вихідних даних, побудова й оформлення графіків, набір і відображення

формул, а також поєднання компонентів у кінцевий цифровий продукт (електронне видання, веб-сторінку, навчальний матеріал тощо). Відповідно, вимоги до інструментів залежать від того, які саме типи мультимедійних елементів потрібно створювати та як вони мають бути використані у фінальному середовищі [2, 3].

На сьогодні існує велика кількість програмних засобів і сервісів для створення та обробки мультимедійних матеріалів, однак це не знімає проблему вибору: різні інструменти орієнтовані на різні задачі, мають різний рівень складності, різні можливості експорту, сумісності й інтеграції. У результаті користувачі та розробники часто стикаються з ситуацією, коли важко визначити, який інструмент є “кращим” саме для конкретного сценарію створення контенту, зокрема для формул і “живих” графіків. Ця проблема підкреслюється й у роботах, присвячених аналізу цифрових інструментів, де зазначається складність вибору найбільш придатного програмного забезпечення для різних мультимедійних задач [4].

Саме тому доцільним є підхід, у якому вибір інструментів пов’язується з вимогами до результату: спочатку фіксуються характеристики кінцевого мультимедійного продукту (якість подання формул, рівень інтерактивності графіків, можливість експорту/вбудовування, сумісність), а потім аналізуються можливості інструментів щодо забезпечення цих характеристик. Такий вибір фактично є багатокритеріальним, оскільки “кращий” інструмент визначається не одним параметром, а сукупністю критеріїв (функціональність, зручність, якість виходу, підтримка форматів, інтеграція тощо). Отже, проаналізувавши особливості кінцевих результатів і особливості інструментів, можна обґрунтовано підібрати засоби та оптимізувати розробку мультимедійного контенту під конкретні вимоги [4, 7].

З урахуванням різноманіття задач, інструменти для створення й роботи з мультимедійним контентом доцільно розглядати не як “один універсальний редактор”, а як сукупність засобів, що покривають різні етапи виробничого циклу: підготовку матеріалів, їх редагування, інтеграцію у цифровий продукт

і публікацію. Для наукового мультимедійного контенту це особливо помітно: окремо застосовуються засоби для набору/відображення формул, окремо – для побудови графіків і візуалізацій, а також інструменти для поєднання цих елементів у веб-сторінках, електронних виданнях або навчальних матеріалах. Саме через таку багатокomпонентність користувачі часто опиняються перед надлишком альтернатив, де “кращий інструмент” залежить від конкретного ланцюжка задач і очікуваного результату [2-4].

Для “живих” графіків і формул вимоги до інструментів мають виходити з властивостей кінцевого продукту: інструмент повинен забезпечувати коректність представлення (форматування формул, точність шкал і підписів, читабельність), стабільність роботи інтерактивності, а також можливість отримати результат у формах, потрібних для різних каналів поширення (наприклад, інтерактивний режим для вебу й статичні представлення для звітів/публікацій). Додатково важливими стають вимоги до оформлення наукових графіків: наочність, мінімізація “візуального шуму”, зрозумілі підписи й акценти, адже в науковій комунікації графік виступає носієм аргументації, а не декоративним елементом [2, 5].

Оскільки інструменти відрізняються не одним параметром, а цілим набором характеристик, їхній вибір доцільно розглядати як багатокритеріальне завдання. На практиці це означає: (1) сформулювати перелік критеріїв на основі вимог до результату (точність, рівень інтерактивності, експорт/формати, інтеграція, зручність використання тощо); (2) визначити важливість критеріїв для конкретного сценарію (наприклад, для навчального демо важливіша інтерактивність, для статті – якість статичного експорту); (3) порівняти інструменти за узгодженою схемою та отримати обґрунтоване ранжування. Саме такий підхід дозволяє перейти від суб’єктивного вибору “подобається/не подобається” до вибору, який можна пояснити й відтворити [4, 7].

Отже, у межах першого розділу сформовано логічну основу для подальшого аналізу: визначено поняття мультимедійного контенту, показано доцільність його класифікації за типами та призначенням, виділено науковий

мультимедійний контент як окремий різновид, а також окреслено проблему вибору інструментів. Далі логічним є перехід до формування конкретних вимог до результатів (формули й інтерактивні графіки) та до аналізу інструментів, які можуть ці вимоги забезпечувати, щоб на цій основі запропонувати оптимізований підхід до розробки такого контенту [1, 2, 4].

## 1.2 Типи мультимедійного контенту

Мультимедійний контент є неоднорідним за своєю природою, тому для його системного аналізу потрібна класифікація за типами. Типологія дає змогу не лише описати, “яким буває” контент, а й встановити, які вимоги є визначальними для кожного типу (наприклад, для графічних матеріалів – читабельність і формат, для аудіо/відео – якість відтворення та компресія, для інтерактивних елементів – керованість і стабільність роботи). Відповідно, типологія виступає основою для подальшого формування вимог і вибору інструментів створення контенту [1, 2].

Одним із базових підходів є класифікація мультимедійного контенту за домінуючою медіаскладовою. У навчальних матеріалах з підготовки мультимедійного контенту зазвичай виділяють текстовий, графічний, анімаційний, аудіо- та відеоконтент, а також комбіновані форми, де ці елементи поєднуються в одному продукті. Така класифікація є практичною, оскільки кожен тип має власні методи підготовки, вимоги до якості та характерні інструменти обробки (редактори графіки, засоби монтажу, конвертації тощо) [2, 3].

Другим важливим виміром є класифікація за динамічністю та рівнем взаємодії. У цьому випадку мультимедійний контент можна розглядати як:

- статичний (тексти, ілюстрації, статичні графіки);
- динамічний (анімації, відео);
- інтерактивний (матеріали з елементами керування, навігації, зміни параметрів, дослідження даних).

Інтерактивні типи змінюють модель сприйняття: користувач не лише переглядає, а й взаємодіє з інформацією, що підсилює можливості пояснення складних процесів і залежностей. Водночас це підвищує вимоги до структури, зрозумілості інтерфейсу взаємодії та технічної стабільності [1, 2].

Крім поділу за медіаформою та інтерактивністю, мультимедійний контент доцільно класифікувати за призначенням: розважальний, рекламно-інформаційний, освітній, довідковий, професійний, науковий тощо. Саме призначення визначає, які властивості результату стають критичними: для розважального контенту часто домінує емоційність і динаміка, для освітнього – структурованість і наочність, а для наукового – точність, коректність подання та однозначність інтерпретації. Такий підхід створює підґрунтя для подальшого виділення наукового мультимедійного контенту як окремого різновиду та опису його специфічних вимог [1-3].

### 1.3 Науковий мультимедійний контент

Науковий мультимедійний контент є різновидом мультимедійного контенту, що використовується для подання, пояснення та поширення наукового знання і результатів досліджень. У межах цієї роботи до нього належать не лише математичні формули та “живі” (інтерактивні) графіки/візуалізації, а й інші форми наукового представлення: наукові фігури й діаграми, схеми та інфографіка, анімації процесів, короткі демонстраційні відеоматеріали, інтерактивні навчальні/дослідницькі матеріали (наприклад, симуляції), а також мультимедійні елементи, інтегровані в електронні видання та навчальні ресурси [1-3].

Особливість наукового мультимедійного контенту полягає в тому, що його цінність визначається передусім коректністю, точністю та однозначністю інтерпретації. На відміну від загального мультимедійного матеріалу, тут критично важливо мінімізувати неоднозначність: формули мають бути набрані та відображені без спотворень, графіки – з коректними шкалами,

підписами й одиницями вимірювання, а візуальні елементи – підпорядковані передачі наукового змісту. Для наукових фігур і графіків важливою стає читабельність, логічність композиції та відсутність “візуального шуму”, оскільки фігура фактично виступає частиною аргументації [2-5].

Ще однією характерною рисою є орієнтація на пояснюваність та відтворюваність: науковий мультимедійний контент часто має не лише “показати результат”, а й допомогти зрозуміти, як він отриманий (через підписи, легенди, опис параметрів, структуру подання). Це особливо помітно у випадках, коли результати потребують компактного й наочного представлення (наприклад, у вигляді узагальнювальних схем, інфографіки чи візуальних резюме), де важливо зберігати баланс між стислістю та достатністю пояснення. Такі вимоги безпосередньо впливають на подальший вибір інструментів: вони мають підтримувати точне оформлення, редагування й інтеграцію елементів у цифровий продукт без втрати змісту [2-6].

Науковий мультимедійний контент також має виражену прикладну спрямованість, оскільки результати досліджень зазвичай потрібно використовувати в різних середовищах: у текстах і звітах, презентаціях, електронних курсах, веб-сторінках або цифрових публікаціях. Тому поряд із вимогами до точності з’являються вимоги до сумісності та переносимості: графіки, схеми й формули повинні зберігати читабельність і структуру під час перенесення між середовищами, а також мати можливість відтворення на різних пристроях і платформах. Це робить важливими як якість експорту, так і можливість вбудовування або інтеграції мультимедійних елементів у кінцевий продукт [2, 3].

Окремо варто підкреслити роль інтерактивності в науковому контенті. Якщо статичний графік демонструє “знімок” залежності, то інтерактивна візуалізація дозволяє досліджувати дані: масштабувати, змінювати діапазони, фільтрувати, переглядати точні значення, порівнювати кілька наборів даних або параметрів. У наукових і навчальних матеріалах це підсилює пояснення складних моделей і процесів, але водночас підвищує вимоги до керованості та

ясності взаємодії: користувач має розуміти, що саме змінюється і як це впливає на результат. У такому випадку мультимедійний компонент фактично стає “інструментом дослідження”, а не лише ілюстрацією [1, 2].

Для наукового контенту важливою є також організація інформації та супровідні пояснення: підписи, позначення, легенди, одиниці вимірювання, короткі пояснювальні блоки, що дозволяють інтерпретувати зображення або графік без втрати змісту. На практиці це означає, що наукові мультимедійні елементи рідко існують “самі по собі” – вони є частиною структурованого повідомлення, де кожен елемент має функцію: пояснити, порівняти, довести, узагальнити. Саме тому вимоги до наукових фігур і графіків включають не лише якість зображення, а й вимоги до подачі: читабельність, логічність композиції та відповідність завданню комунікації [2, 5].

#### 1.4 Огляд інструментів для наукового мультимедійного контенту

Останніми роками спостерігається активний розвиток цифрових технологій, спрямованих на створення інтерактивного та візуально привабливого мультимедійного контенту. Такі інструменти дедалі частіше використовуються не лише у сфері розваг, а й у наукових і освітніх процесах. Їх застосування дозволяє підвищити рівень залученості користувачів, зробити подання складних понять більш наочним, а комунікацію між дослідниками — ефективнішою. Багато сучасних рішень поєднують можливості візуалізації, інтерактивних симуляцій та спільної роботи над матеріалами, що особливо актуально для створення наукового мультимедійного контенту.

У зв'язку з цим інструменти, що застосовуються для створення наукового мультимедійного контенту, мають підтримувати не тільки технічне “відображення” елементів, а й їх точне оформлення та контроль якості. Для формул і графіків це означає можливість коректного форматування, редагування та перевірки результату перед публікацією; для схем і діаграм – підтримку акуратного компонування, узгоджених стилів, зрозумілих підписів

і позначень. Фактично інструмент має допомагати забезпечити ті властивості, які роблять контент науковим: точність, читабельність, узгодженість і зрозумілість представлення [2, 5].

Водночас на практиці “один інструмент на все” зустрічається рідко, тому створення наукового мультимедійного контенту зазвичай реалізується як комбінація засобів для різних задач: побудова графіків і візуалізацій, підготовка схем/інфографіки, набір і відображення формул, а також інтеграція всіх компонентів у кінцевий цифровий продукт. Через це користувачі стикаються з великою кількістю альтернатив, які відрізняються функціональністю, складністю освоєння, вимогами до вхідних даних, можливостями експорту та інтеграції. Саме тому навіть за наявності значної кількості доступних рішень питання вибору оптимального інструмента залишається актуальним [2, 4].

Щоб перейти від інтуїтивного вибору до обґрунтованого, доцільно пов'язати оцінювання інструментів із вимогами до кінцевого результату. Для наукового мультимедійного контенту такими вимогами можуть бути: точність і читабельність представлення (формул, підписів, шкал), підтримка інтерактивності (за потреби), якісний експорт у формати для публікацій і презентацій, сумісність із середовищами розповсюдження, а також зручність внесення змін і повторного використання матеріалів. Тоді порівняння інструментів природно перетворюється на багатокритеріальну задачу, де “кращий” інструмент визначається сукупністю характеристик, а не одним параметром [4, 7].

У такій постановці задачі першочерговим стає визначення, якими мають бути вхідні дані та яким має бути вихідний результат для кожного виду наукового мультимедійного контенту. Наприклад, для інтерактивних графіків критичними є тип і структура даних (табличні набори, часові ряди, параметричні значення), спосіб їх оновлення та можливість прив'язати інтерактивні елементи керування; для формул – формат подання (текстова нотація, розмітка), коректність рендерингу та сумісність із середовищем, у

якому формула публікується. Аналогічно для схем/інфографіки важливими стають вимоги до точності позначень і можливості редагування, а для демонстраційних відео чи анімацій – керування тривалістю, якістю та структурою подачі. Таким чином, вимоги до інструментів мають бути пов’язані з вимогами до входу/виходу, а не лише з переліком “функцій у меню” [2, 3].

Однією з поширених груп є інструменти, орієнтовані на створення інтерактивних освітніх матеріалів. Наприклад, Articulate 360 пропонує набір професійних засобів для створення електронних курсів із мультимедійними вставками, вікторинами та інтерактивними елементами. Платформа H5P дає змогу створювати інтерактивні презентації, відео з активними зонами та опитування без потреби у знанні програмування. Подібні рішення активно використовуються в навчальних платформах типу Moodle або Canvas, що сприяє інтеграції мультимедіа у процес викладання, проте вони часто мають обмежену гнучкість у наукових візуалізаціях.

Інша категорія рішень охоплює інструменти для візуалізації та симуляції наукових процесів. Прикладом є PhET (рис. 2.1) Interactive Simulations, розроблений Університетом Колорадо, який дозволяє моделювати фізичні, хімічні та біологічні явища у вигляді інтерактивних моделей. Ще один популярний інструмент – GeoGebra (рис. 2.2), який об’єднує графічні, алгебраїчні та статистичні можливості для математичних експериментів. Подібні платформи активно застосовуються у STEM-освіті, проте вони здебільшого фокусуються на окремих дисциплінах і не завжди забезпечують широкі можливості мультимедійної інтеграції або підтримку складного наукового контенту.

До третьої групи належать інструменти для створення візуального та презентаційного контенту, які активно використовуються для підготовки наукових матеріалів, постерів та ілюстрацій. Серед них – Canva, Figma, Adobe Express та інші платформи, що надають інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для

створення графічного контенту. Їх перевага полягає у простоті використання та наявності готових шаблонів, які можна адаптувати до наукових потреб.

Однак такі інструменти часто орієнтовані на маркетинговий чи освітній контент і не забезпечують достатнього рівня інтерактивності або підтримки наукових форматів, наприклад, візуалізації складних даних чи 3D-моделей.

Окрему нішу займають платформи для створення наукових візуалізацій і мультимодальних досліджень Tableau (рис. 2.3), Plotly або Datawrapper (рис. 2.4), що дозволяють обробляти великі обсяги даних і представляти результати у формі інтерактивних діаграм і графіків.

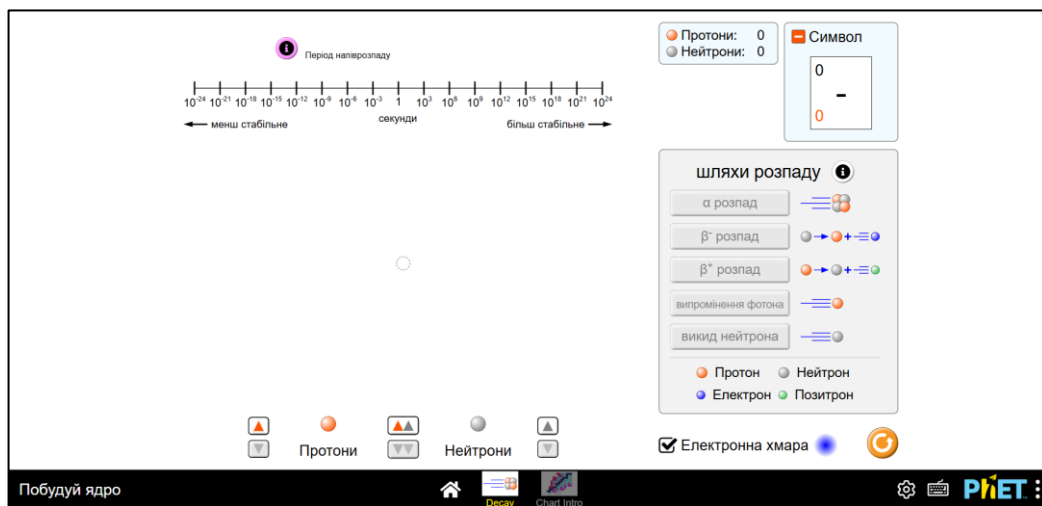


Рисунок 2.1 – Інтерфейс PhET Interactive Simulations

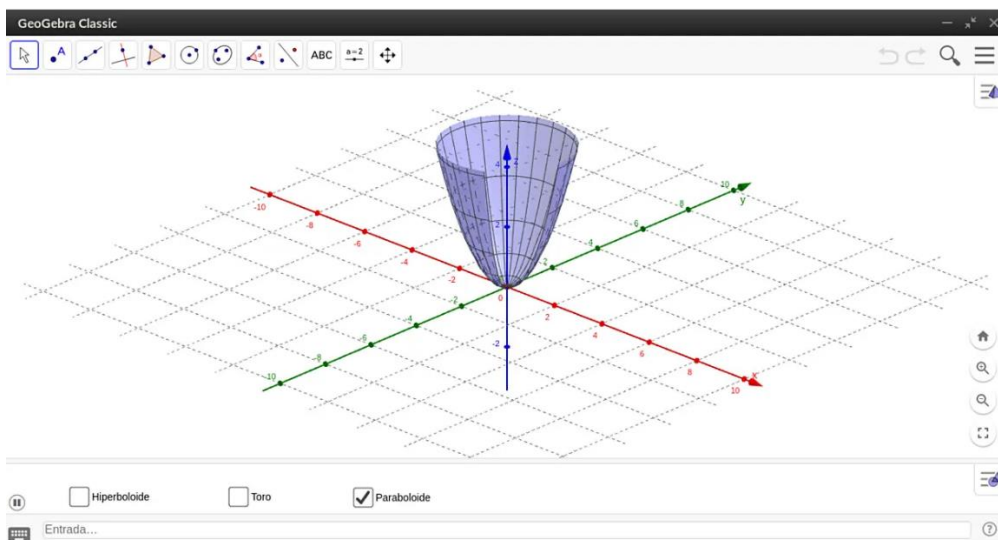


Рисунок 2.2 – Інтерфейс GeoGebra

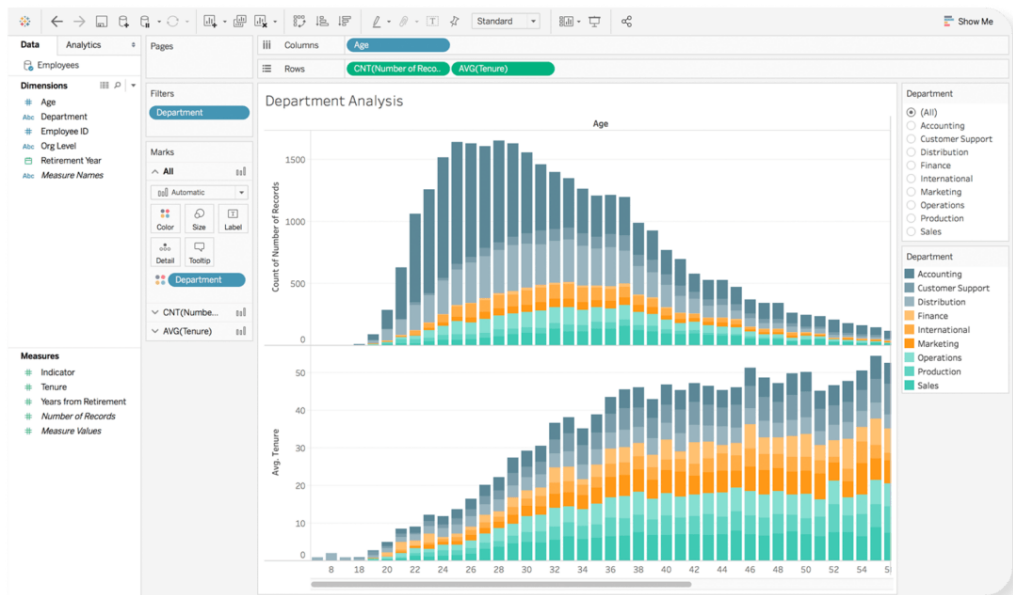


Рисунок 2.3 – Інтерфейс Tableau

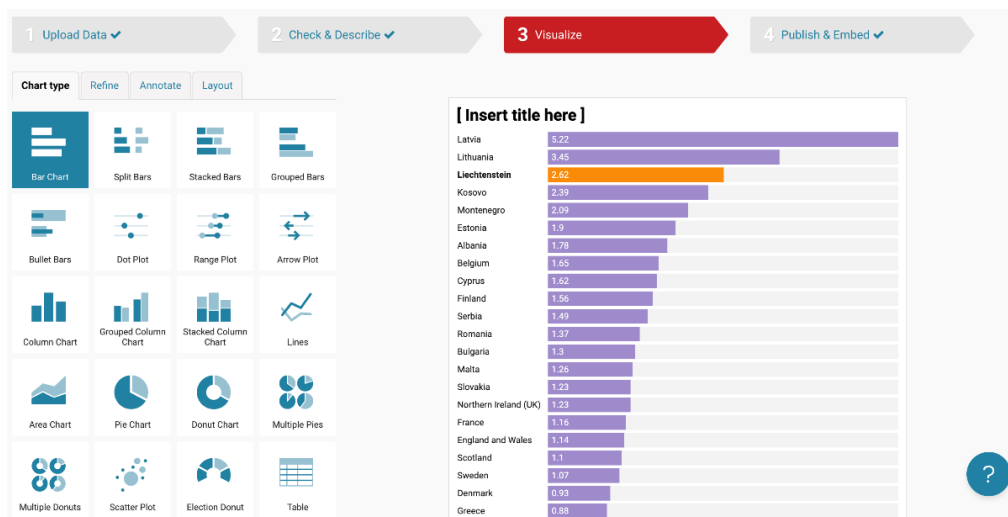


Рисунок 2.4 – Інтерфейс Datawrapper

Такі системи відзначаються високою точністю та адаптивністю, проте потребують технічної підготовки користувача й не завжди дозволяють органічно поєднувати мультимедіа з науковими текстами або експериментальними матеріалами. Для науково-дослідницької діяльності важливо мати інтегроване середовище, яке поєднує можливості аналізу даних, візуалізації та створення мультимедійних пояснень.

Порівняльний аналіз наведених рішень свідчить, що, попри значну кількість доступних інструментів, більшість із них орієнтовані або на освітні

цілі, або на графічне оформлення, але не охоплюють комплексних вимог наукової діяльності. Це створює потребу у розробці або вдосконаленні інструментів, які б забезпечували універсальність, інтерактивність, зручність використання, а також підтримку спеціалізованих наукових форматів. Таким чином, доцільним є подальше дослідження можливостей інтеграції мультимедійних технологій у наукові процеси та розробка рішень, що поєднують наукову точність із сучасними принципами UX/UI-дизайну.

Thinglink (рис. 2.5) є вебплатформою, що надає можливість створювати інтерактивні зображення, відео й панорами з додаванням активних елементів – текстових пояснень, посилань, аудіо або відеофрагментів. Цей інструмент дозволяє поєднувати візуальну інформацію з мультимедійним контентом, створюючи цілісні навчальні ресурси, які сприяють кращому засвоєнню матеріалу. Його перевагою є простота використання та можливість розміщення контенту у відкритому доступі, що робить платформу зручною для викладачів, студентів і дослідників. Завдяки інтерактивним елементам Thinglink може застосовуватися для створення навчальних презентацій, віртуальних турів і пояснювальних схем, що підвищує рівень залученості користувачів.

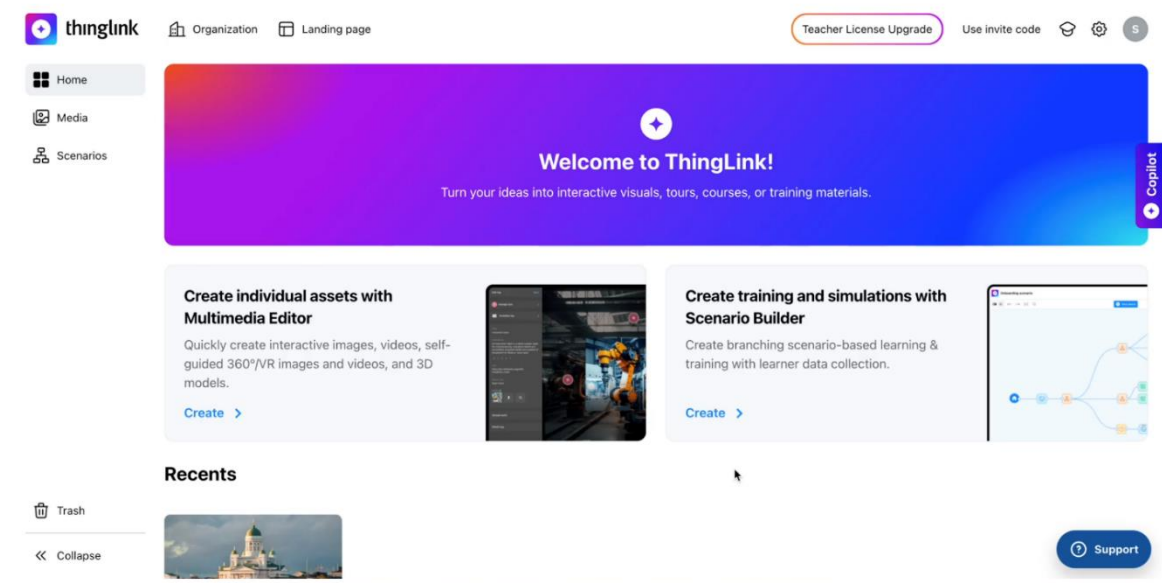


Рисунок 2.5 – Інтерфейс Thinglink

Разом із тим Thinglink має певні обмеження, зокрема обмежену кількість безкоштовних проєктів і не завжди достатній рівень деталізації для складних наукових ілюстрацій. Платформа орієнтована переважно на візуалізацію загальноосвітнього контенту, тому при використанні у наукових цілях може потребувати додаткової адаптації або інтеграції з іншими інструментами. Незважаючи на це, Thinglink залишається ефективним засобом створення інтерактивних матеріалів, які поєднують зображення, текст і мультимедіа в єдиному середовищі, що робить його корисним прикладом для аналізу у межах цього дослідження.

BioDigital Human (рис. 2.6) є інтерактивною онлайн-платформою, що забезпечує тривимірну візуалізацію анатомічних структур людини. Інструмент поєднує елементи графіки, анімації та інтерактивності, дозволяючи користувачеві досліджувати системи органів у різних проєкціях і рівнях деталізації. Завдяки цьому BioDigital Human активно застосовується у медичній освіті та наукових дослідженнях, оскільки дає можливість представити складну інформацію у наочній формі. Платформа підтримує різні режими перегляду, зокрема ізоляцію органів, додавання анотацій і створення користувацьких колекцій, що розширює її функціональні можливості у навчальному процесі.

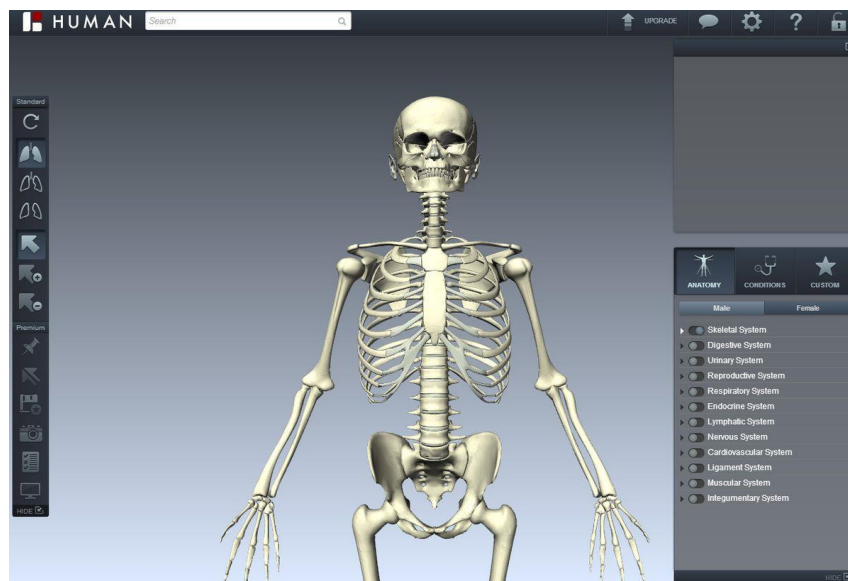


Рисунок 2.6 – Інтерфейс BioDigital Human

Перевагою BioDigital Human є високий рівень деталізації моделей і наявність інтерактивних інструментів, які сприяють кращому розумінню просторових зв'язків у людському тілі. Інтерфейс системи інтуїтивно зрозумілий і дозволяє швидко переміщатися між різними елементами анатомії. Водночас платформа має і певні обмеження – наприклад, більшість розширених функцій доступна лише у платній версії, а сам інструмент переважно орієнтований на медичну галузь, що ускладнює його використання для інших напрямів наукових досліджень. Незважаючи на це, BioDigital Human є цінним прикладом ефективного використання 3D-мультимедіа для освітніх цілей, демонструючи, як інтерактивна візуалізація підвищує якість засвоєння матеріалу.

Canva представляє інший напрям мультимедійних технологій – створення двовимірної графіки, інфографіки та ілюстрацій для візуалізації наукових і навчальних матеріалів. Платформа забезпечує широкий набір шаблонів, елементів дизайну та інструментів редагування, що дозволяє користувачам швидко створювати якісний візуальний контент без спеціальної графічної підготовки. Завдяки простому інтерфейсу та доступності у браузері Canva стала одним із найпопулярніших інструментів для підготовки навчальних презентацій, постерів і пояснювальних схем.

Canva (рис. 2.7) вирізняється універсальністю та можливістю експорту створених матеріалів у різних форматах – PNG, JPEG, PDF або SVG, що спрощує їх використання у навчальних платформах і наукових публікаціях. Інструмент підтримує командну роботу, дозволяє додавати коментарі та спільно редагувати проекти, що робить його зручним у навчальному середовищі. Крім того, Canva надає можливість створення анімацій та коротких відео, поєднуючи елементи графіки й мультимедіа в одному середовищі. Завдяки цьому вона підходить не лише для створення статичних ілюстрацій, а й для розробки інтерактивних навчальних матеріалів.

Попри свої переваги, Canva має певні обмеження у контексті роботи з науковим контентом. Безкоштовна версія платформи не підтримує деякі

професійні функції, а також не завжди забезпечує потрібну точність і деталізацію для наукових ілюстрацій. Під час створення складних схем або діаграм користувач може зіткнутися з обмеженим набором інструментів для точного розміщення елементів. Водночас, завдяки легкості освоєння та великій кількості шаблонів, Canva залишається ефективним інструментом для візуального представлення матеріалів у навчанні й популяризації науки.

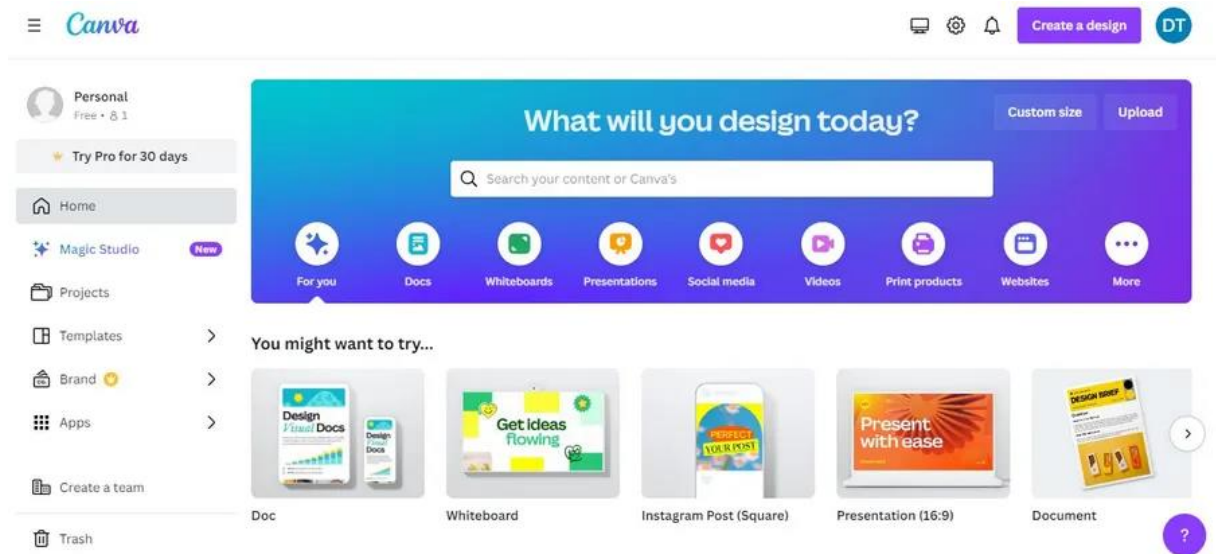


Рисунок 2.7 – Інтерфейс Canva

Порівняння обраних мультимедійних інструментів – Thinglink, BioDigital Human та Canva – демонструє різні підходи до використання технологій для створення й подання наукової інформації. Thinglink орієнтований на інтерактивну взаємодію з користувачем, BioDigital Human – на глибоку тривимірну візуалізацію, а Canva – на зручне створення графічного контенту. Разом вони представляють різні аспекти роботи з мультимедіа – інтерактивність, наочність і простоту створення контенту. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити сучасні можливості мультимедійних технологій і визначити вимоги до майбутнього інструменту, який об’єднає переваги існуючих рішень.

## 2 ЗАПРОПОНОВАНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАУКОВОГО МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ

### 2.1 Аналіз та формулювання особливостей науково мультимедійного контенту

Отже, подальше дослідження доцільно спрямувати на те, щоб зафіксувати особливості та вимоги до наукового мультимедійного контенту, описати вимоги до інструментів, що створюють і обробляють ці об'єкти, і запропонувати підхід до вибору інструментів на основі багатокритеріального порівняння. Така логіка дозволяє отримати не просто перелік програмних засобів, а практичний, обґрунтований шлях оптимізації розробки мультимедійного контенту під конкретні задачі та вимоги.

Переходячи до аналізу інструментів, доцільно спершу окреслити їх загальні класи за функціональним призначенням. У межах робіт із мультимедійним контентом це, як правило, засоби для створення та редагування текстових матеріалів, графічні редактори (для ілюстрацій, схем, інфографіки), інструменти для анімації, аудіо та відеообробки, а також середовища для інтеграції матеріалів у кінцевий продукт (web-сторінки, електронні видання, навчальні ресурси). Такий поділ є практичним, оскільки дозволяє пов'язати кожен клас інструментів із конкретними операціями підготовки контенту та з вимогами до результату.

Для наукового мультимедійного контенту структура інструментів набуває більш предметного вигляду: окремо потрібні засоби для підготовки формул і коректного представлення математичних записів, окремо – для побудови графіків і візуалізацій (у тому числі інтерактивних), а також засоби для створення наукових фігур, схем і узагальнювальних візуальних матеріалів. У цьому випадку інструмент оцінюється не лише як редактор, а як засіб, який забезпечує точність, оформлення та якість подання наукової інформації, що особливо критично для графіків і фігур, які виступають носіями змісту та аргументації.

Оскільки на практиці існує багато рішень з різними можливостями та обмеженнями, виникає типова проблема: один і той самий результат можна отримати різними шляхами, але з різною якістю, трудомісткістю та сумісністю. Саме тому в роботах, що аналізують цифрові інструменти, підкреслюється складність вибору програмного забезпечення для мультимедійних задач: користувачеві доводиться співвідносити потреби (вимоги до контенту) з реальними можливостями інструментів. У контексті наукового контенту ця проблема загострюється через підвищені вимоги до точності та читабельності результату.

Щоб систематизувати вибір, інструменти доцільно порівнювати за сукупністю критеріїв, сформованих із вимог до кінцевого продукту. До таких критеріїв можуть входити:

- забезпечення якості наукового представлення (читабельність, точність, коректність оформлення);
- можливості інтерактивності та керування поданням (за потреби);
- підтримка експорту й перенесення у різні середовища використання;
- зручність внесення змін і повторного використання (шаблони, стилі, швидкість переробки матеріалу);
- складність освоєння та практична ефективність роботи.

Відповідно, вибір інструменту розглядається як багатокритеріальне рішення, де підсумкова “кращість” визначається балансом критеріїв під конкретний сценарій використання.

На основі цієї логіки подальший аналіз у роботі можна вибудувати так: спочатку визначити набір вимог до наукового мультимедійного контенту (для формул, графіків, фігур, схем та інших матеріалів), потім зіставити ці вимоги з можливостями інструментів відповідних класів і, нарешті, сформулювати рекомендації щодо оптимального набору засобів для створення контенту з урахуванням задач і обмежень. Такий підхід дозволяє перейти від “переліку програм” до обґрунтованого вибору та оптимізації процесу створення мультимедійного контенту.

Як практичний результат такого підходу можна отримати не лише вибір “одного найкращого” інструмента, а оптимізований набір засобів під конкретний тип контенту та сценарій використання. Це особливо актуально для наукового мультимедійного контенту, де часто поєднуються різні компоненти (формули, графіки, схеми, пояснювальний текст) і потрібна узгодженість стилю та подачі. У такому випадку оптимізація полягає в тому, щоб мінімізувати кількість зайвих переходів між середовищами, зменшити ручну рутину, уникнути втрат якості під час експорту/імпорту та забезпечити стабільний повторюваний результат.

Крім того, аналіз інструментів має враховувати не тільки можливості створення контенту “з нуля”, а й можливості підтримки та оновлення матеріалів. Наукові візуалізації та графіки часто потребують оновлення даних, коригування параметрів, переформатування під інший носій (наприклад, перехід від веб-публікації до презентації чи звіту). Тому важливо оцінювати, наскільки інструмент дозволяє швидко вносити зміни, повторно використовувати налаштування оформлення, зберігати структуру та уникати “перемальовування” матеріалу вручну. Така властивість прямо впливає на трудомісткість і якість кінцевого результату.

Ще одним аспектом є узгодженість інструментів із типовими етапами підготовки мультимедійного контенту, описаними в навчальних джерелах: від планування структури матеріалу й підготовки ресурсів до інтеграції компонентів і публікації. Якщо інструмент добре підтримує ключові етапи (підготовку, редагування, інтеграцію, експорт), то він зменшує кількість “вузьких місць” у процесі розробки контенту. Відповідно, вибір інструментів доцільно розглядати як вибір не лише за функціями, а й за тим, наскільки вони вписуються у повний цикл створення мультимедійного продукту.

Отже, логіка аналізу інструментів у роботі має спиратися на взаємозв’язок трьох груп факторів:

- особливості наукового мультимедійного контенту та вимоги до якості подання;

- характеристики вхідних даних і сценаріїв створення/оновлення;
- можливості інструментів щодо створення, інтеграції та експорту результатів.

Саме поєднання цих факторів дозволяє перейти від загального огляду до практичної оптимізації розробки мультимедійного контенту і сформувавши критерії, за якими можна обґрунтовано рекомендувати інструменти для конкретних задач.

На цій основі доцільно деталізувати вимоги до кінцевих результатів для кожного ключового виду наукового мультимедійного контенту. Для формул такими вимогами можуть бути коректність відображення символів і структур (дроби, індекси, матриці), узгодженість стилю в межах матеріалу та можливість використання в різних середовищах без втрати читабельності. Для графіків і візуалізацій – точність шкал і підписів, зрозуміла легенда, коректне відображення даних, а також (за потреби) інтерактивні можливості, що підсилюють пояснення. Для схем і наукових фігур – логічність композиції, однозначність позначень і мінімізація зайвих декоративних елементів. Такі вимоги дають “шаблон”, за яким потім оцінюються інструменти.

Окремо важливо врахувати, що вимоги до результату залежать від каналу поширення: те, що добре працює у вебi, може вимагати іншого оформлення для друкованого звіту або презентації. Тому на етапі формування вимог доцільно одразу розрізняти сценарії використання:

- інтерактивний режим (демонстрації, веб-публікації, навчальні ресурси);
- статичний режим (звітність, публікації, слайди);
- комбінований режим, коли один і той самий контент має мати і інтерактивну, і статичну форму.

Це безпосередньо впливає на критерії вибору інструментів: вони мають забезпечувати або відповідний “режим”, або надійний перехід між ними без суттєвої втрати якості.

Таким чином ми визначили загальне поняття мультимедійного контенту та його типів – до виділення наукового мультимедійного контенту й

визначення його ключових особливостей, а далі – до постановки задачі вибору інструментів як багатокритеріального рішення. Подальший аналіз вимог і порівняння інструментів буде спрямовано на те, щоб на основі характеристик кінцевого результату та особливостей інструментів запропонувати оптимізований підхід до створення наукового мультимедійного контенту.

Отже, було визначено сутність мультимедійного контенту та окреслено його основні складові, що дозволяє розглядати мультимедіа як інтегроване поєднання різних медіаформ у цифровому середовищі. Були розглянуті типи мультимедійного контенту за медіаскладом, рівнем інтерактивності та призначенням, у межах чого виокремлено науковий мультимедійний контент як окремий різновид, орієнтований на точне й однозначне подання знань та результатів. Можна зробити висновок що попри різноманіття доступних інструментів створення і обробки мультимедійних матеріалів, вибір оптимального рішення залишається проблемним і потребує системного підходу.

Особливо це проявляється під час роботи з науковим мультимедійним контентом, де підвищуються вимоги до точності, читабельності, узгодженості подання та можливостей експорту й інтеграції. У результаті один і той самий задум (побудувати графік, оформити формулу, підготувати наочну схему) можна реалізувати різними засобами, але з різною трудомісткістю, якістю та стабільністю отриманого результату.

Проблема ускладнюється тим, що порівняння інструментів часто відбувається суб'єктивно: за звичкою, популярністю або “зручністю на перший погляд”, без чітких критеріїв. При цьому для наукового контенту помилки або неточності мають значно більшу ціну, ніж у загальному мультимедіа: неправильне позначення, нечіткий підпис, невдала шкала чи спотворене відображення даних можуть призвести до хибної інтерпретації результатів. Тому постає практична потреба у системному підході, який дозволяє визначати вимоги до інструментів не абстрактно, а через властивості кінцевого продукту та умови його створення.

Метою роботи є формування переліку вимог до інструментів, які необхідні для створення наукового мультимедійного контенту (зокрема формул, графіків, візуалізацій, схем та інших наукових візуальних матеріалів), а також побудова підходу, що дозволяє обґрунтовано обирати інструменти під конкретні задачі та обмеження. У рамках цієї мети інструменти розглядаються не як “набір функцій”, а як засоби, що повинні забезпечити потрібні характеристики результату: коректність і читабельність, контроль оформлення, можливості інтерактивності (за потреби), підтримку експорту та придатність до інтеграції у веб, презентації або текстові матеріали. Таке трактування дозволяє перейти від загальних міркувань до практичної методики аналізу й вибору інструментів.

Об’єктом дослідження є процес створення наукового мультимедійного контенту в цифровому середовищі, а предметом – вимоги до інструментів, що застосовуються для підготовки такого контенту та забезпечують необхідні властивості кінцевого результату. У межах роботи акцент робиться на контенті, який має високу інформаційну щільність і потребує точного відтворення: формули, графіки, візуалізації, схеми, діаграми, а також допоміжні елементи оформлення (підписи, легенди, позначення, одиниці вимірювання). Саме ці компоненти найчастіше визначають якість наукової комунікації та впливають на коректність інтерпретації результатів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- провести аналіз особливостей наукового мультимедійного контенту з позиції “вхідних” даних і “вихідних” результатів: визначити, які ресурси потрібні для створення (дані, формули, параметри, структура матеріалу) та якими характеристиками має володіти готовий продукт (читабельність, точність, інтерактивність, придатність до публікації). Та визначити перелік критеріїв для оцінювання;

- проаналізувати особливості існуючих інструментів і зіставити їхні можливості з вимогами до результату, щоб визначити перелік інструментів створювання наукового мультимедійного контенту для оцінювання;

- сформувати тестове завдання для порівняння, визначити критерії оцінювання і підготувати перелік запитань (чекліст), за яким здійснюватиметься;
- перевірка та фіксація результатів.

Очікуваним результатом є методика, яка описує: як саме формуються вимоги до інструментів, як відбираються інструменти для аналізу, за яким тестовим завданням вони порівнюються і за якими критеріями оцінюються. Такий результат є необхідною основою для наступного етапу роботи – практичного порівняння інструментів і формування підсумкового переліку вимог, який можна застосувати для обґрунтованого вибору засобів створення наукового мультимедійного контенту в реальних умовах.

## 2.2 Вимоги до методики оцінювання

Формування вимог пропонується здійснювати за принципом від результату до інструмента. Спочатку визначаються очікувані властивості кінцевого наукового мультимедійного продукту: що саме має бути отримано (графік, схема, інтерактивна візуалізація, блок формул), у якому середовищі це буде використано (веб, презентація, текстовий документ), та якими характеристиками має володіти результат (точність, читабельність, узгодженість оформлення, можливість експорту). Лише після цього уточнюються вимоги до інструмента як до засобу, що повинен забезпечити ці властивості, а не просто надавати широкий перелік функцій.

У роботі застосовано модель “вхід–вихід”, що дає змогу описати вимоги до інструментів через характеристики вхідних ресурсів та параметри кінцевого результату. Під вхід розуміються всі вхідні компоненти, необхідні для створення наукового мультимедійного контенту: вихідні дані для графіків (табличні значення, часові ряди, параметри), математичні записи (формули, функції), пояснювальні елементи (позначення, одиниці вимірювання, визначення змінних), а також цільовий формат використання матеріалу. Під вихід розуміється готовий результат – оформлений графік/візуалізація та/або

блок формул, який є зрозумілим, коректним і придатним до публікації або демонстрації.

На етапі аналізу “вхід” фіксується, наскільки складним є вхід для інструмента: чи потрібно спеціально готувати дані, у якому вигляді інструмент очікує значення, чи підтримуються параметричні залежності та швидка зміна вхідних умов. Для наукового контенту важливим є і те, як задається математична частина: чи можна працювати з функцією/формулою напряду, чи потрібні додаткові перетворення, і наскільки зручно підтримувати однозначність позначень.

На етапі аналізу “вихід” оцінюються вимоги до якості готового контенту: точність і коректність (щоб графік не спотворював дані, а формули не втрачали структуру), читабельність (підписи, легенди, шрифти, масштаб), логічність подачі (зрозуміло, що показано і як це інтерпретувати), а також узгодженість стилю. Окремо виділяється вимога до наукової “публікаційності”: готовий результат має бути придатним для вставки у документ, презентацію або публікацію без додаткового “перемальовування”.

Важливо врахувати, що один і той самий контент часто повинен існувати в двох формах: інтерактивній (для веб-представлення, демонстрацій, навчальних матеріалів) та статичній (для звітів, статей, презентацій). Тому вимоги до інструментів мають включати можливість або підтримати інтерактивність, або забезпечити якісний статичний експорт без втрати читабельності та структури. Саме ця “подвійність” є критичною для наукового мультимедійного контенту, де результат має бути одночасно наочним і придатним до формального представлення.

Після опису “вхід/вихід” вимоги перетворюються у критерії оцінювання інструментів: кожна вимога має отримати форму параметра, який можна перевірити на тестовому завданні (наприклад: “можна/не можна додати всі підписи”, “є/немає інтерактивного перегляду значень”, “експорт придатний/непридатний”). Надалі ці критерії використовуються для експертного оцінювання: обрані інструменти виконують однаковий сценарій,

а якість результату та зручність роботи фіксуються за уніфікованими питаннями в анкеті.

Оскільки оцінювання планується виконувати методом експертних оцінок, вимоги та критерії формулюються так, щоб їх можна було зрозуміло оцінити незалежно від конкретного інтерфейсу інструмента. Для цього критерії описуються “мовою результату” (що отримано і наскільки це якісно), а не “мовою кнопок” (які пункти меню є). Це забезпечує коректне порівняння інструментів різного типу – як середовищ для відтворюваних обчислень, так і рішень для швидкого інтерактивного моделювання без програмування.

### 2.3 Вибір інструментів для роботи з науковим мультимедійним контентом для оцінювання

Оскільки кількість доступних рішень для створення мультимедійного контенту є дуже великою, у межах роботи доцільно обмежити аналіз керованою вибіркою інструментів. Це дає змогу виконати не поверхневий огляд багатьох продуктів, а детальне порівняння кількох рішень за однаковим сценарієм і критеріями. Тому для практичного аналізу обрано чотири інструменти, які найкраще відповідають темі роботи та покривають ключові задачі створення наукового мультимедійного контенту.

Відбір інструментів здійснювався за такими принципами:

- придатність до роботи з науковими об’єктами (функції, формули, графіки, візуалізації);
- можливість отримання живого (інтерактивного) результату;
- наявність сценаріїв експорту або демонстрації;
- практична поширеність і доступність для використання;
- можливість виконання однакового тестового завдання без зміни суті.

Важливо, що ці принципи орієнтовані не на “популярність заради популярності”, а на реальне покриття типових потреб користувачів, які створюють науковий мультимедійний контент.

Першим обраним інструментом є Jupyter Notebook як середовище, яке поєднує текстовий опис, математичні записи та візуалізації в одному робочому просторі. Його роль у дослідженні полягає в перевірці підходу, де науковий контент створюється як відтворюваний матеріал: дані або функції можуть бути задані явно, логіка побудови збережена, а результат – представлений у вигляді графіка разом із поясненнями та формулами. Такий інструмент є репрезентативним для сценаріїв, де важливі повторюваність, контроль процесу та можливість оновлення результатів.

Другим інструментом є Plotly як рішення, орієнтоване саме на інтерактивні графіки та візуалізації. У контексті роботи Plotly дозволяє оцінити, наскільки інструмент підтримує живу взаємодію з графіком (перегляд значень, масштабування, навігація, керування відображенням), а також як забезпечується отримання статичного результату для звітності. Plotly репрезентує клас інструментів, де інтерактивність є центральною перевагою, і саме тому є важливим для порівняння з більш “математичними” або більш “середовищними” рішеннями.

Третім інструментом обрано GeoGebra як математичне середовище, що дозволяє працювати з функціями, графіками та параметричними моделями без необхідності програмування. GeoGebra є зручним прикладом інструмента, де інтерактивність реалізується через повзунки параметрів і динамічні зв’язки, а користувач концентрується на математичному змісті та наочності. Його включення у вибірку важливе для оцінювання інструментів, орієнтованих на навчальні та демонстраційні сценарії, де швидкість створення “живого” прикладу та зрозуміла взаємодія є пріоритетними.

Четвертим інструментом є Desmos – онлайн-рішення для швидкої побудови інтерактивних графіків функцій з параметрами. Desmos дозволяє оцінити сценарій, де необхідно максимально швидко створити наочний “живий” графік із мінімальним порогом входу та без складної підготовки середовища. Включення Desmos дає змогу порівняти “легкий” інструмент для інтерактивних демонстрацій з більш гнучкими (але потенційно складнішими)

рішеннями та зробити висновки щодо балансу між зручністю, якістю та можливостями.

Таким чином, обрані чотири інструменти покривають два підходи до створення наукового мультимедійного контенту: без програмування (GeoGebra, Desmos) та з орієнтацією на відтворюваність/гнучкість (Jupyter, Plotly). Це дозволяє виконати порівняння за однаковим тестовим завданням і далі оцінити інструменти за заздалегідь визначеними критеріями методом експертних оцінок (10 експертів) у Google Forms.

#### 2.4 Вимоги для тестового завдання та методики порівняння

Для порівняння обраних інструментів використовується єдине тестове завдання, яке відтворює типову ситуацію створення наукового мультимедійного контенту: побудова графіка на основі заданої залежності, коректне наукове оформлення результату, додавання інтерактивного керування параметром і підготовка матеріалу до використання у статичному та (за можливості) інтерактивному вигляді. Єдність сценарію забезпечує порівнюваність результатів і дозволяє зосередитися на відмінностях між інструментами, а не на відмінностях завдань.

Як базу тестового завдання обирається параметрична функція, придатна для демонстрації впливу параметрів і достатньо універсальна для всіх інструментів:  $y = a \cdot \sin(x) + b$ , де  $a$  – параметр амплітуди,  $b$  – вертикальний зсув. Діапазон аргументу задається як  $x \in [0; 10]$ , а параметри мають змінюватися в заданих межах (наприклад,  $a \in [0.5; 3.0]$ ,  $b \in [-2; 2]$ ). Це дозволяє перевірити як побудову базового графіка, так і реалізацію “живої” зміни результату при зміні параметрів.

Очікуваний результат виконання завдання в кожному інструменті включає обов’язкові елементи наукового оформлення:

- побудований графік функції;
- заголовок;

- підписані осі з позначеннями змінних та, за потреби, одиницями вимірювання;
- коректний масштаб і читабельні підписи;
- відображення формули поруч із графіком або в описі матеріалу;
- інтерактивний елемент керування параметром (повзунок або інший механізм), що змінює вигляд графіка в реальному часі.

Якщо інструмент дозволяє додати кілька кривих (наприклад, порівняння двох значень параметра), додатково використовується легенда, але головною вимогою залишається зрозуміле та коректне представлення залежності.

Окремим блоком завдання є перевірка придатності результату до практичного використання. Для кожного інструмента фіксуються два вихідні артефакти: статична версія (для вставки у звіт або презентацію) та інтерактивна версія (для демонстрації або веб-подання), якщо інструмент підтримує інтерактивне представлення. Це дозволяє оцінювати не лише процес створення, а й відповідність результату вимогам публікації та поширення.

Оцінювання інструментів здійснюється методом експертних оцінок із залученням 10 експертів. Для збору оцінок використовується Google Forms, що забезпечує однаковий формат відповідей, зручність агрегування результатів і можливість отримати як кількісні, так і короткі якісні коментарі. Експертам надаються результати виконання тестового завдання для кожного інструмента (статичний артефакт і, за наявності, інтерактивна демонстрація), після чого вони оцінюють інструменти за заздалегідь визначеними критеріями.

Для уніфікації оцінювання в анкеті використовується шкала 1–10, де 1 відповідає найнижчій відповідності критерію, а 10 – найвищій. Додатково в анкеті передбачено коротке поле “Коментар”, щоб експерт міг зазначити причину оцінки (наприклад, проблеми з читабельністю, недостатня інтерактивність, складний експорт або незручна навігація). Такий формат дозволяє надалі інтерпретувати оцінки та пов’язувати їх із конкретними властивостями отриманого результату.

## 2.5 Визначення критеріїв для оцінювання

Наступним кроком є формування набору критеріїв оцінювання, які дозволяють зіставляти інструменти між собою. У контексті мультимедійного контенту ці критерії можуть включати: функціональну повноту (які саме типи контенту підтримуються), якість і контроль результату (читабельність, точність, оформлення), можливості інтеграції (вбудовування у веб або електронні ресурси), підтримку експорту, зручність використання та навчання, а також наявність сценаріїв повторного використання (шаблони, стилі, автоматизація). Врахування таких критеріїв дозволяє перейти від описового огляду інструментів до системного аналізу, який можна відтворити та перевірити.

Для проведення експертного оцінювання інструментів формується набір критеріїв, які відображають ключові вимоги до створення наукового мультимедійного контенту. Критерії мають бути універсальними, тобто придатними для оцінювання як інструментів без програмування (GeoGebra, Desmos), так і інструментів, що використовуються у відтворюваних робочих середовищах (Jupyter Notebook, Plotly). Саме тому критерії формулюються “мовою результату” (що отримано і наскільки це якісно та зручно), а не “мовою інтерфейсу” (які саме кнопки чи функції присутні).

У дослідженні використовується п'ять критеріїв оцінювання:

- якість результату;
- інтерактивність;
- експорт;
- зручність і швидкість роботи;
- оновлюваність.

Якість результату показує, наскільки отриманий науковий матеріал є коректним і зрозумілим без додаткових пояснень. Оцінюється точність відображення графіка (без спотворень шкал, некоректних підписів), читабельність осей, легенди та заголовка, достатній розмір шрифтів,

акуратність оформлення. Для формул важливі коректне відтворення символів, індексів і структури запису, а також узгодженість позначень між формулою і графіком. Наскільки готовий графік/формула є коректними та читабельними (підписи, масштаб, легенда, зрозумілість без додаткових пояснень)?

Інтерактивність відображає, наскільки інструмент дозволяє реалізувати й використовувати інтерактивні можливості, що є суттю “живих” графіків. Оцінюється наявність керування параметрами (повзунки, поля вводу), зрозумілість взаємодії (що саме змінюється і як), можливість дослідження графіка (масштабування, панорамування, перегляд значень), а також стабільність і плавність роботи інтерактивних елементів. Наскільки зручно й корисно реалізована інтерактивність (керування параметрами, перегляд значень, масштабування/навігація)?

Експорт і придатність до публікації/вставки показує, наскільки легко перетворити результат у формат, який можна використати в документі, презентації або веб-матеріалі. Оцінюється, чи можна отримати якісний статичний результат із читабельними підписами, чи підтримуються потрібні формати, і наскільки просто вставити або поширити результат. Якщо інструмент створює інтерактивний об’єкт, додатково оцінюється, наскільки легко його опублікувати або вбудувати без втрати функцій. Наскільки легко отримати результат у вигляді, придатному для звіту/презентації/вебу, без втрати якості?

Зручність і швидкість виконання завдання. Критерій відображає практичну ефективність: наскільки швидко і просто можна виконати тестовий сценарій від “нуля” до готового результату. Оцінюється зрозумілість інтерфейсу, кількість кроків, наявність очевидного шляху виконання, зручність виправлення помилок та налаштування оформлення. Важливо оцінювати не власні навички, а те, наскільки інструмент допомагає досягти результату без зайвої складності. Наскільки просто і швидко виконати тестове завдання в цьому інструменті від початку до готового результату?

Оновлюваність і повторне використання показує, наскільки легко підтримувати контент в актуальному стані та повторно використовувати

напрацьовані налаштування. Оцінюється, чи можна швидко змінити параметри або дані й одразу отримати оновлений результат, чи зберігаються стиль і структура, чи легко зробити серію схожих графіків в одному оформленні. Для наукового контенту це важливо, бо результати часто змінюються, і інструмент має мінімізувати ручну переробку та ризик помилок. Наскільки легко оновлювати параметри/дані та повторно використовувати налаштування/стиль для схожих задач?

У Google Forms для кожного критерію сформульовано одне узагальнене запитання, на яке експерти надають оцінку за шкалою 1-10 (1 – найнижча відповідність, 10 – найвища). Запитання анкети мають такий вигляд:

- «Наскільки готовий графік/формула є коректними та читабельними (підписи, масштаб, легенда, зрозумілість без додаткових пояснень)?»;
- «Наскільки зручно й корисно реалізована інтерактивність (керування параметрами, перегляд значень, масштабування/навігація)?»;
- «Наскільки легко отримати результат у вигляді, придатному для звіту/презентації/вебу, без втрати якості?»;
- «Наскільки просто і швидко виконати тестове завдання в цьому інструменті від початку до готового результату?»;
- «Наскільки легко оновлювати параметри/дані та повторно використовувати налаштування/стиль для схожих задач?».

Для зручності заповнення анкета структурована за однаковим шаблоном для кожного інструмента: спочатку експерт ознайомлюється з результатом виконання тестового завдання (статичний артефакт і, за наявності, інтерактивна демонстрація), після чого послідовно виставляє оцінки за п'ятьма критеріями. Така структура зменшує плутанину, забезпечує порівнюваність відповідей і дозволяє легко обробляти результати після завершення опитування. Таким чином було сформовано методичну основу дослідження вимог до інструментів створення наукового мультимедійного контенту, що дало змогу перейти до практичного етапу – застосування методу оцінювання на основі виконання тестового завдання.

## 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Характеристика прикладу для тестування методики

Проведення оцінки якості інструментів для створення наукового мультимедійного контенту здійснювався за методом вагових коефіцієнтів, який базується на експертному аналізі. Застосування цього підходу дозволяє, по-перше, визначити відносну важливість критеріїв (їх “внесок” у підсумкову ефективність інструмента), а по-друге – отримати комплексну інтегральну оцінку для кожного інструмента. У межах дослідження оцінюються чотири інструменти: Jupyter Notebook, Plotly, GeoGebra та Desmos, оскільки вони покривають два типові підходи до створення “живих” наукових матеріалів: без програмування та з орієнтацією на відтворюваність і гнучкість.

Для експертного оцінювання використано п’ять критеріїв, які найбільш суттєво впливають на результат і зручність роботи з науковим мультимедійним контентом: якість результату (точність і читабельність), інтерактивність, експорт і придатність до публікації/вставки, зручність і швидкість виконання завдання (поріг входу), оновлюваність і повторне використання (відтворюваність). Для кращої структуризації критерії об’єднано у три групи: естетичні (якість результату), функціональні (інтерактивність, експорт, оновлюваність) та специфічні для досліджуваного сценарію (зручність і швидкість виконання завдання). Такий підхід дозволяє одночасно врахувати якість подання наукових матеріалів, технічні можливості інструмента та практичну ефективність виконання типових задач створення живих графіків і пов’язаних з ними математичних матеріалів.

Для визначення вагових коефіцієнтів та отримання оцінок було залучено 10 експертів, які мають досвід роботи з науковими мультимедійними інструментами та/або цифровими освітніми системами. Експерти здійснювали оцінювання кожного з чотирьох інструментів за кожним критерієм за шкалою

1-10 балів, де 1 означає найнижчу відповідність критерію, а 10 – найвищу. Збір даних здійснювався через Google Forms, що забезпечило єдиний формат відповідей і можливість подальшої обробки результатів (рис. 3.1).



Рисунок. 3.1 – Критерії та підкритерії комплексного оцінювання

У процесі обробки результатів було виконано узагальнення експертних оцінок (розрахунок середніх значень) та перевірка узгодженості оцінювання. Далі було проведено нормалізацію оцінок і визначено відносні ваги критеріїв, після чого обчислено підсумкові інтегральні показники для кожного інструмента. Застосування методу вагових коефіцієнтів дозволило отримати комплексну оцінку інструментів з урахуванням того, що різні критерії мають різну значущість, і на цій основі сформовано підсумковий рейтинг придатності інструментів створення наукового мультимедійного контенту.

### 3.2 Результати дослідження

Для перевірки гіпотези дослідження було проведено анкетування у форматі експертного опитування, реалізованого за допомогою Google Forms. В опитуванні взяли участь фахівці, які мають досвід роботи з мультимедійними технологіями та цифровими інструментами, що застосовуються у навчальних або наукових матеріалах.

Для визначення вагових коефіцієнтів було залучено 10 експертів, які оцінили значущість п'яти критеріїв за шкалою 1–10. За результатами

опитування отримано набір даних, на основі якого розраховано середні значення оцінок, стандартні відхилення та коефіцієнти варіації, що дозволяє оцінити узгодженість суджень експертів. Узагальнені результати подано в таблиці 3.1, де наведено індивідуальні оцінки експертів, середні значення та відповідні вагові коефіцієнти критеріїв.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінювання

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за методом безпосереднього оцінювання										Строков а сума оцінок	Середн я строков а оцінка	Ваговий коефіціє нт	Середньо квадратич не відхиленн я	Коефіціє нт варіації
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10					
Інтерактивність	9	10	8	9	8	10	9	8	9	9	89	8,87	0,20	0,74	0,08
Експорт	9	9	8	8	10	9	9	8	9	10	89	8,87	0,20	0,74	0,08
Оновлюваність	8	9	9	8	9	8	10	9	8	9	87	8,68	0,20	0,67	0,08
Якість	10	9	7	9	9	10	8	9	7	9	87	8,64	0,19	1,06	0,12
Зручність	9	10	9	10	8	9	10	9	9	10	93	9,28	0,21	0,67	0,07

Згідно з табл. 3.1, найвищу середню оцінку отримав критерій зручність, що свідчить про пріоритетність практичної ефективності роботи з інструментом у межах типового сценарію створення наукового мультимедійного контенту. Високі оцінки також мають критерії інтерактивність та експорт, що підтверджує важливість як живої взаємодії з графіками, так і можливості отримати результат у придатному для використання форматі. Критерії оновлюваність та якість результату також мають високі значення, що вказує на необхідність підтримки оновлення матеріалів і забезпечення коректного та читабельного подання наукових результатів.

Коефіцієнт варіації для всіх критеріїв не перевищує 0,12, що вказує на відносну узгодженість експертних оцінок і прийнятну стабільність отриманих результатів. Водночас найбільше розсіювання спостерігається за критерієм якість результату, що може пояснюватися різним розумінням експертами меж між «технічно коректним» і «ідеально читабельним» поданням. Отримані вагові коефіцієнти надалі використовуються для обчислення інтегральної

оцінки інструментів під час побудови підсумкового рейтингу (табл. 3.2, рис. 3.2).

Таблиця 3.2 – Оцінки експертів за за критерієм інтерактивність

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за за критерієм інтерактивність										Строков а сума оцінок	Середн я строков а оцінка	Ваговий коефіціє нт	Середньо квадратич не відхиленн я	Коефіціє нт варіації
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10					
Desmos	8	8	9	8	9	8	9	8	9	8	84	8,39	0,24	0,52	0,06
Plotly	9	9	10	9	9	10	9	10	9	10	94	9,39	0,26	0,52	0,06
GeoGebra	8	9	8	8	8	8	8	9	8	8	82	8,19	0,23	0,42	0,05
Jupyter Notebook	9	10	9	10	10	10	10	9	10	10	97	9,69	0,27	0,48	0,05

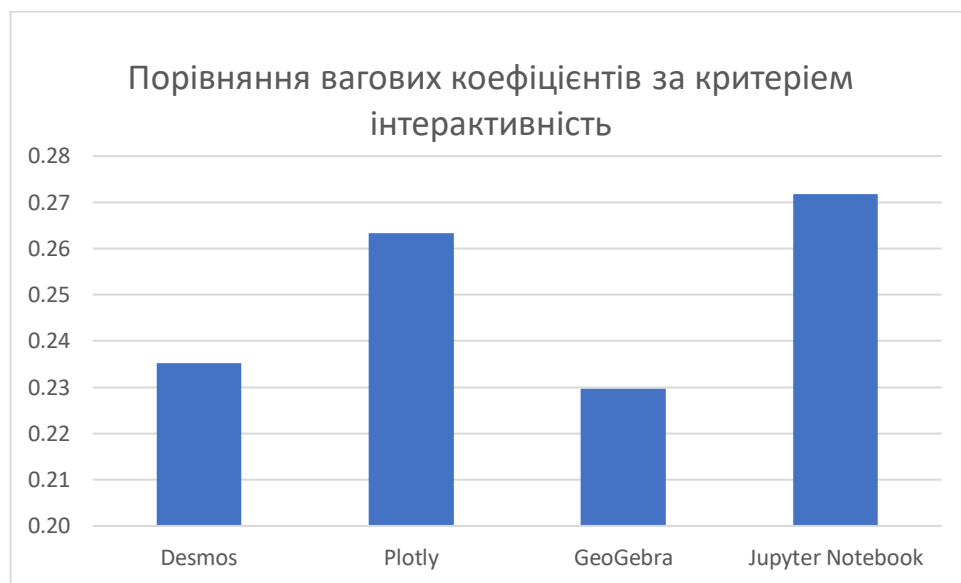


Рисунок 3.2 – Порівняння вагових коефіцієнтів за критерієм інтерактивність

За критерієм інтерактивності для кожного інструменту було проведено експертне оцінювання, яке відображає можливості створення та використання живих графіків: керування параметрами (наприклад, через повзунки або введення значень), зручність взаємодії з візуалізацією (масштабування, навігація, перегляд значень), а також стабільність роботи інтерактивних елементів під час демонстрації. У таблиці 3.2 наведено узагальнені результати експертного оцінювання за цим критерієм для інструментів Desmos, Plotly, GeoGebra та Jupyter Notebook.

Отримані результати свідчать, що найвищий рівень інтерактивності продемонстрував Jupyter Notebook, який отримав середню оцінку і низький коефіцієнт варіації, що вказує на високу узгодженість експертних оцінок. Високий результат також показав Plotly, що є очікуваним, оскільки цей інструмент орієнтований на інтерактивні візуалізації та зручну взаємодію з графіком.

Інструменти Desmos та GeoGebra отримали дещо нижчі середні оцінки – 8,39 і 8,19 відповідно, що може бути пов'язано з відмінностями у гнучкості інтерактивних сценаріїв і налаштувань взаємодії в межах тестового завдання. Водночас значення коефіцієнта варіації для всіх інструментів є невисокими (не перевищують 0,06), що свідчить про загальну стабільність та узгодженість експертних суджень щодо оцінювання інтерактивності.

Наступним етапом дослідження стало експертне оцінювання за критерієм експорт, який відображає, наскільки легко отримати кінцевий результат у форматі, придатному для використання в наукових і навчальних матеріалах. У межах цього критерію оцінювалися зручність збереження результату, якість статичного представлення, а також можливість підготовки матеріалу для демонстрації або веб-подання. Результати експертного опитування наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Оцінки експертів за за критерієм експорт

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за за критерієм експорт										Строков а сума оцінок	Середн я строков	Ваговий коефіціє нт	Середньо квадратич не	Коефіціє нт варіації
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10					
Desmos	7	8	8	7	8	7	8	7	8	7	75	7,48	0,23	0,53	0,07
Plotly	8	9	9	8	9	9	8	9	9	8	86	8,59	0,26	0,52	0,06
GeoGebra	7	8	7	6	8	7	7	8	7	7	72	7,17	0,22	0,63	0,09
Jupyter Notebook	9	9	10	9	10	9	9	9	10	9	93	9,29	0,29	0,48	0,05

Отримані результати показали, що найвищий рівень за критерієм експорту продемонстрував Jupyter Notebook із середньою оцінкою, що свідчить про високу придатність отриманих матеріалів до подальшого використання та зручність підготовки результату у потрібному форматі. Plotly

посів друге місце, підтвердивши достатньо високі можливості експорту та представлення результатів, що є важливим для візуалізацій, орієнтованих на інтерактивність і подальше поширення (рис. 3.3).

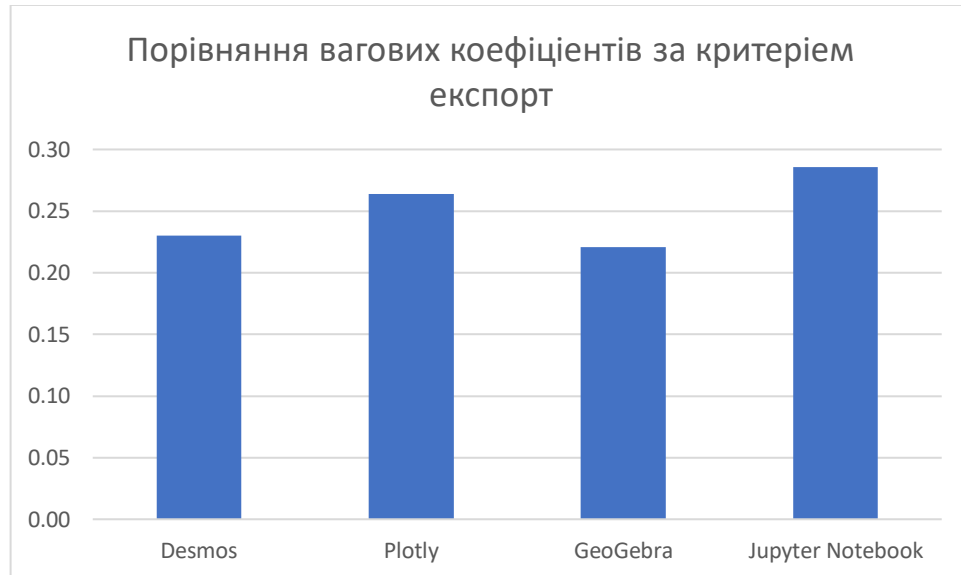


Рисунок 3.3 – Порівняння вагових коефіцієнтів за критерієм експорт

Інструменти Desmos та GeoGebra отримали нижчі середні оцінки, що може вказувати на відносно більші обмеження або додаткові кроки під час отримання результату у форматі, зручному для звітів і презентацій. Коефіцієнт варіації для всіх інструментів не перевищує 0,09, що свідчить про загальну узгодженість експертних оцінок; водночас дещо більша варіація за GeoGebra може означати різні підходи експертів до оцінювання зручності та якості експорту в межах тестового сценарію.

Третім етапом дослідження стало експертне оцінювання за критерієм оновлюваність, який характеризує, наскільки легко в інструменті вносити зміни до параметрів або даних та швидко отримувати оновлений результат без повного перероблення матеріалу. У межах цього критерію оцінювалися зручність редагування, швидкість оновлення графіка при зміні параметрів, а також можливість повторного використання налаштувань у схожих завданнях. Результати експертного аналізу наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Оцінки експертів за за критерієм оновлюваність

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за за критерієм оновлюваність										Строков а сума оцінок	Середн я строков	Ваговий коефіціє нт	Середньо квадратич не	Коефіціє нт варіації
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10					
Desmos	6	7	8	7	7	7	6	8	7	7	70	6,97	0,22	0,67	0,10
Plotly	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9	85	8,49	0,27	0,53	0,06
GeoGebra	7	6	7	7	6	7	6	7	6	7	66	6,58	0,21	0,52	0,08
Jupyter Notebook	9	9	9	9	10	9	9	10	8	9	91	9,08	0,29	0,57	0,06

Як видно з результатів, найвищу оцінку за критерієм оновлюваності отримав Jupyter Notebook, що свідчить про високу зручність внесення змін і повторного отримання результату в межах заданого сценарію. Plotly також показав високий рівень, що підтверджує придатність інструмента для ситуацій, коли необхідно часто оновлювати візуалізації при зміні параметрів або вихідних даних (рис. 3.4).

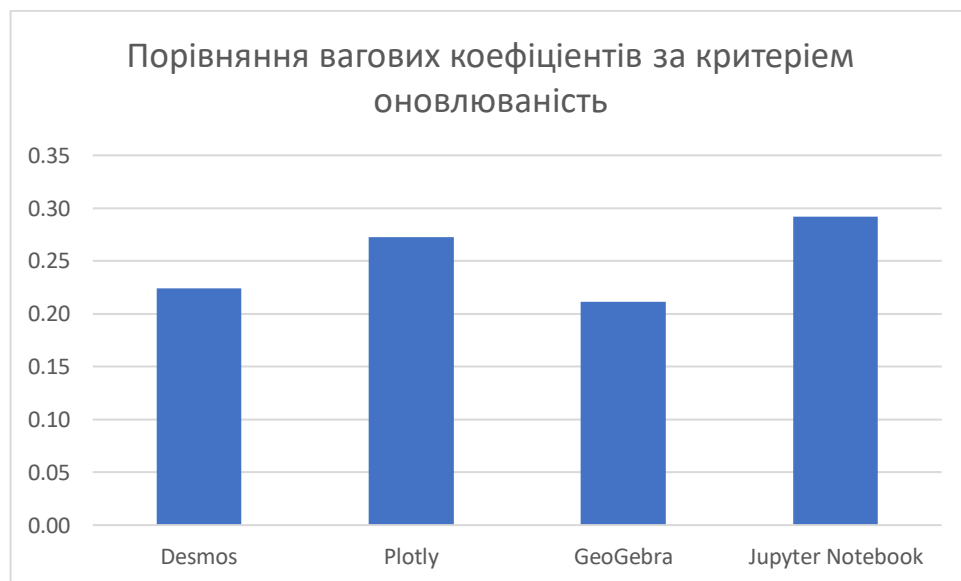


Рисунок 3.4 – Порівняння вагових коефіцієнтів за критерієм оновлюваність

Інструменти Desmos та GeoGebra отримали нижчі оцінки, що може вказувати на більші обмеження у повторному використанні налаштувань або менш зручний процес масштабних змін у порівнянні з інструментами, орієнтованими на відтворюваність. Коефіцієнт варіації для всіх інструментів не перевищує 0,10, що свідчить про достатню узгодженість експертних оцінок; водночас найбільше розсіювання спостерігається для Desmos, що може

означати різне сприйняття експертами зручності оновлення результатів у цьому інструменті залежно від індивідуального досвіду роботи.

Критерій якості результату характеризує, наскільки коректно та зрозуміло подано кінцевий науковий мультимедійний матеріал. У межах цього критерію оцінювалися точність відображення графіка, читабельність підписів осей, заголовка й легенди, а також загальна придатність результату до використання в навчальних і наукових матеріалах без додаткового доопрацювання. Результати експертного оцінювання наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Оцінки експертів за за критерієм якості результату

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за за критерієм якості результату										Строков а сума оцінок	Середн я строков а оцінка	Ваговий коефіцієнт	Середньо квадратич не	Коефіцієнт варіації
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10					
Desmos	8	7	8	7	8	9	7	8	9	7	78	7,76	0,24	0,79	0,10
Plotly	9	9	8	9	9	9	8	8	9	8	86	8,59	0,26	0,52	0,06
GeoGebra	6	7	6	6	7	8	7	6	6	7	66	6,57	0,20	0,70	0,11
Jupyter Notebook	9	10	9	10	9	10	9	10	10	9	95	9,49	0,29	0,53	0,06

За даними таблиці 3.5, найвищу середню оцінку якості результату отримав Jupyter Notebook, що свідчить про високу відповідність отриманих матеріалів вимогам до точності та читабельності в межах тестового сценарію. Високий результат також продемонстрував Plotly, що підтверджує здатність інструмента забезпечувати якісне представлення наукових графіків і візуалізацій (рис. 3.5).

Інструмент Desmos отримав середню оцінку, що вказує на достатній рівень якості результату, однак з певними обмеженнями щодо оформлення або контролю подачі, які є важливими для публікаційної якості. Найнижчий показник у межах цього критерію має GeoGebra, що може бути пов'язано з відмінностями в підходах до оформлення результату або меншою зручністю досягнення потрібного рівня читабельності у рамках заданого тестового завдання. Коефіцієнт варіації для більшості інструментів не перевищує, що свідчить про загальну узгодженість експертних оцінок; водночас підвищена

варіація для GeoGebra може вказувати на різний досвід експертів у налаштуванні оформлення та оцінюванні читабельності результатів.

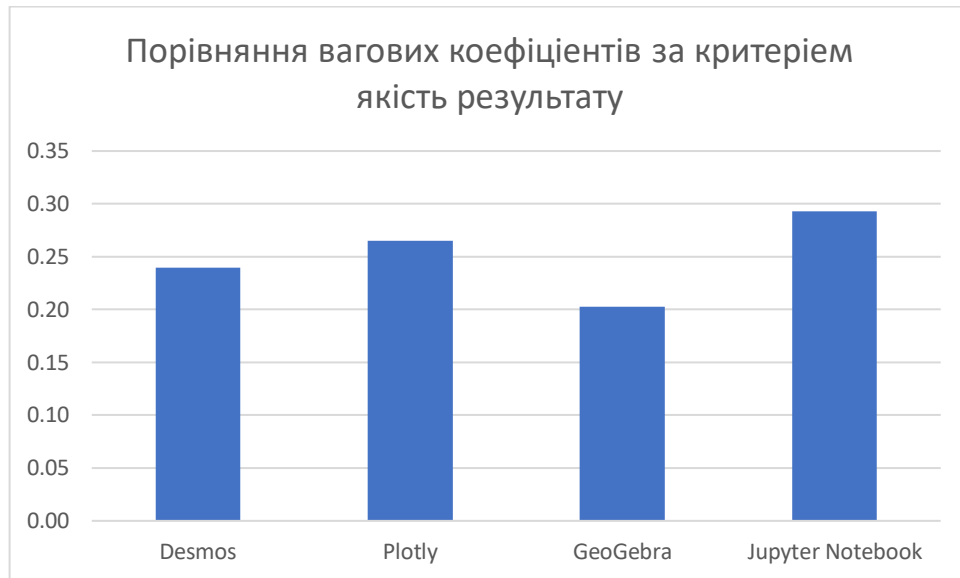


Рисунок 3.5 – Порівняння вагових коефіцієнтів за критерієм якість результату

Критерій зручність відображає, наскільки просто користувачу виконати тестовий сценарій у межах інструмента: побудувати графік, додати підписи та оформлення, реалізувати керування параметром і отримати придатний результат без зайвих дій. У межах цього критерію оцінювалися інтуїтивність навігації, логічність структури інтерфейсу, швидкість доступу до основних функцій, зручність внесення правок і загальний комфорт роботи. Узагальнені результати експертного оцінювання наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Оцінки експертів за за критерієм зручність

Альтернативна пропозиція	Оцінки експертів за за критерієм зручність										Средня сума оцінок	Середня оцінка	Ваговий коефіцієнт	Середньо квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	Експерт 8	Експерт 9	Експерт 10						
Desmos	7	8	7	9	8	7	8	7	8	8	7	76	7,57	0,24	0,70	0,09
Plotly	9	8	9	7	7	9	8	8	9	7	81	8,06	0,25	0,88	0,11	
GeoGebra	6	8	8	6	7	8	7	6	6	7	69	6,85	0,21	0,88	0,13	
Jupyter Notebook	9	9	10	10	9	10	9	10	9	9	94	9,39	0,29	0,52	0,06	

Результати показали, що найвищу оцінку за критерієм зручності отримав Jupyter Notebook, що свідчить про ефективність виконання тестового завдання та зрозумілий процес доведення результату до готового вигляду. Plotly посів друге місце, підтвердивши достатньо високий рівень зручності роботи, хоча в окремих випадках може вимагати додаткових налаштувань для отримання бажаного оформлення або формату представлення (рис. 3.6).

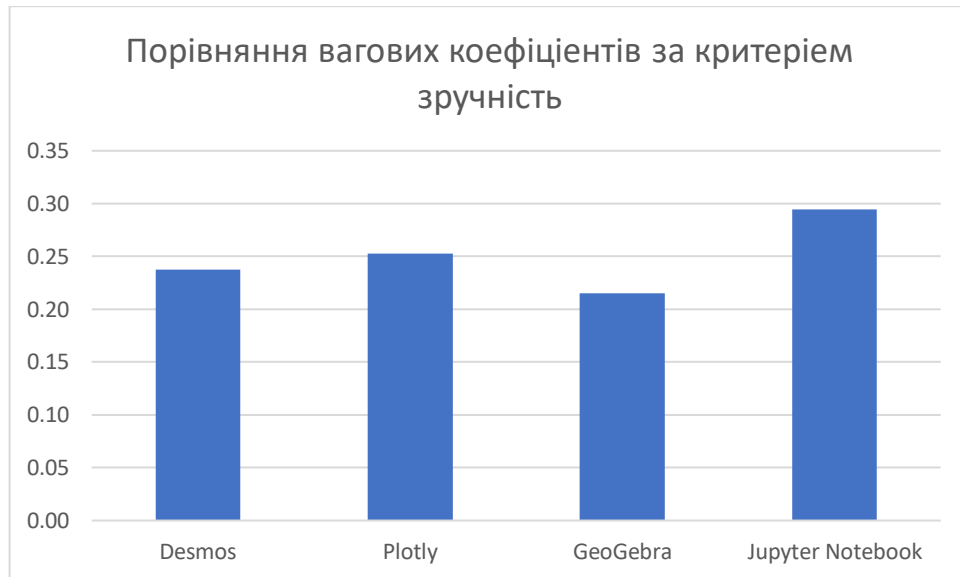


Рисунок 3.6 – Порівняння вагових коефіцієнтів за критерієм зручність

Інструменти Desmos та GeoGebra отримали нижчі оцінки, що може вказувати на більшу кількість кроків під час оформлення результату або на меншу зручність виконання всіх вимог тестового завдання в одному сценарії. Коефіцієнт варіації демонструє прийнятну узгодженість оцінок для Jupyter Notebook і Desmos, тоді як для Plotly та GeoGebra розсіювання є вищим, що може свідчити про різний досвід експертів та відмінності у сприйнятті зручності цих інструментів.

### 3.3 Узагальненні результати тестування методики

Для визначення загальної ефективності досліджуваних інструментів створення наукового мультимедійного контенту було проведено зведений аналіз

за п'ятьма основними критеріями: інтерактивність, експорт, оновлюваність, якість результату та зручність. У таблиці 3.7 представлено вагові коефіцієнти критеріїв і нормалізовані значення оцінок для інструментів Desmos, Plotly, GeoGebra та Jupyter Notebook, а також підсумковий інтегральний рейтинг.

Таблиця 3.7 – Зведена таблиця результатів оцінювання інструментів

Альтернативна пропозиція	Ваговий коефіцієнт	Desmos	Plotly	GeoGebra	Jupyter Notebook
Інтерактивність	0,20	0,24	0,26	0,23	0,27
Експорт	0,20	0,23	0,26	0,22	0,29
Оновлюваність	0,20	0,22	0,27	0,21	0,29
Якість результату	0,19	0,24	0,26	0,20	0,29
Зручність	0,21	0,24	0,25	0,21	0,29
Рейтинг інструментів		0,23	0,26	0,22	0,29

Згідно з підсумковими результатами, найвищий рейтинг отримав Jupyter Notebook із інтегральним показником 0,29, що вказує на його найкращу відповідність сукупності критеріїв у межах заданого тестового сценарію. Це означає, що інструмент демонструє збалансовані переваги за ключовими параметрами: забезпечує високу якість результату, підтримує оновлюваність, дозволяє отримувати додатні для використання вихідні матеріали та є достатньо ефективним у виконанні задачі (рис. 3.7).

Друге місце посів Plotly із рейтингом 0,26, що свідчить про високий загальний рівень ефективності, зокрема за параметрами інтерактивності та експорту. Desmos отримав рейтинг 0,23, демонструючи прийнятний загальний рівень, але поступаючись інструментам-лідерам за сукупністю критеріїв у межах тестового завдання. Найнижчий показник у зведеному аналізі має GeoGebra 0,22, що може бути зумовлено нижчими оцінками за окремими критеріями порівняно з іншими інструментами у цьому сценарії.

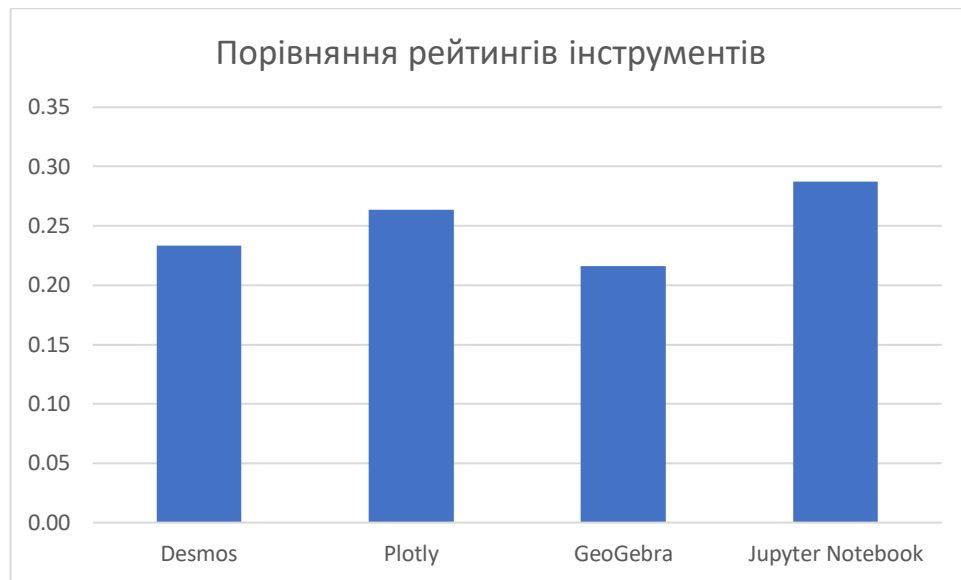


Рисунок 3.7 – Порівняння рейтингів інструментів

Підсумкові результати підтверджують гіпотезу дослідження про те, що системне формування вимог і їх застосування для порівняння інструментів дозволяє обґрунтовано визначати найбільш придатні рішення для створення наукового мультимедійного контенту. Отриманий рейтинг може бути використаний як узагальнена основа для рекомендацій щодо вибору інструменту залежно від конкретного сценарію використання та пріоритетних вимог до результату.

Таким чином, застосування зведеного багатокритеріального аналізу з урахуванням вагових коефіцієнтів дозволяє провести більш об'єктивну та порівнювану оцінку інструментів створення наукового мультимедійного контенту, оскільки підсумковий рейтинг формується на основі сукупності ключових характеристик результату та процесу роботи. Такий підхід зменшує суб'єктивність вибору, дає змогу швидше визначити інструмент, що найкраще відповідає заданому сценарію, і скорочує час на прийняття рішення, оскільки користувач орієнтується не на загальні враження, а на формалізовані критерії. Крім того, отримані значення рейтингу можуть бути використані як практична основа для рекомендацій і подальшої оптимізації процесу створення наукового мультимедійного контенту з урахуванням пріоритетних вимог до кінцевого результату.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Характеристика науково-дослідницьких рішень

Метою даного розділу є економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи (НДР), в межах якої проведено дослідження вимог до інструментів створення мультимедійного контенту. Дослідження охоплювало аналіз сучасних підходів до мультимедійних інструментів. НДР передбачає такі етапи:

- огляд предметної області дослідження;
- огляд джерел за темою дослідження;
- постановка задачі дослідження;
- експериментальна частина.

Проведене дослідження та виконані етапи НДР підтверджують практичну доцільність формування та уточнення вимог до інструментів створення мультимедійного контенту, оскільки це забезпечує обґрунтований вибір програмних засобів для підготовки графіки, аудіо та відеоматеріалів і підвищує ефективність роботи виконавця.

Аналіз наявних інструментів та їх можливостей дав змогу визначити ключові критерії вибору (функціональні, технічні та експлуатаційні), а також сформулювати рекомендації щодо застосування інструментів залежно від поставлених задач. Таким чином, отримані результати є обґрунтованими з практичної точки зору та створюють основу для подальших економічних розрахунків, пов'язаних із вибором і використанням відповідних інструментів.

### 4.2 Розрахунок кошторисної вартості НДР

Кошторисна вартість НДР визначається на основі витрат на оплату праці виконавців та інших супутніх витрат. Базовою складовою є заробітна плата,

що розраховується з урахуванням середньоденної заробітної плати кожного виконавця та трудомісткості відповідного етапу робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця визначається за формулою:

$$Z_{сд} = \frac{Z_{міс}}{n}, \quad (4.1)$$

де  $Z_{міс}$  – місячна заробітна плата виконавця, грн;

$n$  – кількість робочих днів у місяці ( $n=22$  дня).

Заробітна плата за виконання окремого  $i$ -го етапу робіт визначається як добуток середньоденного заробітку виконавця та трудомісткості етапу:

$$ЗП_i = ЗП_д \times ТМ_i, \quad (4.2)$$

де  $ЗП_i$  – заробітна плата за виконання  $i$ -го етапу роботи, грн;

$ЗП_д$  – середньоденний заробіток виконавця  $i$ -го етапу, грн/ос. на день;

$ТМ_i$  – трудомісткість  $i$ -го етапу, люд.-дні.

Для виконання роботи було залучено 4 особи – керівник роботи, аналітик, програміст та тестувальник. Для розрахунків прийнято місячну заробітну плату для керівника роботи 14 500,00 грн, програміста – 40 000,00 грн, аналітика – 30 000,00 грн, тестувальника – 34 000,00 грн та 22 робочі дні в місяці, тому середньоденна заробітна плата становить 659,09 грн/день для керівника роботи, 1 818,18 грн/день для програміста, 1 363,64 грн/день для аналітика, 1 545,45 грн/день для тестувальника.

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання та заробітна плата за етапами наведені у таблиці 4.1.

Таким чином, за сумарної трудомісткості 26 люд.-дні сума витрат на заробітну плату в межах виконання НДР становить 34227,28 грн.

Таблиця 4.1 – Розрахунок трудомісткості робіт ПП та заробітної плати

виконавців

Вид роботи	Виконавець		Трудовитрати, люд.-днів	Середньоденна ЗП, грн	Сума ЗП, грн (гр.3×гр.4×гр.5)
	посада	к- сть			
1. Розробка технічного завдання	Керівник роботи	1	2	659,09	1318,18
2. Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи	Аналітик	1	4	1363,64	5454,56
3. Формулювання мети та задач дослідження	Керівник роботи	1	2	659,09	1318,18
4. Аналіз методів дослідження	Аналітик	1	3	1363,64	4090,92
5. Розробка прототипу	Програміст	1	5	1818,18	9090,90
6. Тестування	Тестувальник	1	4	1545,45	6181,80
7. Аналіз результатів	Аналітик	1	4	1363,64	5454,56
8. Технічне оформлення методичних матеріалів	Керівник роботи	1	2	659,09	1318,18
Разом (ЗП)			26		34227,28

## 4.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Єдиний соціальний внесок можна розрахувати за формулою:

$$CB = 0,22 \times ЗП, \quad (4.3)$$

де СВ – єдиний соціальний внесок, який відноситься на собівартість;

0,22 – коефіцієнт, який відбиває суму страхових внесків;

ЗП – заробітна плата виконавців НДР.

Амортизація визначається через вартість ЕОМ і час експлуатації:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (4.4)$$

де  $AB$  – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час науково-дослідницької роботи,

$BO_k$  – вартість основних засобів  $k$ -го виду,

$TE_k$  – термін експлуатації основних засобів  $k$ -го виду, днів,

$T$  – термін науково-дослідницької роботи, днів,

$L$  – кількість видів обладнання.

Загальна вартість обладнання, що використовується під час виконання НДР, дорівнює 35 000,00 грн. За період виконання НДР сума амортизації становить 1194,23 грн.

Витрати на електроенергію розраховуються, виходячи зі споживаної потужності обладнання та тарифу на електроенергію:

$$Z_e = M \times t \times T_{кВт}, \quad (4.5)$$

де  $M$  – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (0,5 кВт/години);

$t$  – кількість годин використання устаткування за період науково-дослідницької роботи (208 годин);

$T_{кВт}$  – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії (4,32 грн).

Адміністративні витрати складатимуть 20 % від витрат на оплату праці – 6845,46 грн.

Вартість оплати послуг зв'язку, а саме Інтернет – 300,00 грн за 26 днів виконання НДР. Розрахунок одноразових витрат на виконання НДР оформляється у вигляді таблиці 4.2.

Кошторис витрат на виконання даної НДР складає 50546,25 грн.

Таблиця 4.2 – Кошторис витрат на розробку НДР

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Заробітна плата (ЗП)	34227,28
2. Єдиний соціальний внесок (22% від ЗП)	7530,00
3. Амортизація основних засобів	1194,23
4. Витрати на спожиту електроенергію	449,28
5. Інші витрати, у тому числі:	
- адміністративні витрати	6845,46
- вартість послуг зв'язку	300,00
6. Разом	50546,25

#### 4.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій, виконаних під час НДР, виражений якісно або кількісно. У загальному випадку оцінка результатів НДР полягає у визначенні ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

У межах даного дослідження результатом впровадження НДР обрано інтегральний рейтинг інструменту створення мультимедійного контенту, який отримано на основі зваженого оцінювання за критеріями. Вагові коефіцієнти критеріїв та значення оцінок для альтернатив наведені у зведеній таблиці результатів оцінювання (табл. 3.7).

За підсумками оцінювання встановлено, що найвищий рейтинг проекту має Jupyter Notebook – 0,29, тоді як серед наявних інструментів найкращий результат показав Plotly – 0,26. Інші альтернативи мають нижчі підсумкові значення (зокрема Desmos – 0,23, GeoGebra – 0,22). Таким чином, запропонований інструмент Jupyter Notebook демонструє найкращий узагальнений результат за сукупністю критеріїв і може розглядатися як найбільш ефективний варіант серед оцінених альтернатив.

Результат від впровадження НДР визначається за формулою:

$$\Delta P_j = |X_{\delta_j} - X_{H_j}|, \quad (4.6)$$

де  $\Delta P_j$  – покращення  $j$ -тої характеристики системи (процесу) за рахунок впровадження результатів НДР ( $j=1,m$ ),

$X_{\bar{j}}$  – базове значення  $j$ -тої характеристики, тобто до впровадження результатів НДР;

$X_{n_j}$  – нове значення  $j$ -тої характеристики після впровадження пропонуваніх рішень.

Отже, підставивши відповідні значення до (4.6) отримаємо:

$$\Delta P_{\text{SciMediaTool}} = |0,26 - 0,29| = 0,03.$$

#### 4.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Щоб визначити економічну ефективність результатів НДР, необхідно порівняти витрати на розробку НДР з результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт "ефект-витрати", який обраховується за формулою:

$$K3 = \frac{\Delta P_j}{V_p}, \quad (4.7)$$

$$K_{ев} = 0,03 / 50546,25 = 0,00000059.$$

де  $V_p$  – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн;

$K_{ев}$  – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює  $j$ -ту характеристику досліджуваного процесу.

Отже, кожна гривня витрат на виконання НДР забезпечує приріст інтегрального показника «Рейтинг проєкту» приблизно на 0,00000059. Отримане значення підтверджує наявність позитивного ефекту від впровадження результатів НДР та доцільність виконаного дослідження з позицій співвідношення «ефект-витрати».

## ВИСНОВКИ

Відповідно до поставлених завдань у роботі виконано аналітичний огляд наукових і методичних джерел за темою кваліфікаційного дослідження та розглянуто теоретичні підходи до створення і оцінювання інструментів для підготовки наукового мультимедійного контенту з урахуванням актуальних тенденцій розвитку цифрових технологій. Проведений огляд дозволив окреслити ключові напрями досліджень у цій галузі, узагальнити підходи до оцінювання ефективності мультимедійних інструментів і визначити базові принципи, які доцільно враховувати під час їх розроблення та вибору для практичного використання.

В роботі проаналізовано особливості наукового мультимедійного контенту з позиції “вхідних” даних і “вихідних” результатів: визначено, які ресурси потрібні для створення (дані, формули, параметри, структура матеріалу) та якими характеристиками має володіти готовий продукт (читабельність, точність, інтерактивність, придатність до публікації), а також сформовано перелік критеріїв для оцінювання.

Проведено аналіз існуючих інструментів і зіставлення їхніх можливостей із вимогами до результату, що дозволить визначити перелік інструментів створення наукового мультимедійного контенту для подальшого оцінювання.

На основі сформульованих вимог до методики проведення оцінювання сформовано тестове завдання для порівняння реальних інструментів для роботи з науковим мультимедійним контентом, та підготовлено перелік запитань (чекліст) відповідно до визначених критеріїв оцінювання.

Здійснено перевірку виконання тестового завдання для обраних інструментів, проведено їх математичну обробку і отримано результати для подальшого узагальнення та формування висновків.

По результатам дослідження було виконано економічну оцінку доцільності використання методики, результати якої дозволять визначити економічні переваги запропонованого підходу та обґрунтувати його практичну ефективність.

Таким чином, результати дослідження відповідають поставленому завданню, підтверджують доцільність запропонованого підходу та демонструють його практичну корисність для подальшого застосування.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Abdulrahaman, M.D., et al. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes.
2. Коротенко, О.В. (Ред.). (2024). Технології підготовки мультимедійного контенту: практикум: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.
3. Климнюк, В.Є., Завгородня, О.С., & Андрющенко, Т.Ю. (2019). Мультимедійні технології в медіа та рекламі: методичні рекомендації до лабораторних робіт. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця.
4. Бондаренко, Т. (2022). Аналіз цифрових інструментів для створення мультимедійного контенту в умовах дистанційного навчання у вищій школі. *Věda a perspektivy*, 9(16).
5. Rougier, N.P., Droettboom, M., & Bourne, P.E. (2014). Ten Simple Rules for Better Figures. *PLOS Computational Biology*.
6. Ibrahim, A.M. (2017). A Primer on How to Create a Visual Abstract. Version 2.
7. Rani, A., Mishra, D., & Omerovic, A. (2024). Multi-Criteria Decision-Making Methods: A Case of Software Vendor Selection. *TEM Journal*, 13(2).
8. Diehl, C. et al. (2022). Defining Recommendations to Guide User Interface Design.
9. Вовк, О.В., Чеботарьова, І.Б., & Чеботарьова, М.Р. (2024). Вибір програмного забезпечення для розробки мультимедійного комплексу силабусів для спеціальності 186 – Видавництво та поліграфія. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Т. 2. (с. 202-204).
10. Держстандарт України. (2001). Системи управління якістю. Вимоги. (ДСТУ ISO 9000-2001.). К.: Держстандарт України.
11. Kumar, N.L., & Subramani, R. (2024). A Descriptive Study on Emerging AI Tools in Digital Media Content Creation.

12. Navarro, O., Molina, A.I., et al. (2015). Evaluation of Multimedia Educational Materials Using Eye Tracking.
13. Bewersdorff, A., et al. (2024). Taking the Next Step with Generative Artificial Intelligence: The Transformative Role of Multimodal Large Language Models in Science Education.
14. Бізюк, А.В., Вовк, О.В., & Ткаченко, В.П. (2018). Основи наукових досліджень: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ.
15. Соколова, Л.В., та ін. (2015). Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проєктів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей. Харків: ХНУРЕ.
16. Гаращенко, А.П., & Пшенична, О.С. (2024). Цифрові інструменти дистанційної STEM-освіти. Наукові інновації та передові технології, 8(36).
17. Гуржій, А.М., Гуревич, Р.С., Коношевський, Л.Л., & Коношевський, О.Л. (2017). Мультимедійні технології та засоби навчання: навчальний посібник. Вінниця: Нілан-ЛТД.
18. Курцева, О. (2023). Зручність користування як проблематика виражального інструментарію вебдизайну: від практики веб'юзабіліті до контексту вебдоступності. «ХУДПРОМ».