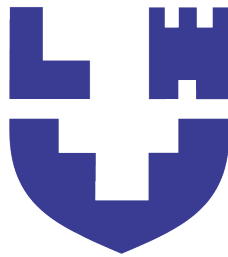


**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет**



РОЗРОБКА МУЛЬТИМЕДІЙНИХ СИСТЕМ

**Конспект лекцій
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
галузі знань F Інформаційні технології
денної та заочної форм навчання**

Луцьк 2025

УДК 004.514(07)
P-65

Рекомендовано до видання вченою радою факультету комп'ютерних та інформаційних технологій ЛНТУ, протокол № _____ від «___» _____ 2025 року

Голова вченої ради факультету КІТ _____ Інна КОНДІУС

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ, протокол № _____ від «___» _____ 2025 року

Укладач: _____ Наталія ХРИСТИНЕЦЬ, кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

Рецензент: _____ Наталія ЯКИМЧУК, кандидат технічних наук,
доцент кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ Тарас ТЕРЛЕЦЬКИЙ,
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та безпеки ЛНТУ

P-65 **Розробка мультимедійних систем:** конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 12 (F) Інформаційні технології денної та заочної форм навчання / уклад. Н. А. Христинець. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 112 с.

Конспект лекцій складено відповідно до силябусу курсу «Розробка мультимедійних систем».

Може бути використаний студентами технічних спеціальностей при вивченні даної дисципліни.

ЗМІСТ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	6
Тема 1. Основи мультимедіа. Формати зображень, аудіо, відео, стиснення та передача даних	6
1. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації	6
2. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео.....	8
3. Принципи стиснення даних.....	12
4. Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах	14
Питання для самоперевірки	15
Тема 2. Графічні та анімаційні технології. 2D/3D-графіка, анімація та рендеринг	16
1. 2D-графіка та її особливості	16
2. 3D-графіка та тривимірне моделювання.....	20
3. Принципи анімації та рендерингу мультимедійного контенту.....	21
Питання для самоперевірки.....	23
Тема 3. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR): принципи розробки, інструменти.....	25
1. Поняття віртуальної та доповненої реальності. Імерсивні технології.	25
2. Інструменти та середовища розробки VR/AR-додатків	30
Питання для самоперевірки.....	33
Тема 4. Обробка та синтез аудіо та відео: редагування мультимедіа, програмні бібліотеки.....	34
1. Принципи редагування мультимедійного контенту та базові операції з аудіо та відео	34
2. Синтез аудіо та відео: генерація, ефекти та композитинг	36
3. Програмні засоби для обробки мультимедіа: огляд популярних інструментів та платформ	38
Питання для самоперевірки.....	40
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ІНТЕРФЕЙСИ ТА КРОСПЛАТФОРМЕННІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ РІШЕННЯ	42
Тема 2. Інтерактивні мультимедійні інтерфейси: UI/UX-дизайн, адаптивні веб- і мобільні додатки	42
4. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації.....	Ошибка!
Закладка не определена.	

5. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео	
Ошибка! Закладка не определена.	
6. Принципи стиснення даних.....	Ошибка! Закладка не определена.
7. Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах .	Ошибка! Закладка не определена.
Питання для самоперевірки	52
Тема 2. Основи мультимедіа. Формати зображень, аудіо, відео, стиснення та передача даних.....	54
8. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації	Ошибка! Закладка не определена.
9. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео	Ошибка! Закладка не определена.
10.Принципи стиснення даних	Ошибка! Закладка не определена.
11.Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах	Ошибка! Закладка не определена.
Питання для самоперевірки	58
Тема 2. Основи мультимедіа. Формати зображень, аудіо, відео, стиснення та передача даних.....	59
12.Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації	Ошибка! Закладка не определена.
13.Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео	Ошибка! Закладка не определена.
14.Принципи стиснення даних	Ошибка! Закладка не определена.
15.Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах	Ошибка! Закладка не определена.
Питання для самоперевірки	72
Тема 2. Основи мультимедіа. Формати зображень, аудіо, відео, стиснення та передача даних.....	73
16. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації ..	Ошибка! Закладка не определена.
17. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео...	74
18. Принципи стиснення даних.....	75

19. Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах
Ошибка! Закладка не определена.

Питання для самоперевірки 75

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Тема 1. Основи мультимедіа. Формати зображень, аудіо, відео, стиснення та передача даних

Мета лекції: ознайомитись з основними принципами створення, обробки, збереження та передавання мультимедійних даних – зображень, аудіо, відео, а також із сучасними форматами та методами їх стиснення, а також із структурою мультимедійного проєкту в середовищі Camtasia Studio та особливостями створення й редагування аудіо- та відеоконтенту.

План лекції:

- 1. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації.**
- 2. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео.**
- 3. Принципи стиснення даних.**
- 4. Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах.**

1. Суть поняття мультимедіа, основні характеристики і класифікації

Мультимедіа технології є одним з найбільш перспективних і популярних напрямків інформаційних технологій. Вони мають на меті створення продукту, що містить колекції зображень, текстів і даних, що супроводжуються звуком, відео, анімацією і іншими візуальними ефектами, що включає інтерактивний інтерфейс та інші механізми управління.

Інтерактивність – це властивість реагувати на дії користувачів, в тому числі і управляти користувачем. Ідейної передумовою виникнення технології мультимедіа вважають концепцію організації пам'яті MEMEX, запропоновану ще в 1945 році американським вченим Ваннівєром Бушем. Вона передбачала пошук інформації відповідно до її смисловим змістом, а не

за формальними ознаками – по порядку номерів, індексів або за алфавітом та ін. Ця ідея знайшла своє вираження і комп'ютерну реалізацію спочатку у вигляді системи гіпертексту як системи роботи з комбінаціями текстових матеріалів, а потім і гіпермедіа і, нарешті, в мультимедіа, яка поєднала в собі обидві ці системи. Однак, зростання інтересу наприкінці 80-х років ХХ ст. до застосування мультимедіа технології в гуманітарній області і, зокрема, в історико-культурній, та пов'язани з ім'ям видатного американського комп'ютерника-бізнесмена Білла Гейтса, якому належить ідея створення і успішної реалізації на практиці мультимедійного продукту на основі службової музейної інвентарної бази даних з використанням в ньому всіх можливих середовищ: зображень, звуку, анімації, гіпертекстової системи.

Саме цей продукт акумулював у собі три основні принципи мультимедіа: представлення інформації за допомогою комбінації безлічі сприймаючих людиною середовищ, наявність кількох сюжетних ліній в змісті продукту, в тому числі і вибудовується самим користувачем на основі «вільного пошуку» в рамках запропонованої в змісті продукту інформації та художній дизайн інтерфейсу и засобів навігації.

Безсумнівним достоїнством і особливістю технології є такі можливості мультимедіа, які активно використовуються в поданні інформації:

- можливість зберігання великого обсягу самої різної інформації на одному носії;
- можливість збільшення на екрані зображення або його найцікавіших фрагментів, іноді в двадцятикратному збільшенні при збереженні якості зображення. Це особливо важливо для презентації творів мистецтва і унікальних історичних документів;
- можливість порівняння зображення і обробки його різноманітних програмними засобами з науково-дослідними або пізнавальними цілями;
- можливість виділення в супроводжуваному текстовому або іншому візуальному матеріалі елементів, за якими здійснюється негайне отримання довідкової або будь-який інший пояснювальній інформації;

– можливість здійснення безперервного музичного або будь-якого іншого аудіосупроводу, відповідного статичному або динамічному візуальному ряду;

– можливість використання відеофрагментів з фільмів, відеозаписів і т. д., функції стоп-кадру, покадрового гортання відеозапису;

– можливість включення в зміст диска баз даних, методик побудови образів, анімації, як наприклад, супровід розповіді про композиції картини графічної анімаційної демонстрацією геометричних побудов композицій.

Згідно з представленими вище визначеннями, мультимедіа можна класифікувати з різних точок зору: на основі підтримки взаємодії та на основі використання різних мультимедійних телекомунікаційних технологій.

2. Основні сучасні формати файлів для графічних зображень, аудіо та відео

Формати графічних зображень є основою подання візуальної інформації у мультимедіа. У мультимедіа існує кілька основних типів зображень – растрові, векторні, фрактальні та тривимірні, кожен із яких має власну природу формування, методи зберігання та сфери застосування. Растрове зображення складається з великої кількості окремих точок – пікселів, кожен із яких має певний колір. Такі зображення добре передають деталі, відтінки та плавні переходи кольорів, тому вони незамінні у цифровій фотографії, відео, веб-графіці та поліграфії. Проте основним недоліком є залежність якості від роздільної здатності – при збільшенні зображення пікселі стають помітними, що призводить до втрати чіткості. Найпоширенішими форматами растрових файлів є JPEG, PNG, BMP та TIFF, які відрізняються способами стиснення та збереження кольорових даних.

Векторне зображення ґрунтується не на пікселях, а на математичних формулах, що описують лінії, криві, багатокутники та інші геометричні елементи. Завдяки цьому такі зображення можна масштабувати до будь-якого розміру без втрати якості, що робить їх ідеальними для логотипів, креслень, схем, шрифтів та іконок. Векторна графіка широко

використовується у вебдизайні, друці великих форматів та у створенні інтерфейсів . Крім того, векторні зображення легко редагувати – можна змінювати форму, колір або пропорції об’єктів без погіршення результату (рис. 1.1). Основними форматами векторних зображень є SVG, EPS, PDF і AI, які підтримуються графічними редакторами на зразок Adobe Illustrator або CorelDRAW.

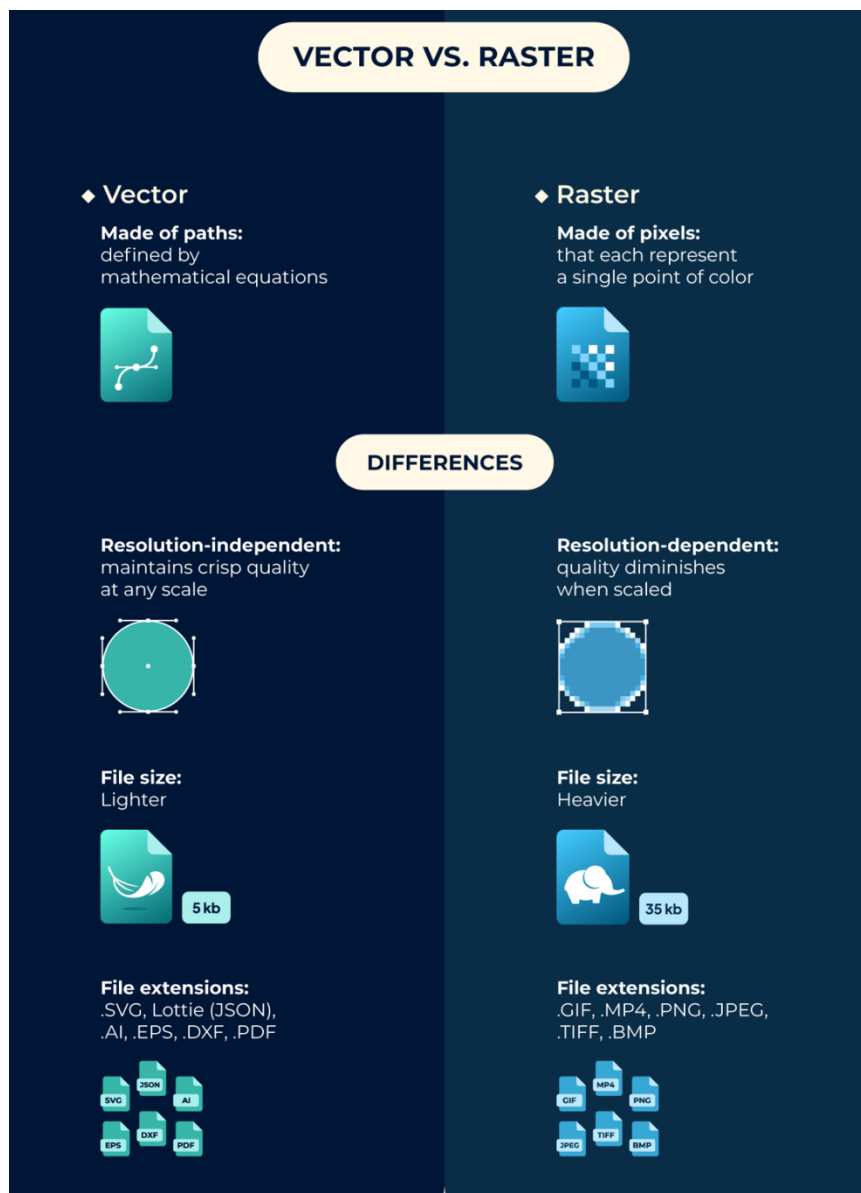


Рисунок 1.1 – Відмінності векторної та растрової графіки [1]

Фрактальні та тривимірні зображення (рис. 1.2) є більш складними формами подання графічних даних. Фрактальна графіка створюється на

основі математичних алгоритмів, що описують нескінченні самоподібні структури. Такі зображення не мають фіксованої роздільної здатності і зберігають чіткість при будь-якому масштабі, тому фрактальні методи використовуються для генерації природних форм – гір, хмар, дерев і текстур у комп'ютерній графіці та моделюванні. Тривимірне зображення 3D описує об'єкти у трьох координатах – ширині, висоті та глибині.

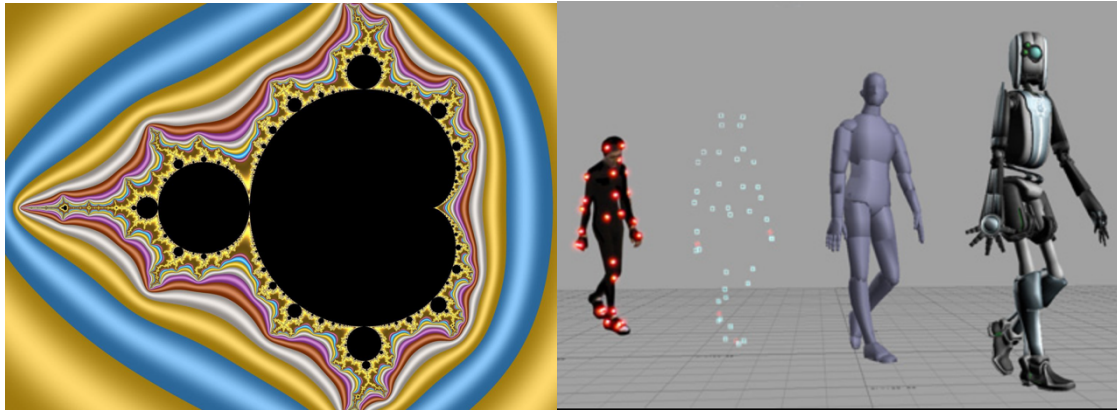


Рисунок 1.2 – Фрактальні та тривимірні зображення [2, 3]

Воно дозволяє створювати реалістичні моделі, сцени та анімації, що широко застосовуються у фільмах, відеоіграх, архітектурному проєктуванні, віртуальній та доповненій реальності. Для зберігання 3D-графіки використовуються спеціальні формати, зокрема OBJ, FBX, STL і 3DS. Таким чином, кожен тип зображень має своє призначення: растрові – для реалістичного відтворення, векторні – для точності та масштабованості, фрактальні – для генерації складних структур, а тривимірні – для створення інтерактивних і просторових візуалізацій.

Серед найпоширеніших форматів виділяють JPEG, PNG, SVG та WEBP.

Формат JPEG створений для ефективного зберігання фотографій і складних зображень, що містять багато кольорів і переходів. Він використовує стиснення з втратами, тому дозволяє значно зменшити розмір

файлу без помітної втрати якості для людського ока. Завдяки цьому JPEG став стандартом для цифрової фотографії, соціальних мереж і вебсайтів.

Формат PNG орієнтований на збереження графіки без втрат якості. Його особливістю є підтримка прозорості, що робить його зручним для логотипів, піктограм і графічних елементів інтерфейсу.

SVG, на відміну від растрових форматів, є векторним, тобто зображення в ньому описуються математично і не втрачають якості при масштабуванні. Це робить SVG ідеальним для створення іконок, діаграм і веб-графіки, яка має адаптуватися до різних екранів.

WEBP – це сучасний формат, розроблений компанією Google, який поєднує переваги JPEG і PNG, забезпечуючи водночас високу якість, прозорість і менший розмір файлів, тому активно використовується для прискорення завантаження вебсторінок.

Формати аудіо також мають свої особливості та застосування.

MP3 став одним із найпоширеніших аудіоформатів у світі завдяки здатності суттєво стискати звукові дані без помітної втрати якості. Це дозволило створювати компактні музичні колекції та розвинути інтернет-радіо і потокові сервіси.

Формат WAV, навпаки, зберігає звук без стиснення, що забезпечує максимальну якість, тому його використовують у студійних записах, монтажі та професійній обробці аудіо.

Формат AAC є вдосконаленим наступником MP3 і забезпечує кращу якість звуку при тій самій швидкості передачі даних, що робить його основним у мобільних пристроях і платформах потокового відтворення.

Формат FLAC належить до аудіо без втрат, тобто стискає дані без жодної втрати якості, забезпечуючи ідеальне відтворення оригінального запису. Його використовують меломани та професійні звукорежисери, яким важлива точність і деталізація звучання.

Формати відео призначені для зберігання та відтворення рухомого зображення разом зі звуком, і серед них найпоширенішими є MP4, AVI, MOV та MKV.

Формат MP4 вважається універсальним стандартом, оскільки підтримується майже всіма пристроями й платформами. Він базується на сучасних алгоритмах стиснення H.264 і H.265, які забезпечують високу якість при відносно невеликих розмірах файлів.

Формат AVI був одним із перших популярних контейнерів для відео у Windows і підтримує різні кодеки, проте через великі розміри файлів поступово втрачає актуальність.

Формат MOV розроблений компанією Apple для професійного монтажу й зберігання високоякісного відео, тому часто використовується у відеоредакторах і кіновиробництві.

MKV є відкритим контейнером, який може поєднувати відео, аудіо, субтитри та метадані в одному файлі, що робить його гнучким рішенням для зберігання фільмів і багатомовного контенту.

Кожен із цих форматів має своє призначення, а вибір залежить від вимог до якості, сумісності та способу поширення мультимедійного матеріалу.

3. Принципи стиснення даних

Стиснення даних є ключовим процесом у мультимедіа, який дозволяє зменшити обсяг інформації для зберігання та передачі, при цьому зберігаючи прийнятний рівень якості. Існують два основних підходи до стиснення: без втрат та з втратами. Стиснення без втрат дозволяє відновити первинні дані у повному обсязі після розпакування, тобто жодна інформація не втрачається. Цей метод використовується тоді, коли важлива точність даних, наприклад у текстових файлах, технічних кресленнях, зображеннях високої якості або аудіо студійного рівня. Алгоритми стиснення без втрат зазвичай аналізують повторювані структури та закономірності у даних і замінюють їх більш компактними кодами. До таких алгоритмів належать методи ентропійного

кодування, як Хаффман, арифметичне кодування та алгоритми на основі словників, наприклад Lempel-Ziv. Завдяки цим алгоритмам можна значно зменшити розмір файлів, не втрачаючи при цьому жодної важливої інформації.

Стиснення з втратами застосовується у тих випадках, коли допустима певна втрата деталей заради зменшення обсягу файлу. Це типово для мультимедійних даних, таких як фотографії, музика та відео, де людина сприймає тільки певні частоти або відтінки, а інші можна видаляти без значної втрати якості. Алгоритми стиснення з втратами аналізують дані та відкидають частини інформації, що вважаються менш важливими для сприйняття. Наприклад, у форматі JPEG при обробці зображень відкидаються надмірні колірні деталі, які не помітні для людського ока, а у форматах MP3 або AAC частини аудіосигналу, що виходять за межі слухового сприйняття, видаляються. Стиснення з втратами дозволяє досягти значного зменшення розміру файлів, що робить його незамінним для інтернет-трансляцій, потокового відео та мобільних пристроїв, де економія трафіку та швидкість завантаження мають першочергове значення.

Алгоритми стиснення з втратами та без втрат мають свої технічні особливості та застосування. Стиснення без втрат вимагає високої точності та надійності, тому його використовують у професійній обробці медіа та архівуванні даних. Стиснення з втратами орієнтоване на людське сприйняття і часто застосовується в споживчих технологіях, де важлива оптимізація обсягу та швидкості передачі. Розуміння принципів роботи обох типів стиснення дозволяє обирати правильні формати та алгоритми для конкретного завдання, забезпечуючи баланс між якістю та розміром файлу. В результаті, знання механізмів стиснення є необхідною основою для роботи з сучасними мультимедійними технологіями та ефективного управління цифровим контентом.

4. Способи кодування і передавання мультимедійних потоків у мережах

Передавання мультимедійних потоків у мережах є одним із ключових аспектів сучасних інформаційних технологій, оскільки дозволяє користувачам отримувати аудіо та відео в режимі реального часу без необхідності завантажувати повні файли. Одним із основних способів є потокове передавання або **streaming**, яке полягає у безперервній передачі даних від сервера до клієнтського пристрою. Під час потокового відтворення мультимедійний контент надходить у невеликих блоках, що дозволяє почати відтворення практично відразу, не чекаючи повного завантаження файлу. Цей метод використовується для онлайн-радіо, відеосервісів, вебінарів та прямих трансляцій, забезпечуючи зручність і оперативність доступу до контенту.

Ще одним важливим механізмом передачі є **buffering** або **буферизація**, яка забезпечує стабільність відтворення потоків при нестабільній швидкості інтернет-з'єднання. Буферизація полягає у тимчасовому збереженні частини мультимедійного потоку на клієнтському пристрої перед відтворенням, що дозволяє компенсувати коливання швидкості завантаження та уникнути переривань. Обсяг буферу та його налаштування безпосередньо впливають на плавність відтворення та затримку між передачею даних і їх відтворенням. Сучасні плеєри та платформи автоматично керують буферизацією, оптимізуючи якість та безперервність потоків відповідно до умов мережі.

Суттєвим удосконаленням традиційного потокового передавання є **adaptive bitrate streaming**, що дозволяє динамічно змінювати якість аудіо та відео залежно від швидкості інтернет-з'єднання користувача. При цьому сервер готує кілька варіантів потоку з різною роздільною здатністю і бітрейтом, а плеєр клієнта обирає найбільш підходящий варіант у реальному часі. Це забезпечує мінімальні переривання і максимальну якість зображення навіть при коливаннях пропускнуої здатності мережі. Adaptive bitrate streaming широко застосовується у популярних відеоплатформах і стрімінгових

сервісах, дозволяючи ефективно поєднувати комфорт користувача і оптимальне використання мережевих ресурсів.

Питання для самоперевірки

1. Що таке мультимедіа і які основні характеристики цього поняття?
2. Яку роль у розвитку мультимедіа відіграла концепція MEMEX Ваннівера Буша та гіпертекстові системи?
3. Які три основні принципи мультимедіа виділяються у сучасних мультимедійних продуктах?
4. Чим відрізняються растрові, векторні, фрактальні та тривимірні зображення та де кожен тип застосовується?
5. Які основні формати графічних, аудіо та відеофайлів і в чому їхні особливості та сфери використання?
6. У чому полягає різниця між стисненням даних без втрат і зі втратами та які алгоритми застосовуються для кожного типу?
7. Як функціонує потокове передавання мультимедіа в мережах і чому воно важливе для онлайн-контенту?
8. Що таке буферизація та adaptive bitrate streaming, і як вони впливають на якість відтворення мультимедійних потоків?

Тема 2. Графічні та анімаційні технології.

2D/3D-графіка, анімація та рендеринг

Мета лекції: формування у студентів теоретичних знань та практичних уявлень про сучасні графічні та анімаційні технології, які застосовуються у мультимедіа. Лекція спрямована на ознайомлення з особливостями 2D- та 3D-графіки, принципами створення анімації та процесом рендерингу, а також на розуміння специфіки основних форматів графічних та анімаційних файлів.

План лекції:

- 1. 2D-графіка та її особливості.**
- 2. 3D-графіка та тривимірне моделювання.**
- 3. Принципи анімації та рендерингу мультимедійного контенту.**

1. 2D-графіка та її особливості

Двовимірна графіка оперує зображеннями, які мають тільки ширину та висоту, без глибини, і формується на основі растрових або векторних методів. Растрові зображення у 2D складаються з пікселів, кожен із яких має певний колір, що дозволяє точно передавати відтінки та деталі. Векторні 2D-зображення описуються математичними формулами, що визначають лінії, криві та багатокутники, завдяки чому вони не втрачають якості при масштабуванні. Двовимірна графіка активно використовується для створення ілюстрацій, логотипів, інтерфейсів, веб-графіки, презентацій та коміксів. Вона дозволяє швидко обробляти зображення, додавати ефекти, трансформації та інтерактивні елементи, що робить її незамінною для мультимедійних продуктів з простим або статичним візуальним рядом.

Серед різноманіття програм, які придатні для розробки графічних анімації, об'єктів снує кілька потужних рушіїв, спеціалізованих на створенні 2D-графіки. Вони відповідають різним потребам розробників – від початківців до професіоналів. Ось огляд трьох найпопулярніших з них [5].

Godot – це безкоштовний, відкритий рушій, який ідеально підходить для 2D-ігор завдяки своїй гнучкості та простоті використання [6]. Він

підтримує багат шарові тайли, анімаційні спрайти, фізику та візуальне програмування через систему GDScript. Godot також дозволяє створювати проекти для різних платформ, включаючи ПК, мобільні пристрої та веб.

Unity – хоча цей рушій відомий своєю підтримкою 3D, він також має потужні інструменти для 2D-розробки. Завдяки таким функціям, як Tilemap, Sprite Renderer та анімаційна система, Unity дозволяє створювати високоякісні 2D-ігри. Він також підтримує кросплатформену розробку, що робить його популярним вибором серед інди-розробників [7].

GameMaker Studio 2 – це спеціалізований рушій для 2D-ігор, який пропонує простий у використанні інтерфейс та власну мову програмування GML. Він ідеально підходить для створення 2D-платформерів, аркад та інших жанрів, де важлива швидка розробка та оптимізація. GameMaker Studio 2 також підтримує кросплатформену розробку, включаючи мобільні пристрої та ПК.

Ці рушії пропонують різні підходи до 2D-розробки, від відкритих та безкоштовних рішень до комерційних з розширеними можливостями. Вибір між ними залежить від ваших конкретних потреб, досвіду та вимог до проекту. Проте, у сучасній мультимедійній індустрії створення високоякісного контенту неможливе без спеціалізованих програмних пакетів, які дозволяють моделювати об'єкти, анімувати їх, обробляти та візуалізувати сцени. Такі пакети відрізняються від ігрових рушіїв тим, що вони не забезпечують безпосереднє інтерактивне відтворення у режимі реального часу, а орієнтовані на створення та підготовку ресурсів, які потім можуть використовуватися в іграх, фільмах, рекламі та віртуальних середовищах. Вони дозволяють детально контролювати форму, текстури, освітлення, рух об'єктів та візуальні ефекти, забезпечуючи високий рівень якості та реалізму кінцевого продукту.

Основні пакети для моделювання, анімації, рендерингу та композитингу – це Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D, Houdini, Nuke та інші. Порівняльна таблиця 2.1 їх характеристик наочно демонструє можливості

для моделювання, анімації, рендерингу та композитингу із зазначенням їх основного призначення.

Таблиця 2.1 – Порівняння сучасних мультимедійних пакетів для створення та обробки та візуалізації об'єктів

Програма	Моделювання	Анімація	Рендеринг	Композитинг і постобробка	Основні сфери застосування
Blender	Так	Так	Так	Так	3D-моделювання, 2D/3D-анімація, VFX, мультимедіа, інтеграція в ігрові рушії
Autodesk Maya	Так	Так	Так	Частково	Кіно, анімація, ігрова індустрія, VFX
Cinema 4D	Так	Так	Так	Частково	Motion design, реклама, VFX, графіка для медіа
Houdini	Так	Так	Так	Частково	Процедурне моделювання, симуляції, спецефекти у кіно
Adobe After Effects	Обмежено	Так	Частково	Так	2D/3D анімація, композитинг, відео, VFX, анімована графіка
Nuke	Обмежено	Так	Частково	Так	Професійний композитинг, VFX, кіно та реклама

У якості практичного застосування на лабораторних роботах, будемо розглядати Blender, який виділяється серед інших програм, тому що він доступний безкоштовно, поєднує всі основні інструменти для моделювання, анімації, рендерингу та композитингу в одному пакеті, а також широко використовується у студіях та онлайн-спільнотах. Це дозволяє навчатися створювати комплексний мультимедійний контент, від 2D- та 3D-моделей до анімації і постобробки, без потреби перемикатися між різними програмами, а також отримати навички, які легко застосовуються у професійних проектах.

У Blender 2D-моделі створюються за допомогою інструмента Grease Pencil, який дозволяє малювати об'єкти безпосередньо у сцені, використовуючи лінії, криві та штрихи, які формують контури та фігури. Ці об'єкти можна редагувати як векторні елементи, змінювати їхні властивості, масштаб і положення, додавати кольори, текстури та ефекти освітлення. Grease Pencil також підтримує покадрову анімацію 2D-об'єктів, що дозволяє

оживляти сцени, створювати рухомі ілюстрації та інтегрувати їх у 3D-простір. Таким чином, Blender дозволяє поєднувати класичні двовимірні методи малювання з сучасними мультимедійними технологіями, створюючи комплексні графічні продукти з високим рівнем деталізації та гнучкістю у редагуванні (рис. 2.1).

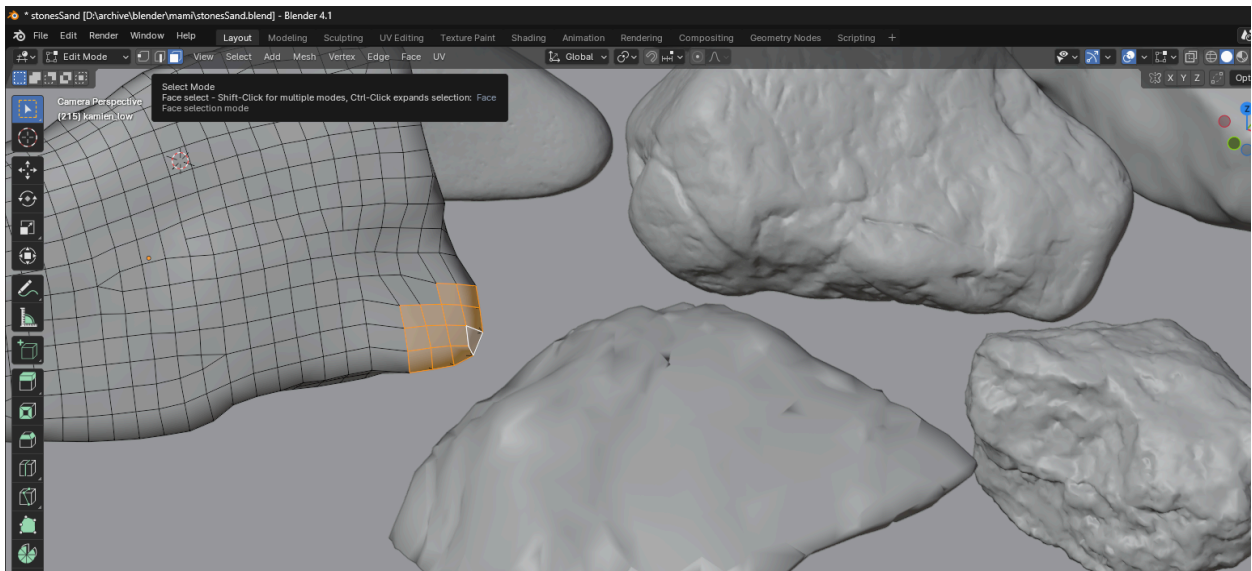


Рисунок 2.1 – Інтерфейс середовища Blender при створенні 2D анімації

Особливостями Blender є невеликий розмір, висока швидкість обробки сцени та наявність версій для багатьох операційних систем, включно з FreeBSD, GNU/Linux, Mac OS X, SGI Irix 6.5, Sun Solaris 2.8, Microsoft Windows, SkyOS, MorphOS та Pocket PC. Пакет підтримує динаміку твердих тіл, рідин та м'яких тіл, має зручну систему гарячих клавіш і великий набір розширень, написаних мовою Python.

Починаючи з версії 2.61, у Blender з'явилися функції відстеження камери та захоплення руху. Програма є вільним програмним забезпеченням і поширюється під ліцензією GNU GPL. Вбудований ігровий рушій Blender Game Engine включає фізичний движок Bullet, підтримку мережевих функцій через скрипти Python, а також графічний рендер із повною підтримкою шейдерів. Blender надає зручний інтерфейс конструктора для створення

ігрової логіки, а також можливість працювати безпосередньо з API через Python-скрипти.

2. 3D-графіка та тривимірне моделювання

3D-графіка оперує об'єктами у тривимірному просторі, де крім ширини та висоти враховується ще глибина. У Blender тривимірне моделювання дозволяє створювати об'єкти будь-якої складності, від простих геометричних фігур до детальних персонажів та реалістичних сцен. Процес моделювання може здійснюватися різними методами: полігональним, криволінійним, скульптингом або процедурним моделюванням. Кожен із цих методів має свої переваги: полігональне моделювання дає точний контроль над формою, скульптинг дозволяє створювати органічні деталі, а процедурне моделювання підходить для генерації складних структур та природних об'єктів.

Blender надає багатий набір інструментів для текстурування, освітлення та рендерингу, що дозволяє надавати об'єктам реалістичний вигляд. Через системи матеріалів і шейдерів можна створювати поверхні з різними властивостями, наприклад, дзеркальні, прозорі або шорсткі. Рендеринг у Blender здійснюється за допомогою двигунів Cycles і Eevee, які забезпечують як фотореалістичне, так і швидке реалістичне відтворення сцен у реальному часі.

Тривимірне моделювання в Blender також інтегрується з анімацією та симуляціями фізики. Можна задавати скелетну анімацію персонажів, рух об'єктів, симуляцію рідин, диму, тканин та м'яких тіл. Це дозволяє створювати комплексні мультимедійні продукти, фільми, інтерактивні сцени та ігрові ресурси, які потім можна використовувати у рушіях, таких як Unity або Godot, для інтерактивного відтворення.

Розглянемо покроковий алгоритм створення 3-вимірної моделі в Blender.

Починають з базового полігонального моделювання, де сцена формується з простих примітивів – кубів, сфер, циліндрів, які поступово редагуються за допомогою інструментів Extrude, Bevel, Loop Cut та Knife для

додавання деталей і формування складних об'єктів. Для органічних форм застосовують скульптинг, який дозволяє “лепити” поверхню моделі подібно до роботи з глиною, використовуючи пензлі для розтягування, згладжування та створення рельєфів.

Для точного позиціонування та редагування елементів моделі використовуються інструменти Transform(переміщення, обертання, масштабування) і Snap, що дозволяє точно приєднувати вершини та об'єкти один до одного. Додатково застосовують Modifiers, такі як Mirror для симетрії, Subdivision Surface для згладжування форми та Array для створення повторюваних елементів.

Після формування основної геометрії модель можна деталізувати за допомогою UV-розгортки, щоб підготувати поверхню для текстурування, і накласти матеріали з використанням системи Shaders, контролюючи колір, прозорість, блиск і інші властивості поверхні. Завдяки таким інструментам Blender дозволяє створювати високодеталізовані 3D-моделі, готові до рендерингу, анімації або експорту у ігрові рушії.

Надалі в лабораторних роботах ми будемо практично застосовувати інструменти Blender для створення 3D-моделей. Навчимося працювати з полігональним моделюванням для формування базових об'єктів, використовувати скульптинг для додавання деталей і модифікатори для швидкого редагування та симетрії. Також буде відпрацьовано точне розташування елементів за допомогою інструментів трансформації, підготовку моделей до текстурування через UV-розгортку та накладання матеріалів і шейдерів. Це дозволить отримати готовий мультимедійний об'єкт, придатний для рендерингу, анімації або інтеграції в ігрові рушії.

3. Принципи анімації та рендерингу мультимедійного контенту

Стиснення даних є ключовим процесом у мультимедіа, який дозволяє зменшити обсяг інформації для зберігання та передачі, при цьому зберігаючи прийнятний рівень якості.

Анімація мультимедійного контенту полягає у створенні ілюзії руху шляхом послідовного відтворення змін об'єктів у часі. У 2D-анімації це досягається через покадрову зміну зображень або маніпулювання спрайтами, тоді як у 3D-анімації Blender дозволяє керувати об'єктами за допомогою скелетної анімації, ключових кадрів та фізичних симуляцій. Основні принципи включають планування руху, плавність переходів, відповідність фізичним законам та емоційне або художнє вираження. Для реалізації анімації використовують таймлайн, графік кривих (Graph Editor) та інструменти автоматичної інтерполяції між ключовими кадрами, що дозволяє створювати реалістичні або художньо стилізовані рухи.

Огляд основних елементів сучасного інтерфейсу програмного комплексу Blender 3D буде стосуватися останньої версії, а саме 3.0, оскільки на найближчі роки кардинальні зміни у інструментах редактора не плануються. Тому переставлений опис буде актуальним і для наступних версій програми (рис. 2.2).

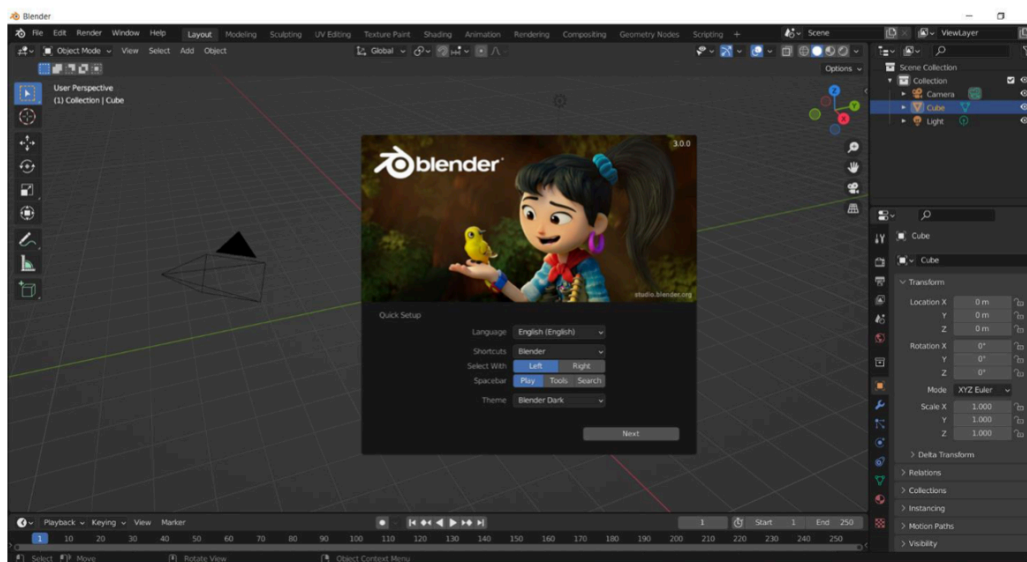


Рисунок 2.2 – Стартова заставка Blender 3.0 одразу ж після встановлення [8]

Робочий простір Blender поділений на окремі робочі області, кожна з яких має свій набір функцій та комбінацій клавіш, які працюють лише коли курсор знаходиться в межах цієї області. Розміри областей можна змінювати,

наводячи курсор на межу та потягнувши її, а також розділяти або об'єднувати області за допомогою перетягування з кута редактора. Для зміни призначення області потрібно у заголовку вибрати потрібний редактор зі списку доступних.

Щоб почати створювати 3D-об'єкти в Blender, насамперед потрібно освоїти навігацію у 3D Viewport. Для обертання сцени використовують натискання колеса миші, переміщення – Shift + коліщатко, а масштабування – Ctrl + коліщатко. Якщо миша не має трьох кнопок, у налаштуваннях можна активувати імітацію трьох кнопок: Alt + ліва кнопка миші обертає сцену, Shift + Alt + ліва кнопка – переміщує, Ctrl + Alt + ліва кнопка – масштабування, прокрутка колеса – дискретне збільшення або зменшення.

Цифрова клавіатура дозволяє швидко змінювати вигляд сцени: «1», «3», «7» – вид спереду, справа та зверху, Ctrl + ці клавіші – вид ззаду, зліва та знизу, «5» – ортографія, «4», «6» – обертання по вертикалі, «2», «8» – по горизонталі, «0» – вид із камери, «.» – наближення до об'єкта, «+» та «-» – дискретне масштабування.

Рендеринг в Blender є процесом перетворення створеної 2D або 3D-сцени у готове зображення чи відео. У Blender для цього застосовують рушії рендерингу Cycles та Eevee, які дозволяють обробляти світло, тіні, відображення, прозорість і матеріали, створюючи реалістичне або стилізоване відтворення сцени. Принципи рендерингу включають трасування променів, обробку глобального освітлення, шейдери для поверхонь об'єктів, а також оптимізацію часу обробки і ресурсів комп'ютера. Правильне поєднання анімації та рендерингу дозволяє отримати плавний, якісний та виразний мультимедійний контент, готовий до демонстрації або інтеграції в мультимедійні продукти та ігрові середовища.

Питання для самоперевірки

1. Що таке 2D-графіка і чим вона відрізняється від 3D-графіки?
2. У чому полягає різниця між растровими та векторними 2D-зображеннями?

3. Які основні сфери застосування 2D-графіки у мультимедіа?
4. Назвіть три популярні рушії для створення 2D-графіки та коротко опишіть їхні особливості.
5. Чим відрізняються мультимедійні пакети для моделювання та анімації від ігрових рушіїв?
6. Які основні пакети використовуються для моделювання, анімації, рендерингу та композитингу і які їхні сфери застосування?
7. Як у Blender створюються 2D-моделі за допомогою інструмента Grease Pencil?
8. Які особливості Blender забезпечують його популярність серед користувачів і студій?
9. Які методи тривимірного моделювання підтримує Blender і які їхні переваги?
10. Опишіть покроковий алгоритм створення 3D-моделі в Blender із використанням полігонального моделювання, скульптингу та модифікаторів.
11. Які основні принципи анімації мультимедійного контенту та які інструменти Blender для цього використовуються?
12. Що таке рендеринг у Blender, які движки застосовуються та як вони впливають на якість і реалістичність сцени?

Тема 3. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR): принципи розробки, інструменти.

Мета лекції: сформувати у студентів теоретичні знання та практичні уявлення про технології віртуальної та доповненої реальності, принципи їх розробки та функціонування. Ознайомити з архітектурою VR і AR систем, основними інструментами та платформами створення таких застосунків. Розвинути розуміння процесів моделювання, візуалізації та інтерактивної взаємодії у віртуальному та доповненому середовищі.

План лекції:

- 1. Поняття віртуальної та доповненої реальності. Імерсивні технології.**
- 2. Інструменти та середовища розробки VR/AR-додатків.**
- 3. Сфери застосування VR/AR-технологій.**

1. Поняття віртуальної та доповненої реальності. Імерсивні технології.

Імерсивні (від англійського *immersive*) технології набувають дедалі більшої актуальності завдяки розвитку високопродуктивних пристроїв, сенсорних систем і програмного забезпечення, що дозволяє створювати реалістичні та інтерактивні середовища. Вони забезпечують нові способи взаємодії з інформацією та контентом, підвищуючи ефективність навчання, тренінгів, професійних симуляцій і розважальних застосунків. Застосування імерсивних технологій у медицині, архітектурі, промисловості та рекламі демонструє їх практичну цінність і потенціал для розвитку інноваційних рішень. Вони формують відчуття повного занурення користувача у цифрове або змішане середовище, поєднуючи візуальні, аудіальні та сенсорні елементи. Завдяки цьому вони дозволяють максимально наблизити досвід до реальних відчуттів, створюючи ефект присутності та взаємодії з об'єктами середовища. Це робить такі технології особливо корисними для моделювання складних процесів, навчальних симуляцій і творчих проєктів.

Сучасні тенденції розвитку імерсивних технологій спрямовані на підвищення доступності та мобільності пристроїв, інтеграцію з хмарними сервісами, штучним інтелектом та аналітичними системами. Розробники прагнуть створювати більш реалістичні, персоналізовані та інтуїтивні середовища, що відкриває нові перспективи для освіти, професійної підготовки та інноваційних індустрій, формуючи основу майбутніх цифрових екосистем.

Віртуальна реальність – це технологія, що створює повністю штучне цифрове середовище, у якому користувач може взаємодіяти з тривимірними об'єктами та простором за допомогою спеціальних пристроїв, таких як VR-окуляри, контролери чи рукавички з сенсорами. Головна мета віртуальної реальності полягає у створенні відчуття присутності, коли людина сприймає віртуальний простір як реальний. Це досягається завдяки поєднанню комп'ютерної графіки, звуку, просторової навігації та зворотного зв'язку.

Сучасні системи VR поєднують високий рівень графічної деталізації, точне відстеження рухів голови та тіла, а також природну інтерактивність. Розвиток технологій візуалізації та трекінгу дозволив досягти майже повного занурення користувача у віртуальне середовище, що відкриває широкі можливості для навчання, симуляцій, розваг, архітектурного моделювання та психологічних досліджень. Усе це робить VR важливим інструментом не лише для ігрової індустрії, а й для наукових і професійних застосувань.

Актуальність віртуальної реальності зростає завдяки розвитку портативних пристроїв, хмарних обчислень і штучного інтелекту. З'являються доступні шоломи нового покоління, що не потребують потужного комп'ютера, а контент стає більш реалістичним і персоналізованим. Сучасні дослідження спрямовані на створення повного мультисенсорного досвіду, де користувач зможе не лише бачити, а й відчувати дотик, вагу, температуру та інші фізичні параметри.

Доповнена реальність – це технологія, яка поєднує цифрові об'єкти з реальним світом, накладаючи віртуальні елементи на зображення з камери

або просторове середовище. Вона не ізолює користувача, а розширює його сприйняття навколишнього простору, додаючи інтерактивну інформацію, підказки чи 3D-об'єкти. Завдяки цьому AR використовується у навігації, освіті, дизайні, медицині, військових системах та рекламі.

На відміну від VR, доповнена реальність не вимагає повного занурення у цифровий простір. Користувач залишається у фізичному середовищі, але може бачити додаткові віртуальні елементи, що реагують на його рухи або положення об'єктів. Основою роботи AR є комп'ютерний зір, який розпізнає поверхні, маркери чи геометрію приміщень і забезпечує точне розташування цифрових елементів у реальному просторі.

Сьогодні технології AR активно розвиваються завдяки мобільним платформам і фреймворкам, таким як ARCore та ARKit. Це сприяє масовому впровадженню доповненої реальності у смартфони, окуляри та промислові системи. Тенденції розвитку AR спрямовані на підвищення стабільності візуалізації, розпізнавання об'єктів і голосове управління, що відкриває нові можливості для створення змішаних інтелектуальних середовищ.

Технологія змішаної реальності поєднує властивості VR і AR, дозволяючи віртуальним об'єктам не просто відображатися поверх реального світу, а взаємодіяти з ним у режимі реального часу. У таких системах цифрові об'єкти можуть реагувати на фізичні умови, змінювати своє положення залежно від руху користувача чи освітлення. Це створює більш природне та реалістичне поєднання двох світів – віртуального й фізичного.

Головна особливість MR полягає у високому рівні інтеграції між цифровим контентом і навколишнім середовищем. Використовуючи датчики просторового відстеження, глибини та руху, система формує узгоджену картину світу, де об'єкти можуть взаємодіяти між собою за законами фізики. Такі рішення застосовуються в інженерії, архітектурному проектуванні, медицині, освіті та сфері тренінгів.

Сучасні тенденції розвитку змішаної реальності орієнтовані на створення компактних і доступних пристроїв, інтеграцію з хмарними

сервісами та використання штучного інтелекту для розпізнавання контексту. MR поступово переходить від експериментальних прототипів до практичних комерційних рішень, формуючи основу для майбутніх інтелектуальних екосистем, у яких межа між реальністю та цифровим світом практично зникає.

Рівні взаємодії людини з реальністю та цифровим контентом подано на рисунку 3.1 від повністю реального світу до повністю змодельованого середовища. Ця класифікація визначає сучасні терміни в сфері VR/AR/MR/XR. Вона допомагає зрозуміти, як різні технології змінюють або доповнюють сприйняття користувача.

- RR (real reality)
- VR (virtual reality)
- AR (augmented reality)
- MR (mixed reality)
- XR (extended reality)
- 360-фото, відео-
контент

Рисунок 3.1 – Рівні взаємодії людини з цифровим контентом [9]

RR (real reality) – це «реальна реальність», або об’єктивна дійсність, яку людина сприймає без втручання цифрових технологій. Це фізичний світ, навколишнє середовище та всі відчуття, отримані природним шляхом.

VR (virtual reality) – повністю змодельоване середовище, у якому користувач відчуває себе присутнім завдяки тривимірній графіці, звуку, тактильним відчуттям і навіть запахам. Тут реальність повністю цифрова, і фізичний світ практично відключений від сприйняття.

AR (augmented reality) – доповнена реальність, де цифрові об’єкти або інформація накладаються на реальний світ. Користувач сприймає реальне середовище, але одночасно отримує додаткові віртуальні елементи, наприклад, навігаційні підказки, 3D-моделі або дані сенсорів.

MR (mixed reality) – змішана реальність, що поєднує елементи VR і AR. Тут цифрові об'єкти можуть взаємодіяти з фізичним світом у режимі реального часу. Приклади – окуляри Microsoft HoloLens, де віртуальні об'єкти «знаходять» своє місце у реальному просторі та реагують на нього.

XR (extended reality) – розширена реальність, загальний термін для всіх технологій, які поєднують VR, AR та MR. XR використовується для позначення будь-яких імерсивних технологій без розділення на конкретний тип.

360-фото і відео – це специфічний вид контенту, який дозволяє переглядати панорамні сцени у всіх напрямках. Це може бути однофотографічне або зшите відео, а також прямі 360° трансляції. Такий формат створює відчуття присутності, але зазвичай не передбачає повної інтерактивності, як у VR чи MR.

Концепція розширеної реальності оєднання реального та цифрового світу з метою збагачення сприйняття користувача додатковою інформацією або інтерактивними об'єктами. Реальне середовище залишається основою сприйняття, а віртуальні елементи доповнюють його, надаючи нові дані, підказки або функції, які неможливо отримати без технологій AR.

Вчені П. Мілграм, Х. Такемура, А. Уцумі та Ф. Кішіно (США, Японія) ще у 1994 році [10] запропонували континуум реальної віртуальності і представили змішану реальність як комбінацію технологій AR та VR (рис. 3.2). У їхній моделі MR представляє всі змодельовані середовища, в яких реальний світ і віртуальний світ протиставлені. Застосунки MR можуть надавати користувачам захоплюючий досвід, який має як реальний, так і віртуальний вміст. До нього входять віртуальна реальність, доповнена реальність, доповнена віртуальність.

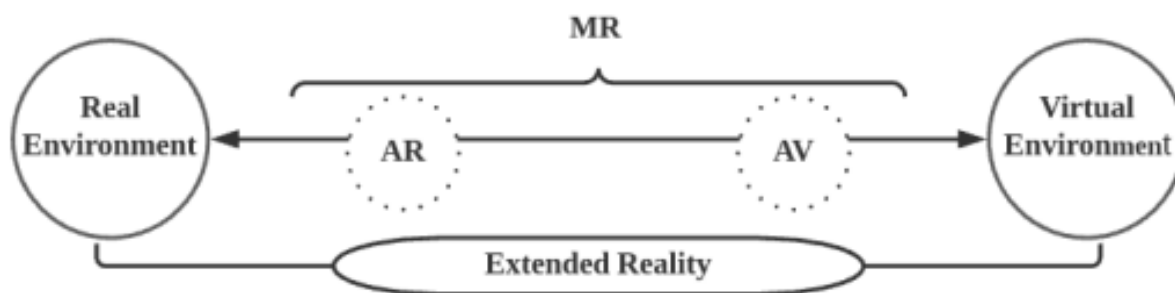


Рисунок 3.2 – Інтерактивність у режимі реального часу [10]

Реальне середовище залишається основою сприйняття, а віртуальні елементи доповнюють його, надаючи нові дані, підказки або функції, які неможливо отримати без технологій AR.

2. Інструменти та середовища розробки VR/AR-додатків

Інструменти та середовища розробки VR та AR-додатків активно розвиваються, забезпечуючи високий рівень реалістичності, інтерактивності та масштабованості проєктів. До актуальних і перспективних платформ відносять Unity та Unreal Engine, які підтримують створення складних тривимірних середовищ, інтеграцію фізичних симуляцій, аудіо та сенсорних даних. Вони також дозволяють працювати з різними пристроями – від VR-шоломів до AR-окулярів, і підтримують публікацію проєктів на мобільних, настільних та веб-платформах. Популярні фреймворки для AR, такі як ARCore та ARKit, забезпечують точне просторове відстеження, розпізнавання поверхонь і об'єктів, що дозволяє інтегрувати цифрові елементи у реальний світ з високою точністю.

Перспективними напрямками є хмарні рішення для VR та AR, які дозволяють зменшити вимоги до потужності локальних пристроїв і створювати більш доступні та масштабовані імерсивні середовища. Використання штучного інтелекту для генерації контенту та адаптивної взаємодії відкриває нові можливості для персоналізації досвіду користувача і автоматизації процесів розробки. Інтеграція з інтернетом речей і сенсорними мережами дозволяє створювати змішані середовища, де цифрові об'єкти реагують на фізичні зміни в реальному часі.

Серед безкоштовних інструментів особливо виділяються Unity та Unreal Engine, які доступні у безкоштовних версіях для навчання та індивідуальної розробки. Unity пропонує простий інтерфейс, широкий набір готових компонентів і можливість створення проектів для VR і AR без значних затрат. Unreal Engine забезпечує потужний рушій для високоякісної графіки та фізики, підтримує візуальне програмування через Blueprints, що дозволяє реалізовувати складні проекти без глибоких знань кодування. Обидві платформи мають активні спільноти та безліч навчальних матеріалів, що робить їх доступними та ефективними для освоєння імерсивних технологій.

У лабораторних роботах ці інструменти та середовища розробки будуть розглядатися на практиці, де ви зможете застосовувати отримані знання для створення власних VR і AR-проектів, зокрема реалізовувати доповнену реальність за допомогою QR-кодів. Такий підхід дозволить наочно побачити, як цифрові об'єкти інтегруються у реальний простір, навчитися працювати з трекінгом та відтворенням контенту у AR-середовищі, а також розвинути ваші практичні навички створення інтерактивних імерсивних застосунків.

3. Сфери застосування VR/AR-технологій

VR і AR технології знаходять застосування у багатьох сферах, де можливість імерсивного занурення або доповнення реального світу відкриває нові можливості. У медицині вони використовуються для тренування хірургів, симуляцій процедур, планування операцій та реабілітації пацієнтів, що дозволяє підвищити точність і безпеку медичних втручань. У промисловості та інженерії VR/AR допомагають у моделюванні складних процесів, дистанційному керуванні обладнанням, навчанні персоналу та оптимізації виробничих ліній [11].

Ресторанна та готельна індустрія також, поступово, але впевнено впроваджує сучасні технології, що дає можливість забезпечити новий цікавий досвід клієнтам та збільшити прибуток бізнесу (рис. 3.3).

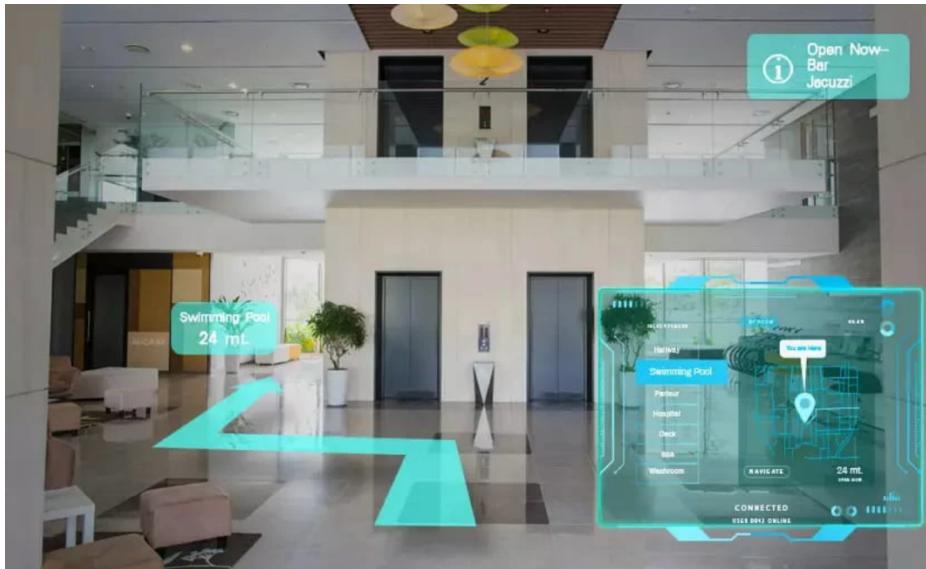


Рисунок 3.3 – Реалізація 3D туру готелю з використанням AR [11]

Освіта та наукові дослідження активно використовують VR і AR для створення інтерактивних навчальних середовищ, лабораторних робіт та симуляцій, що підвищує ефективність засвоєння матеріалу та дозволяє відпрацьовувати практичні навички без ризику для учнів.

У сфері розваг і культурної індустрії ці технології застосовуються у відеоіграх, віртуальних турах музеями, театральних постановках та інтерактивних виставках, створюючи новий рівень взаємодії та занурення для користувачів.

Реклама та маркетинг використовують доповнену та змішану реальність для інтерактивних кампаній, візуалізації продуктів у реальному середовищі та підвищення залученості клієнтів. Архітектура і дизайн застосовують VR/AR для візуалізації проєктів, планування простору та демонстрації інтер'єрів і будівель ще до початку їхнього фізичного створення [12].

Сучасні тенденції показують, що зі зростанням доступності пристроїв і програмних платформ VR і AR технології поступово стають невід'ємною частиною професійної діяльності, освіти та повсякденного життя. Розвиток доповненої реальності та віртуальної реальності відкриває нові можливості для компаній у найрізноманітніших сферах.

Питання для самоперевірки

1. Що таке імерсивні технології і які їхні основні характеристики та переваги?
2. У чому полягає принцип роботи віртуальної реальності і які пристрої використовуються для її реалізації?
3. Які особливості доповненої реальності відрізняють її від віртуальної реальності?
4. Що таке змішана реальність і які її основні можливості у взаємодії цифрового та фізичного світу?
5. Які сучасні інструменти та середовища розробки VR/AR-додатків є найбільш популярними та перспективними?
6. Чим відрізняються безкоштовні версії Unity та Unreal Engine і для чого вони використовуються у VR/AR-розробці?
7. Які способи відтворення AR-контенту існують і як працюють технології маркерів, QR-кодів та деталізації контенту?
8. У яких сферах застосовуються VR/AR-технології і як вони підвищують ефективність навчання, промислових процесів або розваг?
9. Що таке концепція розширеної реальності (XR) і як вона об'єднує технології VR, AR та MR?

Тема 4. Обробка та синтез аудіо та відео: редагування мультимедіа, програмні бібліотеки

Мета лекції: сформувати у студентів теоретичні знання та практичні уявлення про обробку та синтез аудіо і відео, принципи редагування мультимедійного контенту та використання сучасних програмних бібліотек для створення і трансформації медіафайлів. Ознайомити з основними методами маніпуляції аудіо та відео, форматами даних і алгоритмами обробки сигналів, а також розвинути навички застосування програмних інструментів для роботи з мультимедіа.

План лекції:

- 1. Принципи редагування мультимедійного контенту та базові операції з аудіо та відео.**
- 2. Синтез аудіо та відео: генерація, ефекти та композитинг.**
- 3. Програмні засоби для обробки мультимедіа: огляд популярних інструментів та платформ.**

1. Принципи редагування мультимедійного контенту та базові операції з аудіо та відео

Під відеофільмом, як і кінофільмом (англ. cine-film – кіноплівка, кінофільм), здебільшого розуміємо твори кіномистецтва. На сьогодні під час створення і професійного кіно, і приватного відео використовують одну і ту саму технологію – запис відеоданих на комп'ютерні носії – жорсткі магнітні диски або електронні мікросхеми.

Найчастіше під відеофільмом розуміють відео, створене непрофесіоналами, або відео, не призначене для перегляду в кінотеатрах.

Для невеликих за розміром кіно- та відео фільмів використовують термін «кліп» (англ. clip – стискувати, обрізати), або «відеокліп».

Кліп, відеокліп (англ. video clip – «відеовідрізок») – в основному короткий за тривалістю (біля 4-5 хвилин) відрізок відео у музичному супроводі.

Відеофільм складається з кадрів – окремих фрагментів рухомого (відео) або нерухомого (фото) зображення. Відеофільм зазвичай також містить такі об'єкти: заголовок – це один або кілька текстових об'єктів, що з'являються на початку відео фільму на окремих кадрах; титри – це текстові об'єкти, що з'являються або поверх відео та використовуються для пояснення зображення, або в кінці відео та містять відомості про авторів відео фільму.

Звуковий супровід може бути трьох видів:

- записаний разом з відео;
- дикторський, де коментар або пояснення до відео дає третя особа;
- музичний, де лунає музичний твір, що використовується як фоновий під час перегляду відео.

Для зміни зовнішнього вигляду зображення використовуються візуальні ефекти, а також ефекти переходу – ефекти, що використовуються для переходу від одного кадру до іншого.

Під час створення відео фільму у відеоредакторі кадри утворюють відеоряд і розміщуються у відеоредакторі на спеціальній відеодоріжці. Візуальні ефекти та ефекти переходу відображаються зазвичай на відеодоріжці. Звуковий супровід може розміщуватися на кількох окремих звукових доріжках. У Кіностудії Windows звук, записаний разом з відео, відображається на відеодоріжці.

Під час створення відео фільмів варто дотримуватися певної послідовності [13].

I етап: розробка сценарію – детально розробленого плану послідовності окремих кадрів фільму і розміщення окремих об'єктів.

II етап: підготовка потрібних матеріалів – відбувається зйомка всіх епізодів відповідно до сценарію, добирається музика, фото, малюнки, записується звуковий супровід;

III етап: монтаж – опрацювання та розміщення у відповідній послідовності окремих кадрів для отримання цілісного твору – відеофільму.

У процесі монтажу відзнятий матеріал редагується, уточнюється сценарій, накладаються звук і титри – текстові коментарі до кадрів, тощо.

Мультимедія технології є одним з найбільш перспективних і популярних напрямків інформаційних технологій. Вони мають на меті створення продукту, що містить колекції зображень, текстів і даних, що супроводжуються звуком, відео, анімацією і іншими візуальними ефектами, що включає інтерактивний інтерфейс та інші механізми управління [13].

Для операційної системи Windows цей клас програм представлений насамперед звуковими інтерфейсами MME та DirectSound. Для професійної роботи з аудіо застосовується протокол ASIO. В UNIX-подібних системах використовуються звукові підсистеми Open Sound System та ALSA, а в MacOS функціонує підсистема Core Audio.

Звичайно на звукову підсистему покладаються такі основні функції: відтворення та запис оцифрованого звуку, передача та прийом MIDI-повідомлень, керування мікшером звукової карти (регулювання гучності, тембру, перемикання каналів), отримання даних про стан джойстиків, робота з таймером реального часу, а також читання та створення файлів поширених аудіоформатів.

2. Синтез аудіо та відео: генерація, ефекти та композитинг

Існує досить багато методів **синтезу аудіо** як способів створення звуку. У сьогоднішній лекції ми поговоримо про адитивний та субтрактивний методи синтезу. Адитивний метод синтезу (від англ. add – додавати) ґрунтується на теоремі Фур'є, та полягає в тому, що будь-яке періодичне коливання можна представити у вигляді суми синусоїдних коливань різної частоти та амплітуди. Звук утворюється завдяки додаванню двох або більше хвиль різної форми. Існує два види такого синтезу – гармонійний та регістровий. У гармонійному (цей термін відповідає гармонійній гамі, в якій частоти однойменних нот сусідніх октав розрізняються вдвічі) виді синтезу, в якості вихідних, використовуються синусоїдальні коливання з кратними частотами (що відрізняються на ціле число разів) і при цьому амплітуди

можуть бути різні. Субтрактивний метод синтезу (від англ. subtract – віднімати) полягає у тому, що новий тембр утворюється за рахунок віднімання певних частот з початкового насиченого спектру коливання. Цей метод зазвичай використовується разом з адитивним, вони доповнюють одне одного. За допомогою адитивного методу складання утворюється початковий багатий тембр(використовуються хвилі типу пила, трикутник, прямокутник і складніші). Далі за допомогою частотних фільтрів (про них ми ще поговоримо) з сигналу видаляються зайві частоти для того, щоб імітувати потрібний звук [14].

Адитивний та субтрактивний методи синтезу звуку використовуються практично в усіх аналогових синтезаторах. Перевагою цих методів є їх простота реалізації та можливість синтезувати безліч різних звуків.

Основна ідея **синтезу відео** полягає у формуванні нового візуального контенту на основі математичних, алгоритмічних або нейромережевих моделей, що імітують фізичні процеси, світло, колір і рух.

Одним із базових підходів є процедурний синтез, коли відео або окремі його елементи створюються за допомогою алгоритмів, які описують поведінку об'єктів, частинок чи поверхонь. Так, наприклад, можна згенерувати дим, вогонь, хвилі або хмари без реального відеозапису, використовуючи лише математичні формули. Цей метод широко застосовується в анімації, візуальних ефектах і комп'ютерних іграх.

Інший напрям – це синтез відео за допомогою тривимірного моделювання, коли сцена спочатку створюється у 3D середовищі, після чого виконується рендеринг, тобто обчислення зображення на основі моделі освітлення, матеріалів і положення камери. Саме цей підхід лежить в основі створення фотореалістичних відео у кіноіндустрії, рекламі та віртуальній реальності.

Сучасний етап розвитку технологій пов'язаний із генеративним синтезом відео на основі штучного інтелекту. Використовуючи нейронні мережі, можливо автоматично створювати нові кадри, змінювати рух,

відтворювати обличчя або навіть цілі сцени, яких не існувало в реальності. Такі методи лежать в основі deepfake-технологій, генерації відео за текстовим описом та віртуальної реконструкції.

Синтез відео часто поєднується з етапом композитингу, коли результати з різних джерел: 3D-анімації, зйомок, спецефектів накладаються одне на одне для створення єдиного візуального образу. У цьому процесі важливу роль відіграють кольорокорекція, робота з масками, прозорістю і просторовою глибиною.

Основні можливості нейромереж у написанні сценаріїв включають деякі особливості. Найперше, це аналіз трендів та переваг аудиторії: аналізує дані із соціальних мереж, пошукових запитів та інших джерел, щоб виявити актуальні тренди та теми, які цікавлять вашу цільову аудиторію. Також важливим є створення сюжетних ліній та діалогів: генерує основи сценаріїв, включаючи сюжетні лінії, діалоги та характери персонажів, виходячи із заданих параметрів та переваг. Автоматичне завершення тексту може пропонувати продовження діалогів та сцен, допомагаючи сценаристам швидко знаходити нові ідеї та рішення. Персоналізація контенту сумісно з ШІ враховує індивідуальні переваги та особливості цільової аудиторії, щоб створювати більш персоналізовані та релевантні сценарії.

Приклади ППЗ, що дозволяє практично реалізувати композитинг: ChatGPT, Jasper, ScriptBook, Plotagon.

3. Програмні засоби для обробки мультимедіа: огляд популярних інструментів та платформ

В сучасній роботі з мультимедіа ефективність і гнучкість інструментів часто визначають якість кінцевого результату. Добре обране ПЗ дозволяє не лише виконувати базову обробку, але й реалізовувати складні ефекти, інтеграцію аудіо-відео-контенту, а також працювати в мультимедійних конвейєрах за поєднання editing + VFX + аудіо більш ефективно.

Adobe After Effects – це один із стандартних інструментів для створення анімації, графіки руху і композитингу. Програма дозволяє

працювати з ключовими кадрами, шарами, масками, 3D-камерою, текстом, елементами типографіки і спецефектами. Вона реалізована з використанням шарової системи обробки відео- і графічних елементів, має інтеграцію з іншими продуктами Adobe Creative Cloud, підтримку плагінів і шаблонів [15]. У After Effects можна здійснювати кінематографічні переходи, ретушування, трекінг об'єктів, роботу з 3D-компонентами, що дає змогу підготувати складні відеопродукти. Така технологічна база дозволяє створювати як прості заставки, так і повноцінні ролики з композитингом. Особливістю є комерційна складова даних продуктів.

DaVinci Resolve – це універсальна платформа, яка об'єднує редагування відео, корекцію кольору, візуальні ефекти, композитинг та аудіопостобробку в одному середовищі [16]. Програма використовує спеціалізовані робочі області (Edit, Cut, Color, Fusion, Fairlight), що дозволяє переходити між етапами відеопостобробки без необхідності перемикатися на інше ПЗ. Технології включають апаратне прискорення, багатопроцесорну обробку, а також штучний інтелект у рушії DaVinci Neural Engine в старших версіях для автоматизованого трекінгу, шумозаглушення та аналізу кадрів. У безкоштовній версії надаються максимально широкі можливості, що робить її привабливою як для професіоналів, так і для аматорів.

Ableton Live – це програмне забезпечення в першу чергу орієнтоване на роботу з аудіо, воно також має значення в мультимедійних проєктах, особливо там, де потрібно інтегрувати звук, музику, аудіоефекти чи навіть синхронізувати аудіо з відео [17]. Програма пропонує два основні режими роботи: Session View для імпровізацій та живих виступів і Arrangement View для лінійного монтажу. Вона має великий набір віртуальних інструментів, ефектів, підтримку MIDI та аудіо-плагінів. Крім того, інтеграція з апаратурою, живим виступом і можливість швидкої обробки музичних і аудіоідео компонентів роблять Live корисним інструментом для створення звукового супроводу, музичних кліпів або інтерактивних шоу.

Blender – це безкоштовне відкриття програмне забезпечення з відкритим кодом, яке охоплює широке коло можливостей: 3D-моделінг, анімацію, рендеринг, відеоредагування, композитинг та трекінг [18]. У контексті мультимедіа Blender дозволяє імпортувати відео, здійснювати монтаж, застосовувати вузловий композитинг, інтегрувати 3D-сцени з живими зйомками, створювати спецефекти, трекінг камери й об'єктів. Це дає змогу пропустити етапи між різними програмами та зосередитися на єдиному середовищі. Завдяки відкритій архітектурі користувачі можуть самостійно розширювати функціональність, створювати додатки й автоматизувати процеси.

У лабораторних роботах за даною темою передбачається практичне ознайомлення з основними можливостями Blender. Будуть вивчатись базові операції з моделювання об'єктів, створення простих сцен, застосування матеріалів і текстур, виконання рендерингу готових композицій. Окрему увагу приділено композитингу та відеомонтажу, зокрема поєднанню 3D-елементів із реальним відео, роботі з камерою, освітленням та спецефектами. Практична частина спрямована на формування навичок використання Blender як універсального середовища для створення мультимедійного контенту.

Питання для самоперевірки

1. Що таке синтез аудіо і як відрізняються адитивний та субтрактивний методи синтезу звуку?
2. Які основні можливості Adobe After Effects для роботи з відео та графікою руху?
3. У чому особливість DaVinci Resolve і як вона об'єднує редагування відео, корекцію кольору та аудіообробку?
4. Для чого використовується Ableton Live у мультимедійних проектах і які основні режими роботи програми?
5. Які ключові функції Blender у сфері 3D-моделювання, анімації та відеомонтажу?

6. Що таке вузловий композитинг у Blender і як він застосовується для поєднання 3D-сцен із відео?
7. Які переваги використання відкритого ПЗ на прикладі Blender у мультимедійних проєктах?
8. Як у Blender реалізується трекінг камери та об'єктів у відео?
9. У чому полягає роль рендерингу та матеріалів у створенні фінального мультимедійного продукту?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ІНТЕРФЕЙСИ ТА КРОСПЛАТФОРМЕННІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ РІШЕННЯ

Тема 5. Інтерактивні мультимедійні інтерфейси: UI/UX-дизайн, адаптивні веб- і мобільні додатки

Мета лекції: сформувати у здобувачів знання про принципи побудови інтерактивних мультимедійних інтерфейсів, основи UI/UX-дизайну та підходи до створення адаптивних веб- і мобільних додатків. Лекція спрямована на розуміння взаємодії користувача з цифровими середовищами, особливостей проектування інтерфейсів, що забезпечують зручність, естетику та ефективність роботи з мультимедійним контентом.

План лекції:

5.1 Поняття та особливості інтерактивних мультимедійних інтерфейсів.

5.2 Основи UI/UX-дизайну: принципи зручності, візуальної логіки та користувацького досвіду.

5.3 Адаптивний дизайн для веб- і мобільних додатків: технології, підходи та інструменти розробки.

5.4 Тенденції розвитку мультимедійних інтерфейсів і приклади сучасних реалізацій.

5.1 Поняття та особливості інтерактивних мультимедійних інтерфейсів

Інтерактивний мультимедійний інтерфейс — це середовище, у якому користувач має можливість активно впливати на зміст, послідовність і форму подання інформації за допомогою елементів керування, сенсорних або жестових дій, голосових команд тощо.

Сучасні інтерактивні медіадодатки посідають значне місце в інтернет-просторі та охоплюють широкий спектр напрямів і функцій. Їх можна умовно класифікувати за призначенням.

Одним із найпоширеніших видів є соціальні медіа – поняття, що охоплює різні форми активності, пов’язані зі створенням, поширенням і обговоренням інформації великою кількістю користувачів. На відміну від традиційних засобів масової інформації, таких як преса, радіо чи телебачення, соціальні медіа базуються на взаємодії людей і забезпечують двосторонній обмін контентом (рис. 5.1). Вони дають змогу не лише сприймати інформацію, а й коментувати, редагувати та поширювати її серед спільнот.



Рисунок 5.1 – Різновиди сучасних соціальних медіа [19]

До платформ соціальних медіа належать інтернет-форуми, персональні та колективні блоги, як LiveJournal, Twitter; сервіси аудіо- і відеопідкастів, як YouTube, Slideshare, PodFM; системи спільного редагування контенту, як Wikipedia; електронна пошта з груповими сервісами, як Google Groups, Yahoo! Groups; соціальні мережі; агрегатори контенту; онлайн-ігри.

Окрему категорію становлять медіавидання, які відрізняються від традиційних друкованих джерел своєю інтерактивністю. У таких виданнях

користувач може не лише переходити за гіперпосиланнями, а й активно взаємодіяти з матеріалом, впливати на події або моделювати процеси. Інформація подається у мультимедійному форматі – текст, зображення, звук, відео та анімація утворюють єдину інтерактивну структуру.

Ще одним різновидом інтерактивних медіа є віртуальні тури – сучасна технологія візуального представлення простору, що дає змогу глядачеві зануритися у зображення об'єкта. Основою таких турів є сферичні панорами, які забезпечують огляд усередині сцени та створюють ефект присутності. Завдяки цьому користувач може детально роздивитися простір, інтер'єр і предмети, отримуючи більш цілісне враження, ніж при перегляді звичайних фотографій.

Інтерактивні мультимедійні інтерфейси вирізняються поєднанням функціональності та естетики, і саме це забезпечує зручність і привабливість їх використання. До особливостей належить динамічність елементів, застосування анімації для візуального зворотного зв'язку, підтримка мультитач-жестів, інтеграція 3D-об'єктів та доповненої реальності, що дозволяє користувачеві активно взаємодіяти з контентом і формувати індивідуальний досвід сприйняття інформації. Завдяки таким характеристикам інтерфейси стають інтуїтивними, адаптивними до різних пристроїв і сценаріїв використання, а також здатні створювати більш повне і захопливе занурення в мультимедійний простір.

5.2 Основи UI/UX-дизайну: принципи зручності, візуальної логіки та користувацького досвіду

Невід'ємною ланкою створення інтерактивного мультимедійного інтерфейсу є інтерактивний дизайн цього інтерфейсу. Interaction Design (Інтерактивний дизайн) – це галузь дизайну, яка створює взаємодію між користувачем і цифровим продуктом або послугою. У своїй суті Interaction Design – це створення не просто зручного інтерфейсу, а й приємного досвіду для користувача, що залучає.

Починаючи з появи комп'ютерів у повсякденному житті, дизайнери стикалися з новими викликами, незважаючи на той факт, що візуальний аспект продуктів ставав дедалі важливішим.

Однак, через те, що технології розвивалися, дизайнери стали усвідомлювати, що привабливий зовнішній вигляд – лише частина успіху. Суть полягала в тому, щоб зробити взаємодію з продуктом інтуїтивною і приємною для користувача. У цьому контексті і почала формуватися концепція Interaction Design, ставлячи перед собою завдання не тільки створення візуально привабливих інтерфейсів, а й поліпшення загального досвіду взаємодії.

Основні принципи Interaction Design орієнтовані на забезпечення ясності інтерфейсу, зрозумілості, гнучкості та задоволення користувацьких потреб. Усе це полегшує взаємодію користувача з продуктом. Розуміння принципів дизайну якраз входить у курси по UI/UX дизайну як від відомих світових, так і українських платформ [20-21].

У своїй праці «The Design of Everyday Things» Дональд Норман (колишній віце-президент компанії Apple) запропонував наступні виміри інтерактивного дизайну [22]:

- 1D – слова. Текст мультимедіа має бути ясным і зрозумілим, без складних і довгих термінів, тільки прості та зрозумілі слова;
- 2D – візуальні уявлення. Графіка – добре, але без надлишку, поміркованість – найважливіше правило;
- 3D – фізичні об'єкти або простір. Сюди відносяться усі периферійні пристрої: миші, клавіатури, мобільні пристрої тощо. Важливо, щоб вони були зручними у використанні.

Під UI (User Interface) дизайном розуміють візуальний шар-інтерфейсу – кнопки, кольори, типографіка, макети, взаємодія, тоді як UX-дизайн фокусується на тому, як користувач відчувається під час використання продукту й наскільки легко він досягає своїх поставлених завдань. Візуальна логіка передбачає створення інтерфейсу, де очі користувача природно

скеровуються до важливих елементів, структура контенту відображає очікування й інтуїтивно зрозуміла, а дизайн-рішення підкріплюються розумінням людей, їхнього контексту та сценаріїв дій.

Принцип зручності охоплює такі аспекти як мінімізація кроків для виконання завдання, чітка навігація, передбачувана поведінка елементів і адаптивність до пристрою чи контексту. У дизайні інтерфейсів зручною має бути не лише візуальна подача, але й потік взаємодії – від першого кліку до кінцевого результату. Якщо користувач не витрачає надмірно часу на розуміння, як користуватися додатком, або не стикається з несподіванками під час взаємодії, то дизайн вважається успішним. Останнім часом усе більше уваги приділяється доступності й інклюзивності – це також складові зручності, адже створення інтерфейсу, що працює для більшої кількості людей (різного віку, фізичних можливостей, контексту використання) автоматично підвищує якість UX.

Візуальна логіка забезпечує зрозумілу структуру інформації, де дизайн елементів керується законами сприйняття: ієрархія, контраст, близькість, вирівнювання, простір – усе це допомагає створити композицію, яка підказує користувачу, що важливе, а що другорядне. Наприклад, великий заголовок із яскравим кольором привертає увагу, тоді як менший текст або менш контрастний елемент сприймається як допоміжний. Такий підхід дозволяє уникнути перевантаження інформацією, зменшити когнітивне навантаження і зробити інтерфейс інтуїтивним. Візуальна логіка також означає узгодженість стандартів – однакові кольори та шрифти, єдина система іконок та дій на різних екранних майданчиках роблять продукт зрозумілим і впізнаваним.

Користувацький досвід – це не просто завершення задачі, а те, як користувач відчуває продукт, що він отримує, чи залишився задоволений і чи буде готовим повернутися. У UX-дизайні особлива увага приділяється дослідженню користувачів, їхніх потреб і сценаріїв, створенню прототипів, тестуванню й ітераціям. Хороший UX-дизайн визнає, що ідеї треба

перевіряти з реальними людьми, фіксувати точки болю, спрощувати шляхи, ігноруючи зайві кроки, і формувати досвід, який не викликає фрустрації. Вирішальним є те, чи легко користувачу знайти потрібне, зробити те, що він хоче, і чи подобається йому це. Інакше кажучи, успішний інтерфейс працює сам для себе – користувач не задумується, система робить усе для нього зрозумілим і природним.

Таблиця 5.1 демонструє заємов'язок між візуальними елементами інтерфейсу та користувацьким досвідом, показуючи, як дизайн елементів, їхня логічна організація та адаптивність впливають на ефективність, зручність і задоволення користувача від взаємодії з продуктом.

Таблиця 5.1 – Порівняння основних принципів UI і UX

Принцип	UI-аспект	UX-аспект
Зручність	дизайн елементів, зоровий комфорт	мінімальні кроки, передбачуваність дій
Візуальна логіка	ієрархія, контраст, узгодженість стилю	потік користувача, навігація, сценарії
Користувацький досвід	естетика, привабливість	задоволення, ефективність, повернення на головну сторінку
Адаптивність	стиль і макети під різні екрани	персоналізація, контекст, інклюзивність

Таблиця дозволяє наочно порівняти фокус UI на естетиці та структурі, тоді як UX орієнтований на реальні потреби користувача, передбачуваність дій і загальне сприйняття інтерфейсу, що допомагає дизайнерам приймати збалансовані рішення при проектуванні мультимедійних інтерфейсів.

Наступна таблиця 5.2 демонструє відмінності підходів до формування інтерфейсів для веб- та мобільних додатків, враховуючи особливості екранного простору, способи взаємодії, контекст використання та навігаційні рішення. Таблиця дозволяє наочно порівняти, як дизайнери адаптують UI та UX до різних платформ, щоб забезпечити зручність і ефективність користувацького досвіду.

Таблиця 5.3 – Порівняння підходів до дизайну для веб- та мобільних додатків

Параметр	Веб-додатки	Мобільні додатки
Екранний простір	великий екран, багатоклонна структура	обмежений простір, вертикальна орієнтація
Взаємодія	курсор, кліки, наведення	дотики, жести, мультитач
Контекст використання	сидяча робота, стабільне підключення	рух, короткі сесії, змінне підключення
Навігація	меню, панелі, вкладки	таби, бургер-меню, свайпи

Аналіз UI і UX показує, що візуальні елементи, їхня логічна організація та адаптивність безпосередньо впливають на ефективність, зручність і задоволення користувача, а застосування принципів зручності, візуальної логіки та орієнтації на користувача дозволяє мінімізувати когнітивне навантаження і створювати більш інклюзивні й доступні продукти. Порівняння підходів до веб- і мобільних додатків свідчить про необхідність адаптації дизайну під специфіку платформи та контекст використання, що забезпечує ефективну навігацію, передбачуваність дій і високий рівень користувацького досвіду. Таким чином, успішний UI/UX-дизайн інтегрує естетику, функціональність і психологічні аспекти взаємодії, формуючи середовище, де користувачі можуть легко досягати своїх цілей і отримувати позитивні емоції від взаємодії з продуктом.

5.3 Адаптивний дизайн для веб- і мобільних додатків: технології, підходи та інструменти розробки

Адаптивний дизайн для веб- і мобільних додатків є ключовим елементом сучасного UI/UX-дизайну, оскільки дозволяє забезпечити комфортну та ефективну взаємодію користувача з продуктом на різних пристроях і в різних умовах використання. Основна мета адаптивного дизайну полягає у створенні інтерфейсу, який підлаштовується під розмір екрану, орієнтацію, роздільну здатність та характеристики пристрою,

зберігаючи при цьому зручність навігації, читаність контенту та естетичну цілісність.

Технології, що застосовуються для реалізації адаптивного дизайну, включають HTML5, CSS3 та JavaScript, а також сучасні фреймворки і бібліотеки, такі як Bootstrap, Foundation, Material-UI, React Native і Flutter. CSS-медіа-запити дозволяють змінювати стилі залежно від розміру екрану, а гнучкі сітки і відносні одиниці вимірювання забезпечують масштабованість і правильне розташування елементів. JavaScript використовується для динамічного підлаштування інтерфейсу, керування поведінкою компонентів і адаптації взаємодії до можливостей сенсорних екранів та жестів. Для поглибленого вивчення технологій, що використовуються у адаптивному дизайні, а саме HTML5, CSS3, JavaScript, медіа-запити тощо пропоную курс «Learn Responsive Design» на платформі web.dev [23].

Підходи до адаптивного дизайну включають mobile-first і responsive design. Ренкомендовані параметри налаштувань досліджені авторами [24] та подані на рисунку 5.2.

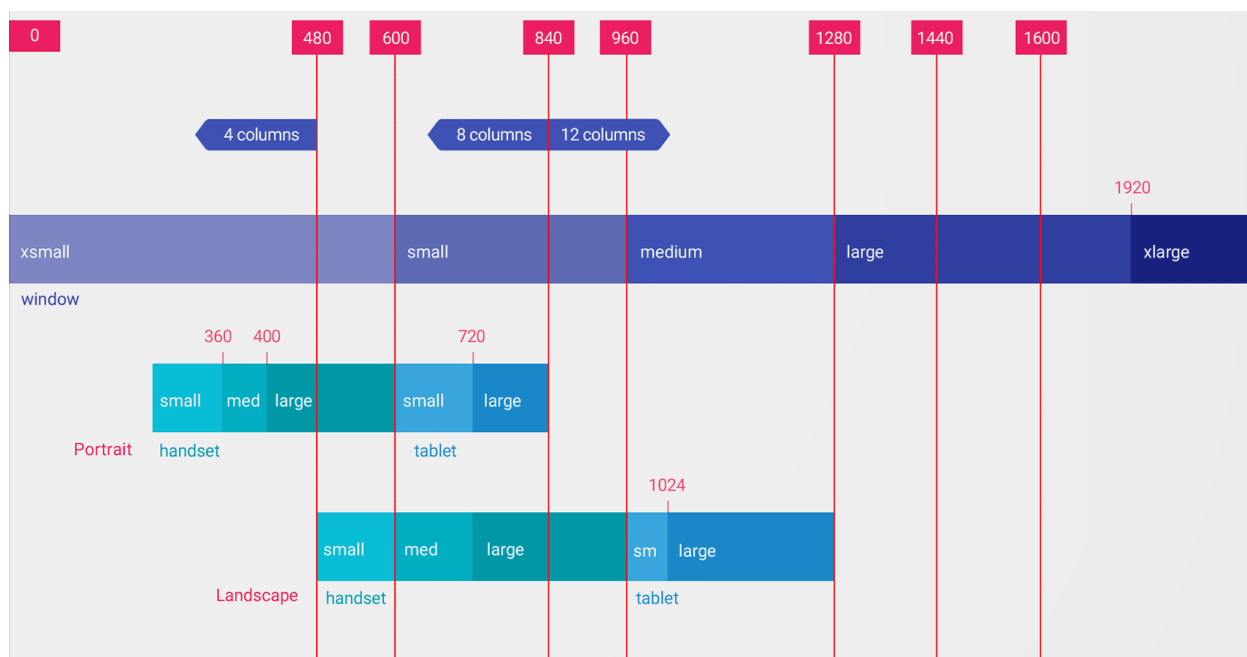


Рисунок 5.2 – Параметри адаптивності мультимедіа для різних розмірів екрану [24]

Mobile-first підхід передбачає проектування інтерфейсу спершу для мобільних пристроїв із обмеженим екранним простором, а потім поступове розширення дизайну для планшетів і десктопів. Responsive design спрямований на забезпечення гнучкості інтерфейсу, що автоматично підлаштовується під різні екрани за допомогою гнучких сіток, відносних розмірів шрифтів та масштабованих зображень. Інший підхід, adaptive design, передбачає створення декількох фіксованих версій інтерфейсу для різних категорій пристроїв, що дозволяє оптимізувати користувацький досвід для кожної платформи.

Сучасні інструменти розробки адаптивних веб- і мобільних додатків забезпечують дизайнерів і розробників широкими можливостями для тестування та валідації інтерфейсів на різних пристроях. Інструменти, такі як Figma, Adobe XD, Sketch та InVision, дозволяють створювати інтерактивні прототипи з адаптивними макетами, перевіряти поведінку компонентів на різних розмірах екрану і проводити користувацьке тестування ще на етапі проектування. Крім того, сучасні середовища розробки, включаючи Visual Studio Code, Android Studio та Xcode, підтримують live preview і емулятори різних пристроїв, що значно прискорює процес адаптації дизайну та перевірку його коректності.

Завдяки адаптивному дизайну користувачі отримують цілісний і зручний досвід незалежно від того, чи працюють вони на смартфоні, планшеті чи десктопі. Це дозволяє підвищити задоволеність користувача, зменшити час навчання роботі з продуктом і забезпечити ефективну взаємодію з контентом у будь-якому контексті використання.

5.4 Тенденції розвитку мультимедійних інтерфейсів і приклади сучасних реалізацій

Однією з трендів 2025 року у сфері UI/UX, які останнім часом розвиваються дуже стрімко, є зростання використання тривимірних елементів мультимедіа, з застосуванням доповненої та віртуальної реальності в інтерфейсах [25]. Інтерфейси, які раніше були плоскими і двовимірними,

сьогодні доповнюються глибинами, об'єктами, що можна обертати, зануренням у простір та інтерактивною взаємодією в реальному середовищі. Це створює ефект присутності та значно підвищує залученість користувача — він не лише бачить, а й відчуває цифрову взаємодію як частину своєї фізичної реальності. Переглянути приклади можна на сторінках з UI/UX-трендами, які містять ілюстрації 3D-елементів.

Інша важлива тенденція – персоналізація та інклюзивний дизайн. Інтерфейси стають «розумнішими» й адаптуються під індивідуальні вподобання, звички користувача, контекст його використання.

Необхідність інклюзивного дизайну сучасних мультимедійних продуктів зумовлена гендерними стереотипами, проблемами доступності, расовою нечутливістю, культурною апропріацією (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Основні аспекти інклюзивного UX-дизайну [26]

Ці аспекти вирішуються налаштуванням темної або світлої теми, вибором розміру шрифту, адаптацією макету під різні пристрої, а також врахуванням потреб людей з обмеженими можливостями. Такі підходи створюють більш емпатичний досвід і підвищують задоволеність користувача. Більш детально з прикладами можна ознайомитися у публікації

[26], де зазначено, що «інклюзивний дизайн в UX часто асоціюється з розробкою дизайну для людей з інвалідністю. Однак він виходить за межі інвалідності та враховує різноманітні потреби всіх користувачів, тісно узгоджуючи принципи доступності UX, які гарантують, що цифровий досвід може бути використаний усім».

Помітним є повернення до «тактильності» та фізичних елементів керування – навіть у цифрових інтерфейсах використовуються кнопки, жести, фізичні перемикачі або ефекти імітації текстури, щоб підсилити відчуття взаємодії. Цей підхід відповідає бажанню користувачів мати більш зрозумілу і природну взаємодію, а не лише натискати на екран. Інтерфейси починають використовувати мікроінтерації, анімації, що підказують дію, і жести, що замінюють стандартні кліки.

Окремо варто виділити тенденцію сталого та етичного дизайну, який включає не лише функціональність, а й відповідальність перед користувачем і довкіллям. Це означає створення інтерфейсів з низьким енергоспоживанням, оптимізацію ресурсів, уникнення тем “темного UX”, де користувача вводять в оману, а також відкритість і прозорість алгоритмів персоналізації. Такі підходи підвищують довіру користувача і забезпечують більш тривалі відносини між продуктом і його аудиторією.

Питання для самоперевірки

- 1 Що таке інтерактивний мультимедійний інтерфейс і які його основні характеристики?
- 2 Які основні види інтерактивних медіа ви можете назвати та чим вони відрізняються від традиційних засобів масової інформації?
- 3 У чому полягає інтерактивність медіавидань і які можливості вона надає користувачеві?
- 4 Які технології лежать в основі створення віртуальних турів і який ефект вони забезпечують?
- 5 Які особливості інтерактивних мультимедійних інтерфейсів забезпечують інтуїтивність і привабливість користування?

- 6 Що таке Interaction Design і як він пов'язаний із поняттями UI та UX?
- 7 У чому полягають основні принципи зручності, візуальної логіки та користувацького досвіду?
- 8 Як взаємопов'язані UI та UX?
- 9 Які основні відмінності між веб- і мобільними додатками в контексті UI/UX-дизайну?
- 10 Які технології та фреймворки використовуються для реалізації адаптивного дизайну у веб- та мобільних додатках?
- 11 У чому полягають відмінності між підходами mobile-first, responsive design та adaptive design?
- 12 Назвіть основні тренди розвитку мультимедійних інтерфейсів та поясніть, як вони впливають на користувацький досвід.

Тема 6. Кроссплатформенність розробок мультимедійних додатків

Мета лекції: ознайомитись з принципами, технологіями та інструментами кроссплатформенного підходу до розробки мультимедійних додатків з метою забезпечення їх сумісності, адаптивності та ефективного функціонування на різних операційних системах і пристроях. Розкрити переваги та виклики використання кроссплатформених фреймворків, показати вплив такого підходу на продуктивність, інтерфейс і користувацький досвід, а також обґрунтувати доцільність його застосування для створення сучасних інтерактивних мультимедійних продуктів.

План лекції:

6.1 Поняття та принципи кроссплатформенності в мультимедійних розробках

6.2 Технології, фреймворки та інструменти кроссплатформеної розробки мультимедійних додатків

6.1 Поняття та принципи кроссплатформенності в мультимедійних розробках

Мультимедія технології є одним з найбільш перспективних і популярних напрямків інформаційних технологій.

Кроссплатформенність у розробці мультимедійних додатків передбачає створення програмного продукту, який може працювати на різних операційних системах і пристроях без необхідності повного переписування коду. Такий підхід базується на ідеї єдиної кодової бази, що адаптується під специфіку кожної платформи за допомогою проміжних шарів або фреймворків. У контексті мультимедійних застосунків кроссплатформенність відіграє особливо важливу роль, оскільки забезпечує однаковий рівень якості взаємодії користувача з контентом на смартфоні, планшеті, комп'ютері чи веббраузері. Це створює цілісне середовище сприйняття медіа та сприяє поширенню цифрового продукту серед більшої аудиторії.

Переваги кросплатформених підходів проявляються насамперед у скороченні часу та вартості розробки. Оскільки основна логіка програми реалізується один раз, зменшується обсяг дублювання коду та кількість команд, залучених до розробки для різних платформ. Це дозволяє досягати швидшого виходу продукту на ринок і забезпечувати оновлення для всіх систем одночасно. Важливою є й узгодженість дизайну та функціональності, що гарантує однакове користувацьке враження незалежно від пристрою.

У таблиці 6.1 подано спрощену схему порівняння нативного та кросплатформеного підходів, де показано спільну логіку та адаптаційні шари для різних середовищ виконання.

Таблиця 6.1 – Порівняльна таблиця підходів до розробки мультимедійних продуктів

Параметр	Нативні	Гібридні	Кросплатформені
Ціна розробки	Висока	Низька	Середня
Швидкість розробки	Повільна	Висока	Середня
Продуктивність	Максимальна	Низька	Висока (але не як нативна)
UX/UI	Високий рівень	Спрощена	Близько до нативного
Масштабованість	Висока	Низька	Середня/висока
Підтримка	Складна (2 команди)	Проста	Проста (1 кодова база)

Водночас кросплатформені рішення мають і свої виклики. Одним із основних обмежень є неповний доступ до нативних функцій пристрою, таких як апаратне прискорення, сенсорні модулі або системні API, що може позначатися на продуктивності мультимедійних компонентів. Також різниця у продуктивності може бути спричинена додатковим шаром абстракції, через який здійснюється взаємодія між кодом програми та системними ресурсами. Тому розробникам доводиться ретельно оптимізувати медіафайли, керувати потоками даних і проводити тестування на реальних пристроях.

Архітектурні принципи кросплатформених систем базуються на чіткому розподілі логіки між ядром додатка та інтерфейсом користувача.

Ядро містить функціональні модулі, спільні для всіх платформ, тоді як інтерфейс адаптується до конкретного середовища за допомогою API або спеціальних бібліотек. Незалежність від операційної системи досягається використанням абстрактних шарів взаємодії, які уніфікують обробку подій, графіку, аудіо та інші мультимедійні процеси.

Таким чином, кросплатформенність у мультимедійній розробці виступає стратегічним підходом, що дозволяє поєднати гнучкість програмного забезпечення, економічну ефективність і стабільність користувацького досвіду, забезпечуючи водночас широке охоплення цифрового продукту на різних пристроях.

6.2 Технології, фреймворки та інструменти кросплатформеної розробки мультимедійних додатків

З роками кросплатформенна розробка додатків стала одним з найпопулярніших способів створення мобільних додатків. Кросплатформний або багатоплатформний підхід дозволяє розробникам створювати додатки, які однаково працюють на різних мобільних платформах.

Зростаюча популярність технології крос-платформної мобільної розробки призвела до того, що на ринку з'явилося багато нових інструментів. Серед безлічі доступних варіантів може бути складно вибрати той, який найкраще відповідатиме вашим потребам. Щоб допомогти вам знайти потрібний інструмент, ми склали список з шести найкращих фреймворків для кросплатформної розробки додатків та функцій, які роблять їх чудовими. В кінці статті ви також знайдете кілька ключових моментів, на які варто звернути увагу при виборі фреймворку для багатоплатформної розробки для вашого бізнесу.

Мобільні інженери використовують крос-платформні фреймворки для мобільної розробки, щоб створювати нативні додатки для різних платформ, таких як Android та iOS, використовуючи єдину кодову базу. Спільний доступ до коду – одна з ключових переваг цього підходу над нативною

розробкою додатків. Наявність єдиної кодової бази означає, що мобільні інженери можуть заощадити час, уникаючи необхідності писати код для кожної операційної системи, що прискорює процес розробки.

Кросплатформені фреймворки відіграють ключову роль у сучасній розробці мобільних і мультимедійних додатків, оскільки дають змогу створювати рішення для кількох операційних систем на основі єдиної кодової бази. На ринку представлено велику кількість інструментів, і вибір оптимального залежить від мети проєкту, технічних вимог та досвіду команди розробників. Не існує універсального рішення, однак кілька технологій сформували основу сучасного підходу до кросплатформної розробки.

Одним із часто використовуваних рішень є фреймворк Flutter [28], творений компанією Google. Цей фреймворк використовує мову Dart і дозволяє створювати мобільні, веб- та десктопні додатки. Його рушій рендерингу працює незалежно від веббраузера, а функція гарячого перезавантаження забезпечує миттєве оновлення змін у коді. Flutter підтримує систему дизайну Material Design і активно використовується такими компаніями, як eBay, Alibaba та Google Ads.

Іншим поширеним рішенням є React Native [29], який з'явився завдяки компанії Meta. Він базується на бібліотеці React і використовує мову JavaScript, що робить його зручним для веброзробників. React Native забезпечує рендеринг інтерфейсу засобами нативних компонентів, дозволяє швидко тестувати зміни та інтегрується з інструментом налагодження Flipper. Цей фреймворк активно застосовується у продуктах Microsoft, Facebook і Skype.

Серед новіших рішень варто відзначити .NET MAUI [30] від Microsoft, що дозволяє створювати нативні програми для Android, iOS, macOS та Windows мовами C# і XAML. Він забезпечує єдину систему проєктів і кросплатформні API для роботи з апаратними можливостями пристроїв.

Ще одним гнучким інструментом є NativeScript, який використовує JavaScript або TypeScript і дозволяє створювати додатки без використання WebView, працюючи безпосередньо з нативними API. Його часто обирають невеликі компанії й стартапи завдяки простоті інтеграції та доступним шаблонам.

Вибір конкретного фреймворку визначається низкою факторів, серед яких компетенції команди, стабільність і підтримка постачальника, можливості кастомізації інтерфейсу, зрілість технології, безпека та наявність навчальних ресурсів. Важливо оцінювати потреби проєкту, функціональні вимоги та довгострокову стратегію розвитку. Лише у порівнянні характеристик різних рішень, можна обрати технологію, що найкраще забезпечить якість і стабільність майбутнього кросплатформного мультимедійного додатка.

Питання для самоперевірки

1. Що таке кросплатформеність у розробці мультимедійних додатків і яку роль вона відіграє у сучасних технологіях?
2. Які переваги надає кросплатформений підхід у порівнянні з нативною розробкою?
3. Які основні виклики та обмеження виникають при створенні кросплатформних мультимедійних додатків?
4. Які архітектурні принципи використовуються для побудови кросплатформених систем?
5. Назвіть і охарактеризуйте основні кросплатформені фреймворки, що застосовуються для розробки мобільних і мультимедійних додатків.
6. Які фактори слід враховувати при виборі фреймворку для кросплатформної розробки?

Тема 7. Проектування моделей навігаційних систем та технологічних комплексів

Мета лекції: ознайомити студентів із принципами проектування та моделювання навігаційних систем і технологічних комплексів, навчити створювати математичні моделі динамічних процесів, оцінювати їхню точність і ефективність, а також інтегрувати модель із користувацьким інтерфейсом для забезпечення реалістичної симуляції та оптимізації функціонування системи.

План лекції:

7.1 Моделювання навігаційних систем та технологічних комплексів.

7.2 Розробка математичної моделі системи.

7.3 Інтеграція моделі навігації та технологічного комплексу з інтерфейсом користувача та оцінка ефективності системи.

7.1 Моделювання навігаційних систем та технологічних комплексів

У процесі проектування навігаційної системи та технологічного комплексу моделювання відіграє ключову роль, оскільки дає змогу змоделювати взаємодію сенсорів, обчислювальних блоків, алгоритмів фільтрації та системи керування ще на етапі концепції. Моделювання включає створення математичних моделей руху й орієнтації об'єкта, моделей помилок сенсорів, моделей алгоритмів обробки даних і моделей взаємодії з зовнішніми каналами. Однією з класичних архітектур є модель «жорстко прикріпленого» інерціального блоку, де акселерометри й гіроскопи розміщені в корпусі об'єкта і їхні осі жорстко пов'язані з тілом об'єкта, після чого проводиться перетворення сигналів у навігаційну систему координат.

Комп'ютерне моделювання дозволяє, перш за все, аналізувати та передбачати поведінку складних систем, оскільки часто запуск новітнього технологічного процесу з урахуванням інноваційних матеріалів – це надто

дороговартісний процес, що потребує не лише витрат на виробничі складові, а й залучення людських ресурсів. Крім того, часто такі процеси виконуються в складних, або небезпечних середовищах. Також сучасні технологічні процеси можуть бути дуже складними, з великою кількістю параметрів та взаємозв'язків. Розробка адекватних моделей для таких систем може бути складною та вимагати значних обчислювальних ресурсів. Тому, їх моделювання та імітаційна поведінка є необхідною умовою. З іншого боку, збільшення складності моделей призводить до потреби вдосконалити техніки оптимізації процесів моделювання, щоб забезпечити ефективне використання обчислювальних ресурсів та швидку ітерацію, що ставить нові виклики до комп'ютерного обладнання для реалізації моделі. З розвитком технологій різного роду з'являються і нові виклики, що потребують уваги та вирішення. Мається на увазі той факт, що вимоги до точності та реалізму моделей постійно зростають, особливо у високоточних сферах, таких як медицина, наука про матеріали та інженерія.

Широкої популярності у сучасних виробництвах набувають процеси формування нових, або покращених матеріалів, для подальшого ї застосування у різних галузях науки і техніки. Серед таких матеріалів – композиційні, тобто «матеріали з новим корисним комплексом фізико-механічних та експлуатаційних властивостей, утворені поєднанням двох і більше компонентів, які мають межі розподілу та різняться хімічним складом, структурою і фізико-хімічними характеристиками» [31]. Загалом, модель комп'ютерного моделювання (рис. 7.1) включає обов'язкові компоненти у вигляді фізичної, логічної, графічної, розрахунково-математичної та імітаційної складових.

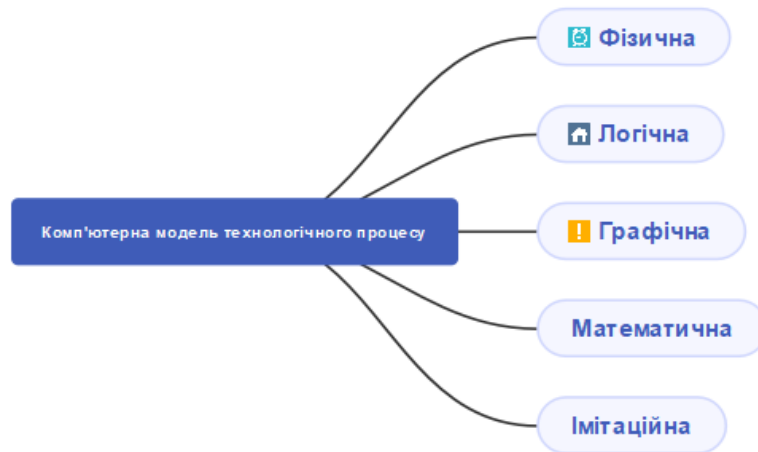


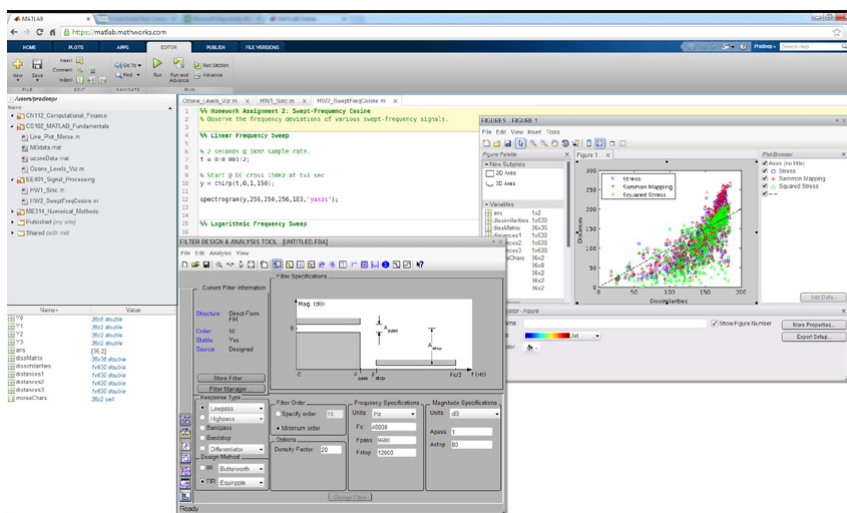
Рисунок 7.1 –Схема комп'ютерної моделі технологічного процесу [31]

Найпопулярнішим програмним продуктом такого класу є MATLAB/Simulink [32]. Він надає широкий спектр можливостей для чисельних обчислень, включаючи моделювання, вирішення систем рівнянь, обробку сигналів та зображень, статистичний аналіз та багато іншого. Для MATLAB існує широкий вибір додаткових пакетів та бібліотек, які розширюють його функціональність та дозволяють вирішувати різноманітні завдання в різних областях науки, техніки та інженерії (рис. 7.2 а). Так, SimPowerSystems є пакетом для MATLAB/Simulink, спеціально розробленим для моделювання електричних систем та вирішення різних завдань у сфері електроенергетики. Варто зазначити суттєві особливості MATLAB, перша з яких та, що дана програма є комерційним продуктом, а друга, що моделювання поведінки різних матеріалів, чи частинок матеріалів, та ще й в 3D проекціях у даній програмі практично не реалізуються.

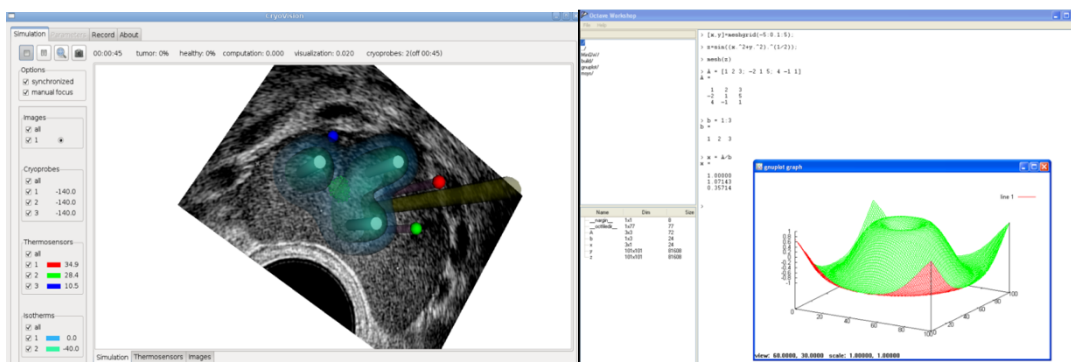
Розглянемо інші програмні продукти, що здатні реалізувати моделі поведінки фізичних і механічних систем. Для прикладу, платформа Advanced Simulation Library (ASL), як продукт ізраїльської компанії Avtech Scientific, застосовується у випадку моделювання процесів гідродинаміки та мультифізики [33]. У програмі реалізовано інтерфейс (рис. 7.2 б) для дослідження функцій ізотропних реакцій, пенопружності та ін. Пакет співпрацює на експорті з програмою MATLAB, але драйвери OpenCL мають обмежену підтримку функцій бібліотеки. Крім фізичного моделювання,

пакет ASL може бути використаний для моделювання біологічних систем, таких як моделювання руху людського тіла, реакцій внутрішніх органів, взаємодії між клітинами та інших біомедичних досліджень. Також ця програма може слугувати інструментом для відеоігор, віртуальної реальності, візуалізації даних та інших областей комп'ютерної графіки.

Популярним проектом імітаційного моделювання є GNU Octave [34] зі зручним інтерфейсом (рис. 7.2 в) для розв'язання задач лінійного і нелінійного характеру, можливістю застосування мови програмування та середовища для виконання обчислень, схожих на ті, що пропонуються у MATLAB. GNU Octave має схожий синтаксис та функціональність з MATLAB, що дозволяє користувачам легко переходити з MATLAB на Octave та навпаки.



a)



б)

в)

Рисунок 7.2 – Інтерфейси програмних продуктів для імітаційного моделювання: а) MATLAB [32], б) Advanced Simulation Library [33], в) GNU Octave [34]

Вказані програмні продукти мають широкий спектр функцій для виконання числових обчислень, включаючи розв'язання лінійних та нелінійних систем рівнянь, обробку сигналів, обробку зображень, статистичний аналіз та інше. Крім того, вони є безкоштовним (у trial версіях) програмним забезпеченням з відкритим кодом, що дозволяє використовувати, змінювати та розповсюджувати їх без обмежень. З мінусів – це їх швидкодія: у порівнянні з MATLAB, GNU Octave може бути менш ефективним з точки зору швидкодії виконання певних операцій через різницю в оптимізації та внутрішніх механізмах обчислень.

7.2 Розробка математичної моделі системи

Перед початком імітаційного моделювання формують математичну модель поведінки, а потім проектують згідно зафіксованих у моделі параметрів. Оскільки це динаміка, а динамічні процеси поведінки сипких середовищ в реальних коефіцієнтах змодельовати важко (якщо не неможливо). Тому, будемо використовувати методи стохастичного моделювання.

Тобто, підходящим методом для цього може бути стохастичне моделювання, яке дозволяє враховувати випадкові фактори і елементи невизначеності у процесі.

Розглянемо математичні моделі, які застосовуються для опису поведінки багатокomпонентних систем у процесі їх автоматизації. До таких відносять методи Чебишева, Гаусса, Ньютона – Котеса, Монте-Карло, чисельного диференціювання таблично та аналітично заданих функцій а інші.

Моделювання методом Монте-Карло є широко використовуваним інструментом для розв'язання різноманітних задач, включаючи стохастичні проблеми, такі як динаміка завантаження матеріалів в контейнери [35].

Основна ідея цього методу полягає в тому, що замість аналітичного розв'язання складних математичних рівнянь використовуються випадкові числа для симулювання випадкових процесів. Цей метод дозволяє отримати апроксимовані результати шляхом проведення великої кількості експериментів, його називають методом чисельного інтегрування.

Алгоритм обчислення визначеного інтегралу за методом Монте-Карло передбачає генерацію n послідовності випадкових чисел $\{x_i\}$ з деякої множини X за законом розподілу $f_x(x)$ та обчислюється за формулою (1).

$$m_y = \int_a^b f(x)dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

де y_i – функція перетворення випадкових чисел $y_i = \varphi(x_i)$.

Оцінка похибки методу Монте-Карло часто базується на формулі стандартного відхилення, яка залежить від обсягу вибірки та інших параметрів генерації псевдовипадкових чисел та обчислюється за формулою (2).

$$\Delta = \frac{1}{2\sqrt{n(1-P)}}, \quad (1.2)$$

де P – імовірність того, що похибка впадеться в заданий інтервал $[-\Delta; +\Delta]$.

Зазвичай, чим більше точок вибірки, тим менша похибка, але іноді похибка генерації псевдовипадкових чисел може впливати на загальну точність результату.

Метод Монте-Карло є ефективним для обчислення багатократних інтегралів, оскільки кількість випробувань (або точок) не залежить від кратності інтегралу. Це означає, що можна застосувати цей метод для обчислення інтегралів складених функцій або інтегралів по складних

областях, і кількість необхідних випробувань буде лише залежати від точності, яку потрібно досягти.

Розглянемо наступний метод математичного прогнозування – моделювання методом симетричного композиційного плану [36]. Цей метод експериментального планування, який використовується для дослідження впливу декількох факторів на досліджувану систему або процес. У ньому фактори поділяються на групи, а кожна група має бути збалансована, тобто кожен фактор має однакову кількість рівнів у кожній групі.

Нехай під час проведення експерименту вивчається вплив набору факторів $[a_1, a_2, a_3]$ на невідому функцію $X = f(a_1, a_2, a_3)$. Метою цього дослідження є створення математичної моделі за композиційним планом. Таблиця рівнів та факторів такої кількості умов варіювання виглядає наступним чином (табл. 7.1):

Таблиця 7.1 – Варіювання значень трьохфакторного експерименту за симетричним композиційним планом

Рівні факторів	a1	a2	a3
Основний рівень (a_{i0})	t10	t20	t30
Інтервал варіювання (Δa_i)	Δt_{10}	Δt_{20}	Δt_{30}
Верхній рівень $(a_i = +1)$	+1	+1	+1
Нижній рівень $(a_i = -1)$	-1	-1	-1

Отримати математичну модель у вигляді рівняння регресії другого порядку означає знайти вираз, який описує залежність між вхідними факторами $[a_1, a_2, a_3]$ та вихідною змінною X.

Метою є підбір коефіцієнтів β , які найкраще адаптуються до реальних даних. Для цього використовують методи регресійного аналізу, а після цього використовується метод складання плану, щоб розподілити комбінації рівнів факторів між різними експериментальними точками.

Симетричний композиційний план дозволяє зменшити варіацію результатів експерименту шляхом балансування розподілу факторів, і це дозволяє зробити оцінку впливу кожного фактора більш точною та надійною.

Наступним стохастичним методом оцінки поведінки динамічної системи можуть виступати графи взаємодії складових системи, що описуються рівняннями Колмогорова.

Суть методу в наступному: для опису поведінки системи, такої, як, наприклад, суміші порошків у контейнері з використанням ймовірнісних методів, узагальнено її можна представити за допомогою диференціальних рівнянь Колмогорова, з урахуванням певних припущень. Зокрема, при дослідженні деяких дискретних станів системи припускають, що перехід системи з одного стану в інший можливий у будь-який момент часу і може бути описана графом (рис. 7.3).

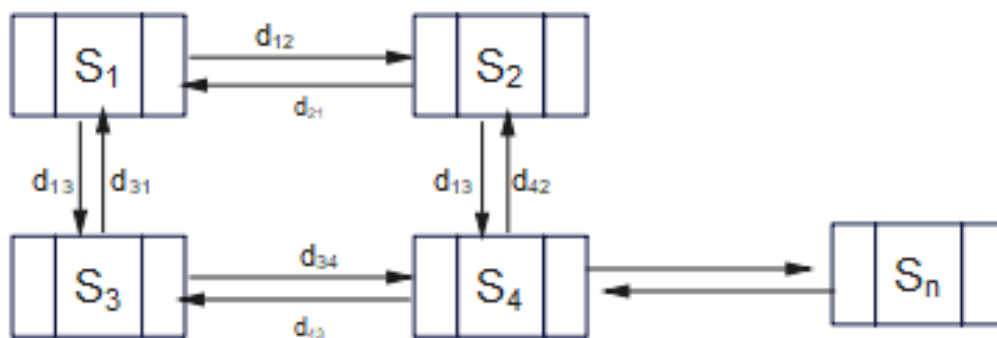


Рисунок 7.3 – Графи дискретних станів у процесі математичного моделювання мультимедійної системи

Якщо представити функцією $S_i(t)$ імовірність того, що в проміжку часу t система S перебуватиме в деякому стані S_i , то, для будь-якого моменту часу t сума ймовірностей всіх станів дорівнює 1 згідно з формулою (4):

$$\sum_{i=1}^n S_i(t) = 1 \quad (4)$$

Виконавши певного роду перетворення: приріст функції часу до Δt , у результаті отримаємо деяку систему диференціальних рівнянь, яка описує стан системи, а інтегрування цих рівнянь дозволяє отримати шукані ймовірності станів системи. Показники d_{ij} інтенсивності потоків переходу із статусу в стан мають стохастичний характер.

Таким чином, математичний опис моделі динамічного процесу за запропонованими методами матиме імовірнісні коефіцієнти. Точність моделі, яку вони передають, залежить від того, наскільки добре вони відображають реальну варіабельність або непередбачувані зміни в системі.

Кожен із цих форматів має своє призначення, а вибір залежить від вимог до якості, сумісності та способу поширення мультимедійного матеріалу.

7.3 Інтеграція моделі навігації та технологічного комплексу з інтерфейсом користувача та оцінка ефективності системи.

Розглянемо приклад розробки тривимірної моделі географічних фрагментів (каменю, валунів) у Blender і сформуємо покрокову симуляцію та інтерфейс [37].

На початку процесу формування створюються базові примітиви, такі, як еліпси, сфери та циліндри, з яких формувалась основна структура моделі. Редагування вершин Vertices, ребер Edges і граней Faces проводять з використанням інструментів редагування, таких як Extrude, Bevel, Knife та Loop Cut. Далі виконують модифікацію цих базових форм (рис. 7.4), створюючи більш складні і детальні моделі, які відтворюють форму частинок: для цього використовували Subdivision Surface для згладжування моделей, Mirror для симетричного моделювання та Array для створення копій.

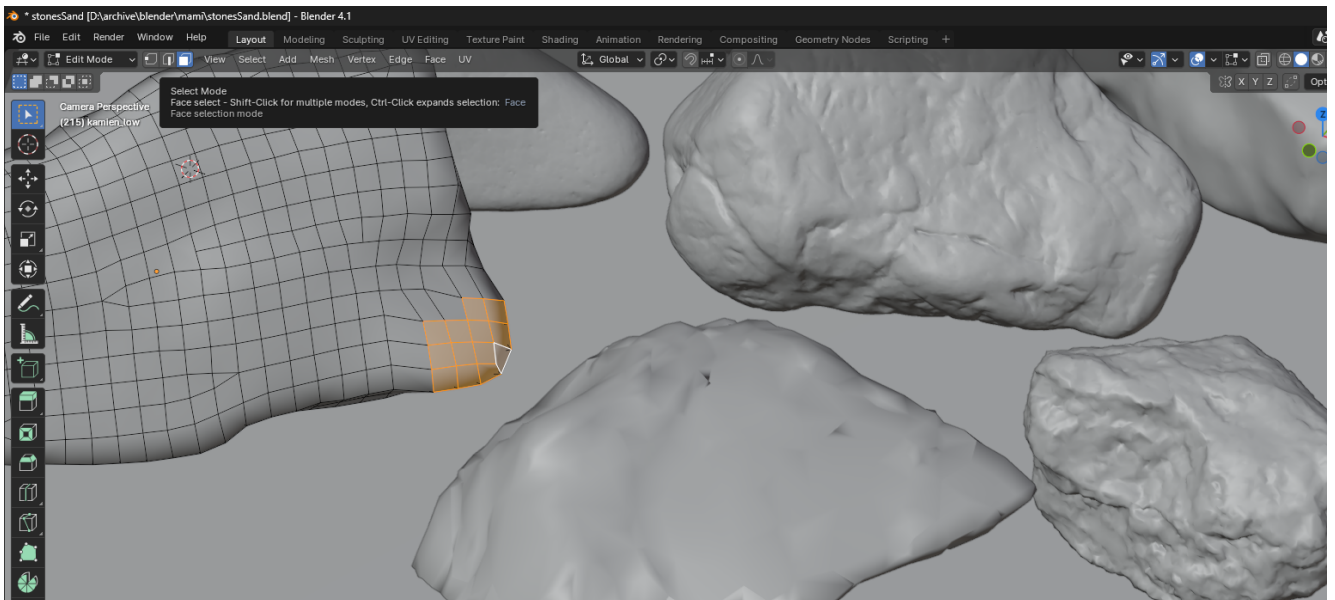


Рисунок 7.4 – Фрагмент редагування граней у Blender

Наступним кроком виконують UV розгортку. Тобто, проводять перетворення тривимірної поверхні моделі на двовимірну площину, щоб можна було точно застосувати текстури. Матеріали визначають з урахуванням того, як поверхня моделі буде виглядати при рендерингу. Орієнтуються, в першу чергу, на такі властивості, як колір, відблиски, прозорість і текстури кераміки та металу (рис. 7.5).

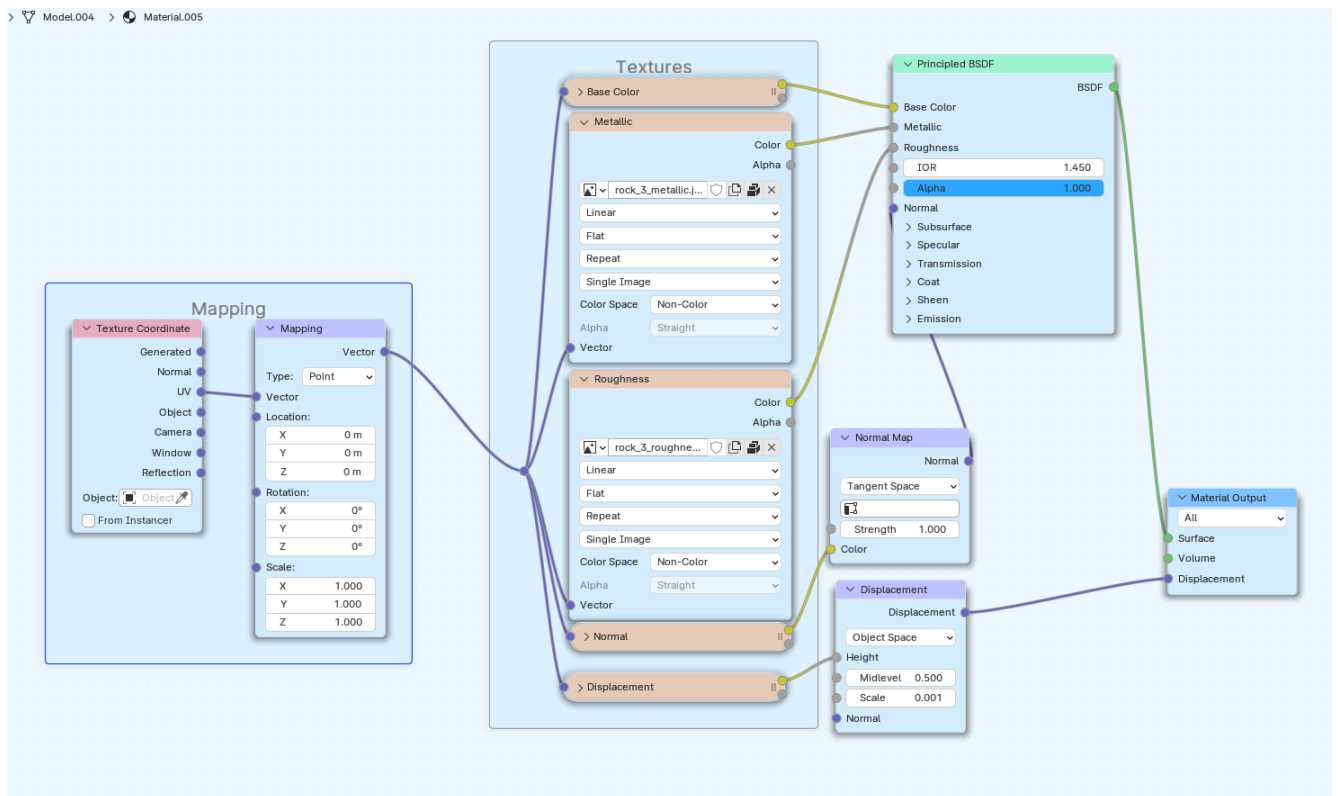


Рисунок 7.5 – Взаємозв'язки накладання текстур матеріалів

Для створення і налаштування матеріалів з використанням вузлів Nodes використано Shader Editor, а також налаштування освітлення. Освітлення грає ключову роль у відтворенні зовнішнього вигляду моделі процесу. Blender пропонує різні типи освітлення, такі як точкові джерела світла Point Lights, спрямовані джерела світла Sun Lights, і джерела світла в формі площини Area Lights.

У порівнянні цих трьох джерел, Area Lights випромінюють світло з поверхні певної області, що дозволяє створювати більш природне і м'яке освітлення. Це дає змогу уникнути різких тіней і створює більш реалістичний вигляд. Крім того, тіні від Area Lights зазвичай менш різкі і більш розмиті, оскільки світло розсіюється з великої площини, що робить їх ідеальними для імітації великих джерел світла. Тому обрано джерело Area Lights (рис. 7.6).

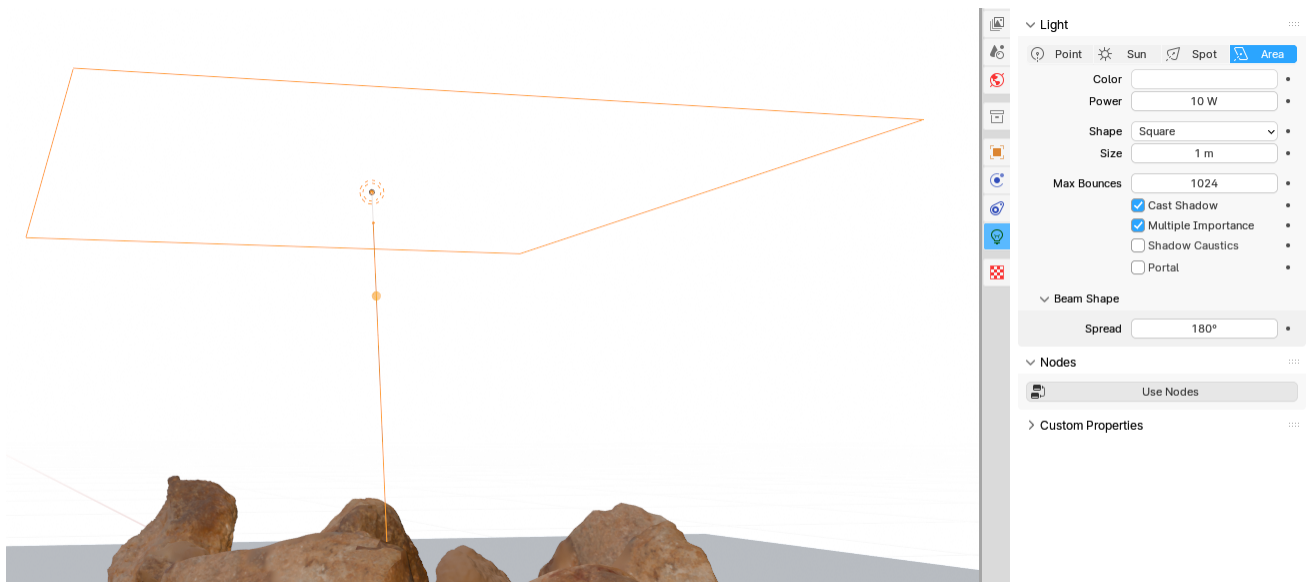


Рисунок 7.6 – Джерело світла Area Lights в процесі моделювання

Cycles – це фізично коректний рендер-рушій, який забезпечує високоякісне зображення з глобальним освітленням, тінями і рефлексіями, тому його обрано у якості рендерингу.








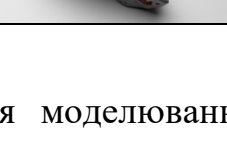
Створення ключових кадрів анімації Keyframes відбувається шляхом встановлення ключових кадрів, які визначають стан моделі в певні моменти часу. Після кадрювання проміжні стани між ключовими кадрами інтерполюються автоматично.

Моделювання різноманітних форм у Blender передбачає використання різних інструментів і технік для створення складних і специфічних геометрій.

Для сферичних і округлих форм використано інструментарій Mesh та функції UV Sphere і Icosphere. Усі Mesh-об'єкти складаються з вершин, ребер і граней, які формують полігональну сітку, що визначає форму і структуру 3D моделі. Обидва способи, якими було описано сферичні частки, UV Sphere і Icosphere, стосуються різних типів сферичних примітивів. Головна відмінність – що в UV Sphere тип сферичного примітиву складається з меридіанів і паралелей, які розділяють поверхню сфери на сегменти і кільця, а в Icosphere – з рівносторонніх трикутників, утворених шляхом поділу поверхні ікосаедра.

Згідно збору реальних даних за результатами аналітичних досліджень, усі 3D моделі частинок їх характеристики подані в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Характеристики 3D об'єктів моделі

№	3D модель	Форма	Матеріал/текстура	Фактор нерівності
1		сферична	кераміка	0,9-1
2		сферична	кераміка	0,9-1
3		сферична	сталь	0,9-1
4		округла	кераміка	0,6-0,8
5		округла	кераміка	0,6-0,8
6		округла	сталь	0,6-0,8
7		пластинчаста	сталь	0,5-0,7
8		пластинчаста	сталь	0,5-0,7
9		губчаста	кераміка	0,4-0,6
10		дендритна	сталь	0,3-0,5

Для моделювання пластинчастих форм застосовували модифікатор Subdivision Surface для згладжування, а також інструмент Knife, щоб розрізати площину частинки в 2-вимірному відображенні і додати деталі (порожнину, заглиблення тощо).

Для дендритних форм використано інструмент Extrude, щоб витягнути ребра і створити гіллясту структуру. Для створення більш складних дендритних форм застосували модифікатори Skin і Subdivision Surface, які формували реалістичні закінчення навколо вершини. Завдяки цим модифікаторам створювались ефекти дендритної структури частинок металу. Розробка імітаційної програми симуляції таких процесів відбувається в подальшому, як правило, на рушіях на зразок Unity, Unreal Engine.

Питання для самоперевірки

1. Яку роль відіграє моделювання у процесі проектування навігаційних систем та технологічних комплексів?
2. Що включає в себе моделювання взаємодії сенсорів, обчислювальних блоків та алгоритмів керування?
3. Які основні компоненти класичної архітектури інерціального блоку?
4. Чому комп'ютерне моделювання є необхідним для складних технологічних процесів?
5. Що таке композиційні матеріали та як вони враховуються у моделюванні технологічних процесів?
6. Які складові включає комп'ютерна модель технологічного процесу?
7. Які можливості надає MATLAB/Simulink для моделювання навігаційних систем та технологічних комплексів?
8. Для чого застосовують програмні продукти Advanced Simulation Library та GNU Octave у моделюванні?
9. У чому суть методу Монте-Карло і як він використовується для моделювання багатокомпонентних систем?
10. Що таке симетричний композиційний план і як він застосовується у побудові математичної моделі системи?

Тема 8. Оптимізація мультимедійних додатків

Мета лекції: ознайомитись з основними підходами та методами оптимізації мультимедійних додатків, зрозуміти, як підвищувати їх продуктивність і енергоефективність, а також забезпечувати якісне відтворення та комфортний користувацький досвід на різних пристроях і платформах.

План лекції:

8.1 Методи покращення продуктивності та швидкодії мультимедійних додатків.

8.2 Зменшення обсягу ресурсів та підвищення енергоефективності.

8.3 Підвищення якості відтворення та користувацького досвіду.

8.1 Методи покращення продуктивності та швидкодії мультимедійних додатків

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють мобільним мультимедійним додаткам, зокрема ігровим системам, які швидко розвиваються та мають широку аудиторію. Створення таких систем потребує комплексного підходу: розробки архітектури, визначення функціональності, інтеграції мультимедійних компонентів та забезпечення оптимальної взаємодії з користувачем. У межах цієї теми розглядаються принципи проектування, класифікація додатків, а також особливості моделювання та адаптації контенту під різні платформи і типи пристроїв, що забезпечує високу якість та ефективність мультимедійних систем.

Це зумовлює необхідність розробки чітких підходів до їх створення, які враховують наявність різних мультимедійних компонентів, наповнення контентом та особливості використання цільовою аудиторією. Класифікація таких мультимедійних додатків може бути досить детальною та глибокою.

На основі аналізу джерел та мультимедійних додатків виділяють основні типи: мобільні ігри, які займають найбільшу нішу серед мобільних додатків, освітні додатки, Life style, соціальні, додатки для підвищення

продуктивності, а також розважальні, до яких належать бібліотеки, читалки та стрімінгові відеосервіси. Для детального розгляду обрано саме мобільні мультимедійні ігри, для яких визначено класифікаційні ознаки за жанрами, видами мультимедійних елементів, технологією розповсюдження, характером та формою взаємодії з користувачем, самостійністю, сферою застосування, будовою, контентом, кількістю одночасних користувачів, видом платформи та форматом додатку. На основі цих ознак формується класифікація мультимедійних додатків [38].

На початковому етапі створення мультимедійного додатку першочергово розробляють інформаційну та навігаційну архітектуру. Вона визначає, які елементи міститиме додаток, які функції виконуватиме та як користувачі взаємодіятимуть із ним. На цьому ж етапі відбувається моделювання додатку, включаючи прописування сценаріїв використання, необхідного функціоналу та екранів. При проектуванні та розробці дизайну мобільних додатків слід враховувати особливості мобільних пристроїв: різні розміри та роздільну здатність дисплеїв, розміщення елементів навігації на достатній відстані один від одного, а також орієнтацію екрану, забезпечуючи можливість використання додатку як у портретному, так і в горизонтальному режимі.

8.2 Зменшення обсягу ресурсів та підвищення енергоефективності

З кожним роком збільшується кількість пристроїв інтернету речей. Через це збільшується кількість нових протоколів для проектування систем, або модернізованих вже існуючих протоколів для забезпечення вимог функціонування систем інтернету речей.

Головною вимогою при оновленні протоколів зазвичай є підвищення енергоефективності протоколів для можливості використання пристроїв протягом років без супутнього обслуговування. Були визначені основні методи оптимізації енерговитрат у протоколах Інтернету речей. Наявні методи були розподілені на 4 основні категорії оптимізації та визначено вплив кожного методу на енергоспоживання при активності методу у мережі

протоколу. Лише протокол Wi-Fi має методи оптимізації за всіма визначеними категоріями. Протоколи Bluetooth та NB-IoT мають по 3 категорії методів оптимізації.

Через особливості оптимізації, що використовується для зменшення споживання енергії, усі протоколи мають декілька методів оптимізації, що відносяться до однієї категорії, що в цілому вирівнює їх показники загальної оптимізації енергоспоживання. Найкращі показники виявлені у методів оптимізації, які відносяться до керування часом активності пристрою, що зумовлено повним відключенням пристрою на певні проміжки часу, поки не настає момент збору даних та відправки їх до центру обробки. Методи керування пакетами даних показують гірші показники, ніж методи керування часом активності пристрою, через неможливість відмовитись від заголовків пакетів даних, та через необхідність підтримки актуальності даних, що не дозволяє затримувати дані у кеші на великі проміжки часу. Показники у інших категоріях показують різні результати в у протоколах через відмінності у методах оптимізації [39].

8.3 Підвищення якості відтворення та користувацького досвіду

Стиснення даних є ключовим процесом у мультимедіа, який дозволяє зменшити обсяг інформації для зберігання та передачі, при цьому зберігаючи прийнятний рівень якості.

Питання для самоперевірки

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. SVGator. Vector VS Raster: Differences, File Types, Uses, Pros & Cons. *SVGator*. URL: <https://www.svgator.com/blog/raster-vs-vector-which-is-best/> (date of access: 16.09.2025).
2. Contributors to Wikimedia projects. 3D computer graphics - Wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: <https://surl.li/sgnebe> (date of access: 16.09.2025).
3. SmartTek Solutions. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) в індустрії гостинності. *CASES*. URL: <https://surl.li/nzivqq> (date of access: 16.09.2025).
4. Грималовський Р. В. Метод стиснення зображень для цифрових баз даних : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль, 2021. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/36504> (дата звернення: 26.10.2025).
5. 6 Best 2D Game Engines To Use in 2025. *Game Art Outsourcing Studio - Concept Art, 2D & 3D Assets*. URL: https://rocketbrush.com/blog/best-2d-game-engines?utm_source=chatgpt.com (date of access: 12.09.2025).
6. Free and open source 2D and 3D game engine. *Godot Engine*. URL: https://godotengine.org/?utm_source=chatgpt.com (date of access: 12.09.2025).
7. Mattoo S. I Tried Best Game Engines of 2025: Top 7 Picks. *Learn Hub | G2*. URL: https://learn.g2.com/best-game-engine?utm_source=chatgpt.com (date of access: 12.09.2025).
8. Мосіюк О. О. Редактори тривимірної графіки : Навч.-метод. посіб. Житомир: ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 52 с. URL: <https://surl.lu/jkbjtz> (дата звернення: 10.09.2025).
9. Reguerra E. Доповнена реальність vs віртуальна реальність: ключові відмінності. *Крипта – майбутнє грошей*. URL: <https://surl.lt/nxdzxi> (дата звернення: 07.09.2025).

10. Використання засобів доповненої та віртуальної реальностей в навчальному середовищі закладів загальної середньої освіти : метод. рек. / С. Г. Литвинова та ін. Київ, 2023. 74 с. URL: <https://surl.lt/mngtst>(дата звернення: 10.09.2025).

11. Волинець В. О. Віртуальна, доповнена і змішана реальність: сутність понять та специфіка відповідних комп'ютерних систем. *Питання культурології*. 2021. № 37. С. 231-243. URL: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.37.2021.237322> (дата звернення: 16.09.2025).

12. Курс 3D VR/AR. *Кадри ділового світу*. URL: <https://kdm-kursi.com.ua/uk/kursi-dizajnu/kurs-3d-vr-ar/> (дата звернення: 11.10.2025).

13. Технології підготовки мультимедійного контенту. Практикум. Електрон. мереж. навч. вид. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 127 с. URL: <https://surl.li/bfrnmb> (дата звернення: 01.08.2025).

14. Синтез звуку. Адитивний та субтрактивний методи. *Створення електронної музики*. URL: <https://surl.lu/iavbss> (дата звернення: 04.09.2025).

15. Motion graphics software. Adobe After Effects. *Adobe: Creative, marketing and document management solutions*. URL: https://www.adobe.com/products/aftereffects.html?utm_source=chatgpt.com (date of access: 19.09.2025).

16. DaVinci Resolve. Blackmagic Design. *Blackmagic Design*. URL: https://www.blackmagicdesign.com/products/davinciresolve?utm_source=chatgpt.com (date of access: 07.10.2025).

17. Ableton. *Creative tools for music makers*. URL: https://www.ableton.com/en/?utm_source=chatgpt.com (date of access: 07.10.2025).

18. Blender. Blender.org. Version 4.5. URL: <https://www.blender.org/support/> (date of access: 08.10.2025).

19. Wang H., He D., Yu J. Privacy-preserving incentive and rewarding scheme for crowd computing in social media. *Information Sciences*. 2020. Vol. 470. P. 15-27. URL: <https://surl.li/eyizuq> (date of access: 30.09.2025).

20. Курси UI/UX дбзайну. Онлайн навчання веб-дизайну. *FoxmindEd*. URL: <https://foxminded.ua/ui-ux-design-1/> (дата звернення: 30.09.2025).
21. Спеціалізація UI/UX Design. *Coursera*. URL: https://www.coursera.org/specializations/ui-ux-design?utm_source=chatgpt.com (date of access: 30.09.2025).
22. Норман Д. Дизайн звичних речей / пер. з англ. М. Бакалов. Харків: КСД, 2023. 320 с.
23. Learn Responsive Design. *web.dev*. URL: <https://surl.li/pffefl> (date of access: 30.09.2025).
24. Responsive/adaptive design with views *Android Developers*. URL: <https://surl.lu/ftktkb> (date of access: 25.09.2025).
25. Mitrovikj M. UX/UI Trends 2025. *Medium*. URL: <https://surl.li/dpzegw> (date of access: 01.10.2025).
26. Tomboc K. Inclusive UX design. *Lyssna*. URL: <https://www.lyssna.com/blog/inclusive-ux-design/> (date of access: 24.10.2025).
27. Ведерніков С. Нативні, гібридні та кросплатформені додатки. *Wecode*. URL: <https://surl.li/mzmqzb> (дата звернення: 29.09.2025).
28. Flutter. Version 4.0. BSD License. URL: <https://flutter.dev> (date of access: 02.10.2025).
29. React Native. Meta Platforms. URL: <https://reactnative.dev> (date of access: 02.10.2025).
30. .NET Multi-platform App UI. Microsoft. URL: <https://dotnet.microsoft.com/ru-ru/apps/maui> (date of access: 02.10.2025).
31. Композиційні матеріали. Енциклопедія сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-4385> (дата звернення: 17.09.2025).
32. MATLAB. MathWorks. Version R2024a. URL: <https://www.mathworks.com> (дата звернення: 27.09.2025).
33. Advanced Simulation Library. Avtech Scientific. Version 0.1.7. URL: <https://asl.org.il> (дата звернення: 27.09.2025).

34. John W. Eaton, Torsten Liljed. GNU Octave. GNU General Public License. Version 9.1.0. Free Software Foundation. URL: <https://www.octave.org> (дата звернення: 23.09.2025).

35. Комп'ютерне моделювання систем та процесів / Р. Н. Кветний та ін. ВНТУ. URL: <http://surl.li/sxvjf> (дата звернення: 6.10.2025).

36. Дизайн експерименту при проведенні досліджень зі створення таблетованих лікарських засобів / Т. А. Грошовий та ін. *Фармацевтичний часопис*. 2020. № 3. С. 70-79. URL: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2020.3.11428> (дата звернення: 05.10.2025).

37. Багнюк Н. В., Христинець Н. А. Биков С. О. Розробка мультимедійних 3D моделей для симуляції технологічного процесу. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. №55. С. 12-17.

38. Кушнір К. С., Золотухіна К. І. Дослідження продуктивності та зручності використання мультимедійних додатків. *Технологія і техніка друкарства*. 2021. № 3(73). С. 91-105. URL: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.3\(73\).2021.246426](https://doi.org/10.20535/2077-7264.3(73).2021.246426) (дата звернення: 03.10.2025).

39. Іванчук О. В. Дослідження методів оптимізації енерговитрат у протоколах інтернету речей. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 4(91). С. 273-279. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.35> (дата звернення: 02.10.2025).

40. Liuse A. Metaheuristic-based energy-aware image compression for mobile app development. *Multimedia Tools and Applications*. *SpringerLink*. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19256-y> (date of access: 03.10.2025).

Р-65 **Розробка мультимедійних систем:** конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології» денної та заочної форм навчання / уклад. Н. А. Христинець. Луцьк: Луцький НТУ, 2025. 83 с.

Конспект лекцій складено відповідно до діючої програми курсу «Розробка мультимедійних та ігрових систем». Призначений для здобувачів вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології». Може бути використаний студентами технічних спеціальностей при вивченні даної дисципліни

Комп'ютерний набір:
Редактор

Н. А. Христинець
Н. А. Христинець

Підп. до друку «__» _____ 2025р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. _____. Тираж 10 прим. Зам. _____

ЛНТУ
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75