

**О. Н. Романюк, В. П. Майданюк**



**Практикум для самостійної роботи з  
дисципліни «Візуалізація  
результатів наукових досліджень»**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**О. Н. Романюк, В. П. Майданюк**

**Практикум для самостійної  
роботи з дисципліни  
«Візуалізація  
результатів наукових  
досліджень»**

*Електронний практикум*

Вінниця  
ВНТУ  
2026

УДК 004.95  
Р69

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 30 вересня 2025 р.)

Рецензенти:

**С. В. Павлов**, доктор технічних наук професор, ВНТУ

**А. В. Пукас**, доктор технічних наук доцент, ЗУНУ

**Романюк, О. Н.**

Р69 Практикум для самостійної роботи з дисципліни «Візуалізація результатів наукових досліджень» : практикум [Електронний ресурс] / О. Н. Романюк, В. П. Майданюк. – Вінниця : ВНТУ, 2026. – (PDF, 112 с.).

Висвітлено короткі теоретичні відомості щодо візуальної інформації результатів наукових досліджень. Матеріал супроводжується тестовими запитаннями для самоперевірки знань. Практикум адресовано аспірантам спеціальностей, пов'язаних з комп'ютерною графікою, дизайном, інженерією та інформаційними технологіями.

**УДК 004.95**

## ЗМІСТ

<b>1 ВІЗУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ.....</b>	<b>5</b>
1.1 Короткі теоретичні відомості .....	5
1.2 Тестові питання.....	7
<b>2 ВІЗУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ.....</b>	<b>10</b>
2.1 Короткі теоретичні відомості .....	10
2.2 Тестові питання.....	12
<b>3 ПСИХОФІЗИЧНІ ТА ЕМОЦІЙНІ АСПЕКТИ СПРИЙНЯТТЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СЦЕН .....</b>	<b>16</b>
3.1 Короткі теоретичні відомості .....	16
3.2 Тестові питання.....	18
<b>4 КОЛОРИСТИКА У ВІЗУАЛІЗАЦІЇ .....</b>	<b>22</b>
4.1 Короткі теоретичні відомості .....	22
4.2 Тестові питання.....	23
<b>5 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЄКЦІЙ.....</b>	<b>26</b>
5.1 Короткі теоретичні відомості .....	26
5.2 Тестові питання.....	28
<b>6 ПРИНЦИПИ ВІДОБРАЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>30</b>
6.1 Короткі теоретичні відомості .....	30
6.2 Тестові питання.....	31
<b>7 МОДЕЛЮВАННЯ 2D/3D-ПЕРЕТВОРЕНЬ .....</b>	<b>34</b>
7.1 Короткі теоретичні відомості .....	34
7.2 Тестові питання.....	35
<b>8 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ.....</b>	<b>38</b>
8.1 Короткі теоретичні відомості .....	38
8.2 Тестові питання.....	40
<b>9 ПОБУДОВА КРИВИХ В ЗАДАЧАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....</b>	<b>42</b>
9.1 Короткі теоретичні відомості .....	42
9.2 Тестові питання.....	43
<b>10 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ У ТРИВИМІРНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ .....</b>	<b>46</b>
10.1 Короткі теоретичні відомості .....	46
10.2 Тестові питання.....	47
<b>11 МЕТОДИ ПОБУДОВИ РЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>50</b>
11.1 Короткі теоретичні відомості .....	50
11.2 Тестові питання.....	52
<b>12 МЕТОДИ ВИЛУЧЕННЯ ПРИХОВАНИХ ЧАСТИН ЗОБРАЖЕННЯ.....</b>	<b>55</b>

12.1 Короткі теоретичні відомості .....	55
12.2 Тестові питання.....	56
<b>13 ТЕКСТУРУВАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....</b>	<b>59</b>
13.1 Короткі теоретичні відомості .....	59
13.2 Тестові питання.....	61
<b>14 ПРОЦЕДУРНЕ ТЕКСТУРУВАННЯ .....</b>	<b>64</b>
14.1 Короткі теоретичні відомості .....	64
14.2 Тестові питання.....	65
<b>15 ТРІАНГУЛЯЦІЯ ПОЛІГОНІВ.....</b>	<b>68</b>
15.1 Короткі теоретичні відомості .....	68
15.2 Тестові питання.....	69
<b>16 АНТИАЛІАЙЗИНГ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>72</b>
16.1 Короткі теоретичні відомості .....	72
16.2 Тестові питання.....	73
<b>17 МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>76</b>
17.1 Короткі теоретичні відомості .....	76
17.2 Тестові питання.....	78
<b>18 МЕТОДИ ТА ФОРМАТИ ВІДОБРАЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>81</b>
18.1 Короткі теоретичні відомості .....	81
18.2 Тестові питання.....	83
<b>19 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ.....</b>	<b>86</b>
19.1 Короткі теоретичні відомості .....	86
19.2 Тестові питання.....	88
<b>20 ОСНОВИ ІНФОГРАФІКИ У ВІЗУАЛІЗАЦІЇ .....</b>	<b>91</b>
20.1 Короткі теоретичні відомості .....	91
20.2 Тестові питання.....	93
<b>21 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>96</b>
21.1 Короткі теоретичні відомості .....	96
21.2 Тестові питання.....	98
<b>22 ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>101</b>
22.1 Короткі теоретичні відомості .....	101
22.2 Тестові питання.....	103
<b>23 ГРАФІЧНІ МОВИ МОДЕЛЮВАННЯ.....</b>	<b>106</b>
23.1 Короткі теоретичні відомості .....	106
23.2 Тестові питання.....	107
<b>Рекомендована література .....</b>	<b>110</b>

# 1 ВІЗУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ

## 1.1 Короткі теоретичні відомості

Візуальна інформація набуває особливої цінності, оскільки вона дозволяє ефективно інтерпретувати, систематизувати та подавати дані в наочній формі. Візуалізація даних є ключовим інструментом не лише для презентації інформації, але й для глибокого аналітичного осмислення, моделювання процесів та прийняття рішень. Вона виступає основою комунікації в науці, техніці, освіті, управлінні й медіа. Візуальні способи подання інформації активізують когнітивні здібності людини, дозволяючи швидше зрозуміти суть явищ, виявити приховані закономірності або аномалії у великих масивах даних. Однією з головних цілей візуалізації є перетворення абстрактної числової або текстової інформації у форму, зручну для зорового сприйняття, що значно спрощує аналіз. Це може бути пояснення результатів дослідження, формування гіпотез, ілюстрація складних взаємозв'язків або ефективна передача повідомлень до різних аудиторій. Зокрема, візуалізація допомагає порівнювати дані, виявляти динаміку процесів, простежувати тенденції, а також полегшує інтерпретацію статистичних висновків. У контексті наукових досліджень візуалізація є невіддільною складовою практично кожного етапу – від збирання та попереднього аналізу даних до оформлення результатів у вигляді графіків, діаграм, таблиць, схем. Вона дозволяє побачити структуру даних, ідентифікувати проблеми, які могли залишитися непоміченими під час текстового або числового аналізу, а також полегшує розуміння висновків з боку рецензентів, колег та читачів наукових праць.

Для ефективної побудови візуалізацій необхідно знати базові концепції та термінологію. Дані – це сировина, яка потребує перетворення через візуальне кодування: трансформацію числових або категоріальних значень у колір, форму, розмір, положення об'єктів на площині або у просторі. Основні елементи візуалізації – це графічні маркери (точки, лінії, прямокутники), координатні осі, шкали, підписи. Важливу роль відіграють композиція, вибраний тип діаграми, колірна палітра та контрастність. Умовно типи візуалізацій можна розподілити на кількісні (для числових даних), категоріальні (для номінативних даних), часові (показ змін у часі), просторові (географічні карти), а

також візуалізації зв'язків (мережеві граfi). Однією з найпоширеніших форм є гістограма, яка дозволяє побачити розподіл частот значень у вибірці. Вона відображає кількість спостережень у кожному з бінів – інтервалів, на які поділено шкалу змінної. Це зручно для виявлення мод, асиметрії та екстремальних значень. Іншим базовим видом є лінійна діаграма, яка застосовується для відображення змін показника у часі або його залежності від іншої змінної. Вона особливо корисна для демонстрації трендів у часових рядах або експериментальних спостереженнях. Ще один інструмент – діаграма розсіювання (scatter plot), що дає змогу побачити кореляцію між двома змінними. Кожна точка на такій діаграмі відповідає окремому об'єкту спостереження, а положення по осях – його значенням у двох змінних. Це дає змогу виявити зв'язки, кластери, тренди та викиди.

Кругові діаграми використовуються для візуалізації часток у загальному обсязі. Хоча їх часто критикують через труднощі з точним порівнянням секторів, вони залишаються популярними через зрозумілість і компактність. Для складніших порівнянь доцільніше використовувати стовпчикові діаграми.

Теплові карти (heatmaps) демонструють значення змінних через градації кольору, що дозволяє швидко ідентифікувати зони з високими чи низькими значеннями. Вони широко застосовуються у біоінформатиці, економічній географії, енергетиці.

Ящикові діаграми дозволяють оцінити розподіл даних за кількома основними характеристиками – медіаною, межами квартилів, а також побачити потенційні викиди. Такі діаграми є зручним способом порівняння даних у різних групах. Для подання складних систем зв'язків використовуються мережеві діаграми – граfi, де вузли позначають об'єкти, а ребра – зв'язки між ними. Вони дозволяють проаналізувати структуру соціальних мереж, взаємозв'язки у біологічних системах або потоки інформації в комп'ютерних мережах.

У географічній візуалізації важливу роль відіграють картограми – карти, де розмір географічного об'єкта або його колір відповідає певному числовому показнику. Це дає змогу поєднати просторову і статистичну інформацію в одному зображенні.

Діаграми Сенкі застосовуються для подання потоків: наприклад, розподілу енергії, фінансових ресурсів або розподілу даних на етапах обробки. Ширина ліній відповідає кількісним значенням, а розгалуження дозволяє побачити, які частини переходять з одного стану в інший.

## 1.2 Тестові питання

1. Яка основна мета візуалізації даних у наукових дослідженнях?

- A) Зменшити обсяг вхідних даних
- B) Зробити звіт естетично привабливим
- C) Забезпечити точну математичну модель
- D) Полегшити інтерпретацію інформації

✓ Правильна відповідь: D

*Пояснення.* Візуалізація дозволяє спростити складні дані, зробити їх зрозумілими для аналізу та прийняття рішень.

2. Який з типів діаграм найкраще підходить для відображення змін значень у часі?

- A) Кругова діаграма
- B) Гістограма
- C) Лінійна діаграма
- D) Ящикова діаграма

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Лінійні діаграми показують тренди й зміну показників з часом.

3. Що з наведеного не є прикладом техніки візуалізації?

- A) Теплова карта
- B) Картограма
- C) SQL-запит
- D) Діаграма розсіювання

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* SQL-запит – це інструмент роботи з базами даних, а не засіб візуалізації.

4. Який тип візуалізації найкраще підходить для відображення часток у загальному обсязі?

- A) Лінійна діаграма
- B) Діаграма розсіювання
- C) Кругова діаграма
- D) Ящикова діаграма

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Кругова діаграма ілюструє частки окремих категорій у цілому.

5. Що є основним призначенням ящикової (box-plot) діаграми?

- A) Відображення тренду в часі
- B) Порівняння категорій
- C) Подання розподілу даних
- D) Ілюстрація часток

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Ящикова діаграма відображає медіану, квартилі, а також потенційні викиди даних.

6. Яка з наведених візуалізацій краще демонструє географічну прив'язку даних?

- A) Картограма
- B) Гістограма
- C) Лінійна діаграма
- D) Теплова карта

✓ Правильна відповідь: A

*Пояснення.* Картограми використовують географічне розташування для передачі інформації.

7. Який тип діаграми найкраще підходить для ідентифікації кореляції між двома змінними?

- A) Кругова діаграма
- B) Діаграма розсіювання
- C) Ящикова діаграма
- D) Гістограма

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Діаграма розсіювання дозволяє візуально оцінити залежність між двома змінними.

8. Для яких цілей найчастіше використовують теплові карти?

- A) Побудова ієрархій
- B) Показ структурної організації
- C) Візуалізація щільності або інтенсивності значень
- D) Відображення об'єктів у просторі

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Теплові карти відображають інтенсивність значень у вигляді кольорових градієнтів.

9. Який тип візуалізації дозволяє показати зв'язки між об'єктами?

- A) Діаграма Сенкі
- B) Лінійна діаграма
- C) Кругова діаграма
- D) Ящикова діаграма

✓ Правильна відповідь: А

*Пояснення.* Діаграма Сенкі показує потоки або зв'язки між категоріями та підкатегоріями.

10. Яке твердження найбільш точно відображає суть візуальної інформації в інформаційному суспільстві?

- A) Візуалізація потрібна лише для дизайнерів
- B) Візуалізація замінює числовий аналіз
- C) Візуалізація допомагає ефективно комунікувати складні дані
- D) Візуалізація не має значення для прийняття рішень

✓ Правильна відповідь: С

*Пояснення.* Візуальна інформація є ключовою для передачі змісту великих або складних даних.

## 2 ВІЗУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

### 2.1 Короткі теоретичні відомості

Візуальний аналіз графічного зображення полягає в системному вивченні структури, змісту та властивостей візуального повідомлення з метою розкриття інформації, закладеної в ньому. Такий аналіз дозволяє не лише краще зрозуміти, що саме зображено, а й визначити, як візуальні компоненти впливають на сприйняття, розуміння та інтерпретацію інформації. Цей процес особливо важливий у таких галузях, як інженерія, медицина, архітектура, дизайн, наукова візуалізація, інформаційна аналітика та штучний інтелект.

Перший етап візуального аналізу пов'язаний з виявленням закономірностей у зображенні. Під цим мається на увазі спостереження повторюваних елементів, симетрії, ритмів, узорів, градацій або інших структурних особливостей. Наприклад, повторюваність об'єктів з інтервалами однакової довжини може свідчити про періодичність процесу, а відхилення від такої структури – про аномалії або порушення. У статистичній графіці закономірності можуть відображати тренди, кореляції або відхилення від моделі. У візуалізації природних чи біологічних структур закономірності вказують на морфологічні або функціональні характеристики. Виявлення закономірностей часто є першим кроком до формулювання наукової гіпотези або технічного припущення.

Другим важливим напрямком є аналіз форми об'єктів. Форма – це візуальний прояв геометричної конфігурації об'єкта. Вона може бути простою або складною, абстрактною або природною, строго геометричною або органічною. Під час аналізування форми враховують її замкнутість, симетрію, пропорційність, наявність кутів, вигинів, граней. У деяких випадках оцінюється також динаміка форми – її трансформація у часі або в різних умовах. У технічному кресленні форма має відповідати стандартам точності, у мистецтві – емоційній виразності, а в науці – моделі досліджуваного об'єкта. Наприклад, у медичній візуалізації (МРТ, КТ, УЗД) зміна форми органу чи тканини може свідчити про патологічні процеси. У графічному дизайні форма відповідає за візуальну ідентифікацію, створення образу та функціональність.

Третій аспект – аналіз відносного розташування об'єктів у просторі зображення. Просторові відношення – це основа візуального

сприйняття структури. Наприклад, близькість об'єктів свідчить про їхню взаємопов'язаність, вирівнювання – про організованість або логіку подання, ієрархія – про пріоритетність. У багатьох випадках саме відносне розташування є ключем до розуміння структури даних, архітектури системи або логіки організації процесу. У наукових діаграмах важливо, щоб компоненти розміщувались відповідно до принципів причинно-наслідкових або часових зв'язків. У візуалізації даних правильне просторове подання дозволяє спростити інтерпретацію, тоді як хаотичне розміщення лише ускладнює сприйняття. Важливо враховувати напрям зчитування (зліва направо, згори вниз), симетрію, наявність осей координат, візуальну дистанцію між об'єктами та їх групування.

Четвертий напрям – аналіз оптичних властивостей зображення, таких як контраст, яскравість, насиченість, прозорість, фактура, тінь, колірна палітра. Ці параметри визначають візуальну виразність об'єктів, глибину сцени, об'єм, емоційний вплив. Наприклад, у візуалізації теплових потоків кольори варіюються від синього (низька температура) до червоного або білого (висока температура). У психологічному сприйнятті кольори мають свою символіку: червоний асоціюється з небезпекою або енергією, синій – із прохолодою та спокоєм, жовтий – із увагою та динамікою. Прозорість використовується для візуального поєднання об'єктів або для показу накладення шарів. У візуалізації наукових результатів оптичні властивості мають бути не лише естетичними, але й функціональними: колір і контраст мають бути обґрунтовані, щоб уникати спотворень сприйняття.

Наступним важливим кроком є інтерпретація результатів відносно вихідних даних. Візуалізація завжди є спрощенням, умовним або символічним поданням реальності. Тому для коректного аналізу потрібно зіставити те, що бачить спостерігач, із тим, що реально відображається. Наприклад, пікова зона на графіку може означати підвищення активності, але лише аналіз контексту підкаже, чи це помилка вимірювання, закономірна реакція, чи артефакт. У медичних зображеннях важливо розуміти, як формуються зображення, які параметри використовуються під час сканування, яка анатомічна модель лежить в основі. У візуалізації статистичних даних потрібно знати, чи оброблені вони за допомогою нормалізації, згладжування, логарифмування. Таким чином, візуальний аналіз не є ізольованим – він завжди потребує контекстуалізації з джерелами даних, методами збору та обробки.

Окрему увагу варто приділити семантичному значенню зображення. Це той смисл, який закладається автором або сприймається глядачем. Семантика базується як на візуальній мові (формі, кольорі, іконографіці), так і на культурному, соціальному та професійному контексті. Наприклад, колір червоний може означати тривогу, енергію, заборону або любов – залежно від середовища. Геометричні фігури – коло, трикутник, квадрат – мають свої значення у символічній системі. У картографії певні кольори відповідають типам рельєфу або глибини, а в медицині – стану тканин. У науковій графіці прийнято уникати двозначних або надто емоційних кольорів і форм, натомість використовувати стандартизовані схеми (наприклад, у спектральному аналізі). Отже, правильна інтерпретація візуального зображення можлива лише за умови знання семантичних кодів, а також усвідомлення потенційних хибних трактувань.

Нарешті, надзвичайно важливою є візуальна композиція, тобто спосіб розміщення елементів у межах зображення. Композиція забезпечує не лише естетичну якість, а й логічну послідовність, акценти та ефективне керування увагою. Основними принципами композиції є баланс (рівномірність розподілу візуальної ваги), ієрархія (виділення головного елемента), контраст (відмінності між елементами), єдність (загальна гармонія), ритм (повторення), пропорції (співвідношення розмірів), пустий простір (white space). У графічному дизайні композиція визначає ефективність комунікації, у візуалізації даних – точність прочитання, у науковому моделюванні – зрозумілість структури. Наприклад, якщо графік занадто щільно заповнений об'єктами без логіки розміщення – глядач не зможе ідентифікувати ключові елементи. Якщо ж композиція враховує зорові патерни читача, вона полегшує інтерпретацію навіть складної інформації.

## 2.2 Тестові питання

1. Який із наведених параметрів НЕ входить до базового візуального аналізу зображення?

- A) Форма об'єктів
- B) Колір фону
- C) Розташування об'єктів
- D) Візуальна композиція

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Колір фону сам по собі не є предметом аналізу, а лише елементом композиції; основна увага – на формах, розміщенні, взаємозв'язках.

2. Що означає «візуальна композиція» у контексті графічного аналізу?

- A) Техніка стискання зображення
- B) Сукупність кольорів
- C) Організація зорових елементів у гармонійній структурі
- D) Набір пікселів одного кольору

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Візуальна композиція — це упорядкування елементів, яке забезпечує зрозумілість, акценти, рівновагу.

3. Що таке «семантичне значення» зображення?

- A) Його роздільна здатність
- B) Його колірна гама
- C) Значення, яке глядач може інтерпретувати
- D) Величина стиснення

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Семантичне значення – це зміст або ідея, яку зображення передає спостерігачу.

4. Що з наступного є методом виявлення закономірностей у зображенні?

- A) Підрахунок пікселів
- B) Визначення типу файлу
- C) Аналіз розташування та форми об'єктів
- D) Розрахунок FPS

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Аналіз форми і просторового розміщення дозволяє виявляти структурні закономірності в даних.

5. Який із наведених аспектів є прикладом оптичної властивості візуального зображення?

- A) Вага об'єкта
- B) Відображення світла
- C) Ім'я файлу
- D) Кількість байтів

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Відображення, прозорість, блиск – це оптичні властивості зображення.

6. Що НЕ є характерною задачею візуального аналізу зображення?

- A) Побудова текстових звітів
- B) Виявлення симетрії
- C) Аналіз відносного розміщення
- D) Ідентифікація форми

✓ Правильна відповідь: А

*Пояснення.* Текстові звіти не входять у візуальний аналіз як метод; вони можуть бути результатом, але не інструментом.

7. Який з наведених термінів стосується зчитування значення візуального елемента в контексті початкових даних?

- A) Векторизація
- B) Інтерпретація результатів
- C) Стиснення JPEG
- D) Пікселізація

✓ Правильна відповідь: В

*Пояснення.* Інтерпретація – це процес співвіднесення зображення з вихідними або реальними даними.

8. Що з наведеного найкраще описує «аналіз форми»?

- A) Визначення кольору
- B) Обчислення площі зображення
- C) Оцінка контурів і геометрії об'єктів
- D) Пошук назв файлів

✓ Правильна відповідь: С

*Пояснення.* Аналіз форми передбачає розпізнавання геометричних властивостей – контурів, кутів, симетрії.

9. Чому важливо враховувати відносне розташування об'єктів у зображенні?

- A) Для оптимізації розміру зображення
- B) Для точного кодування у форматі PNG
- C) Для виявлення просторових зв'язків між елементами
- D) Для прискорення рендерингу

✓ Правильна відповідь: С

*Пояснення.* Відносне розташування дозволяє зрозуміти структуру сцени або системи.

10. Що є кінцевою метою візуального аналізу зображення?

A) Зменшення розміру файлу

B) Збереження високої роздільної здатності

C) Інтерпретація змісту та підтримка прийняття рішень

D) Оптимізація енергоспоживання графічного адаптера

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Візуальний аналіз – це інструмент для розуміння, ухвалення рішень та аналізу даних через зображення.

## 3 ПСИХОФІЗИЧНІ ТА ЕМОЦІЙНІ АСПЕКТИ СПРИЙНЯТТЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СЦЕН

### 3.1 Короткі теоретичні відомості

Психофізичні та емоційні аспекти сприйняття зображень формують основу сучасних підходів до UX/UI дизайну, візуалізації даних, інформаційної архітектури та цифрової комунікації. Зір — основний канал отримання інформації у людини. Зоровий аналізатор забезпечує більше 80% усіх сенсорних вражень. Сприйняття візуальних сцен — це не лише фізичне реєстрування світлових стимулів, а й складна нейрокогнітивна обробка, що охоплює розпізнавання форм, виявлення контрасту, розрізнення кольорів, оцінку просторових співвідношень і глибини. У фовеальній зоні сітківки ока розташовані колбочки, які відповідають за кольоровий зір. Периферійна зона — чутливіша до руху, але менш точна у сприйнятті деталей. Психофізика досліджує зв'язок між фізичними характеристиками стимулів і суб'єктивним сприйняттям. Наприклад, зміна яскравості зображення на 10% може бути помітною в темному середовищі, але майже невлливою при яскравому освітленні. Людське око краще розрізняє зміни в темних тонах, ніж у світлих. Колір сприймається не абсолютним значенням, а в контексті — залежно від фону, сусідніх об'єктів, освітлення. Це важливо враховувати при створенні графіків, карт, діаграм, де кольоровий градієнт передає інтенсивність змін або значення змінної. Особливу увагу візуальний апарат приділяє руху: навіть незначне коливання об'єкта в полі зору викликає миттєву реакцію. Саме тому анімовані елементи (наприклад, підказки або нотифікації) особливо привертають увагу. У дизайні це використовується для управління фокусом користувача. Емоції, викликані зображенням, формуються на кількох рівнях. Перший — це автоматичні асоціації: певні кольори, форми, композиції мають усталені емоційні конотації. Наприклад, червоний колір викликає асоціації з енергією, тривогою або небезпекою; синій — з надійністю, технологіями, спокоєм; зелений — із природою, безпекою, зростанням. Криві лінії асоціюються з плавністю та органічністю, прямі — із стабільністю, структурами. Другий рівень — культурно зумовлені реакції. Символи, кольорові поєднання або композиції можуть мати різне значення в різних культурних середовищах. Наприклад, у західній культурі білий колір асоціюється з чистотою, а в деяких

азійських — із трауром. Третій рівень — особистий досвід. Образи, що нагадують особисті переживання, можуть викликати сильні емоційні реакції — від захоплення до відторгнення. Це активно використовується в рекламі, соціальних кампаніях, освітніх платформах. Емоційна виразність зображення також залежить від композиційної організації: асиметрія, контраст, надмірна деталізація або навпаки — мінімалізм — викликають різні емоції. Наприклад, мінімалістичні дизайни часто асоціюються з елегантністю та інтелектуальністю, а насичені деталями й кольорами — з енергією та динамікою. Ефективна візуалізація має не лише інформативність, а й зручність сприйняття. Це досягається шляхом використання певних технік, заснованих на психофізичних особливостях зору. Ієрархія візуального сприйняття передбачає розміщення елементів за ступенем важливості. Заголовки мають бути найбільш помітними, далі — ключові дані, і лише потім — деталі. Це реалізується через розмір, колір, товщину лінії, положення на екрані. Принципи гештальт-психології: близькість — елементи, розташовані близько, сприймаються як група; схожість — об'єкти з однаковою формою, кольором або розміром вважаються пов'язаними; замкненість — людський мозок схильний сприймати неповні форми як завершені; фігура і фон — головний об'єкт виділяється на фоні, залежно від контрасту. Ці принципи використовуються для упорядкування даних: в таблицях, діаграмах, картограмах. Колірна палітра має враховувати особливості зорового сприйняття. Потрібно уникати поєднання червоного і зеленого для людей із дальтонізмом. У науковій візуалізації рекомендується використовувати монохромні або аналогічні палітри (наприклад, синій → фіолетовий → червоний) для градієнтів. Використання негативного простору дозволяє уникнути перевантаження і полегшує орієнтацію на зображенні. Простір між елементами — це інструмент структурування, а не просто «порожнє місце». Контраст та акценти: контраст кольору, шрифту, форми створює точки фокусу. Надмірна кількість акцентів розсіює увагу — ідеально виділяти один головний елемент на екрані або сторінці. Анімація використовується як засіб привернення уваги та пояснення динаміки. Наприклад, у навчальних платформах поступова поява графіка дає змогу краще зрозуміти послідовність змін. Адаптація до аудиторії: для дітей важливий яскравий колір, великі шрифти та ілюстративність; для науковців — точність, шкали, легенди; для людей похилого віку — контраст, спрощення навігації. Композиція — це організація візуальних елементів на площині з урахуванням гармонії,

балансу, акцентів та ритму. Добре продумана композиція полегшує орієнтацію, підвищує зручність користування, покращує естетичне враження. Основні прийоми композиційної побудови: сітка — розміщення елементів по лініях і стовпцях, забезпечує порядок, узгодженість, передбачуваність; візуальна вага — великі, яскраві, контрастні об'єкти «тяжчі», баланс досягається симетрією або компенсацією ваги; рух зору — зліва направо і зверху вниз — типовий напрямок читання в західних культурах; фокусна точка — головний елемент композиції, який приваблює увагу. Композиція відіграє вирішальну роль у візуалізації даних. Наприклад, у dashboard-аналітиці основні метрики розміщуються вгорі, а деталізація — нижче. В інфографіках спершу подається контекст, потім головні числа, і далі пояснення. Одним з ключових ризиків візуального дизайну є перевантаження інформацією. Надмірна кількість елементів, кольорів, анімацій або дрібних шрифтів викликає зорову втому, втрату уваги, небажання аналізувати зображення. Когнітивне навантаження збільшується, коли користувач не може швидко зрозуміти, куди дивитися і що означають представлені дані. Рішенням є мінімізація об'єктів, згортання деталей, надання візуальних підказок, використання адаптивного дизайну, а також інтерфейсів, що змінюються залежно від рівня підготовки користувача. Психофізичні та емоційні аспекти візуального сприйняття є ключовими для успішної реалізації проєктів у сфері цифрового дизайну, візуалізації даних, навчальних систем, інфографіки та інтерфейсів. Людське сприйняття має свої межі та особливості, які необхідно враховувати: зорові фільтри, емоційні реакції, культурні асоціації, когнітивну обмеженість. Візуальний дизайнер, дослідник або розробник повинен поєднувати естетику з функціональністю, креативність - із логікою, використовуючи науково обгрунтовані техніки візуального структурування. Саме це робить візуальну комунікацію ефективною, зрозумілою, доступною і — що найважливіше — впливовою.

### 3.2 Тестові питання

1. Що вивчає гештальт-психологія у контексті сприйняття зображень?
    - A) Алгоритми кодування зображення
    - B) Фізичні характеристики світла
    - C) Принципи організації візуального сприйняття
    - D) Психічні розлади
- ✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Гештальт-психологія аналізує, як люди сприймають візуальні образи як цілісні структури на основі близькості, схожості тощо.

2. Який з гештальт-принципів описує тенденцію групувати об'єкти, що мають схожі характеристики?

- A) Замкненість
- B) Близькість
- C) Схожість
- D) Добре продовження

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Принцип схожості передбачає, що елементи, які мають подібну форму, колір або розмір, сприймаються як група.

3. Який ефект викликає логічне зонування в інтерфейсі візуалізації?

- A) Розмивання зображення
- B) Підвищення контрастності
- C) Полегшення орієнтації користувача
- D) Зменшення розміру зображення

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Логічне компонування допомагає користувачеві швидше знаходити інформацію завдяки зручній структурі.

4. Яке твердження правильне щодо прийомів акцентування у візуалізації?

- A) Вони призначені для розмиття деталей
- B) Вони зменшують навантаження на GPU
- C) Вони виділяють ключові елементи
- D) Вони слугують для захисту від копіювання

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Акценти – це спосіб привернути увагу до важливих елементів зображення.

5. Що з переліченого НЕ є прикладом гештальт-принципу?

- A) Замкненість
- B) Паралакса
- C) Близькість
- D) Добре продовження

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Паралакса – це оптичний ефект зміщення об'єктів, не належить до гештальт-психології.

6. Що означає термін «добре продовження» у гештальт-теорії?

- A) Тенденцію бачити об'єкти нерухомими
- B) Переривання контурів
- C) Сприйняття ліній як безперервних, навіть якщо вони розірвані
- D) Вибір схожих об'єктів

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Людина схильна сприймати частини кривої або прямої як продовження, навіть за переривань.

7. Що з наведеного найкраще описує емоційний вплив візуальних сцен?

- A) Алгоритм стискання JPEG
- B) Суб'єктивне враження користувача
- C) Обчислювальна складність
- D) Форма геометричного об'єкта

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Візуальні сцени можуть викликати емоції, такі як інтерес, страх, симпатія – усе це суб'єктивне враження.

8. Яке твердження правильно описує орієнтацію на користувача у візуалізації?

- A) Використання максимально яскравих кольорів
- B) Автоматичне збереження даних
- C) Адаптація візуалізації до потреб та завдань користувача
- D) Розробка без врахування психофізичних чинників

✓ Правильна відповідь: C

*Пояснення.* Користувацька орієнтація означає побудову візуального середовища відповідно до характеристик і задач глядача.

9. Що може бути наслідком ігнорування психофізичних чинників у дизайні?

- A) Оптимізація пам'яті
- B) Погіршення сприйняття та навігації
- C) Підвищення швидкодії системи
- D) Зменшення кількості кольорів

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Ігнорування особливостей зору та уваги людини ускладнює розуміння візуальної інформації.

10. Який з гештальт-принципів пояснює, чому ми сприймаємо незавершені фігури як цілісні?

- A) Схожість
- B) Закнєність
- C) Близькість
- D) Добре продовження

✓ Правильна відповідь: B

*Пояснення.* Принцип закнєності – схильність завершувати незакнєні фігури до цілісного образу.

## 4 КОЛОРИСТИКА У ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

### 4.1 Короткі теоретичні відомості

Одним із понять колористики є колірна модель – абстрактна математична система для опису кольору. Найпоширенішими є моделі RGB (Red, Green, Blue), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black), HSL (Hue, Saturation, Lightness), LAB та HSV. У цифровій візуалізації модель RGB переважає, оскільки вона відповідає принципам формування кольору на екранах, які базуються на адитивному змішуванні світлових хвиль. Натомість CMYK використовується в поліграфії – для субтрактивного змішування пігментів.

У практиці візуалізації даних кольорів виконує низку функцій. По-перше, це класифікаційна функція – колір дозволяє розмежовувати категорії, класи, групи, значення у графіках, діаграмах, теплових картах. Наприклад, під час побудови кластеризаційної візуалізації кольори відображають належність об'єктів до кластерів. По-друге, колір виконує акцентуаційну функцію, виділяючи важливі елементи чи сигнальні повідомлення. По-третє, колір використовується як аналітична змінна: візуалізація значень за шкалою кольору дозволяє передавати інтенсивність, температуру, щільність, ризик або інші метричні параметри.

Психофізіологія сприйняття кольору лежить в основі ефективного застосування колористики. Відомо, що різні кольори викликають різні асоціації і реакції: червоний збуджує, попереджає, асоціюється з небезпекою; синій заспокоює; зелений пов'язаний з природою і безпекою; жовтий – з увагою та енергією. Водночас важливі значення мають також контексти культури, мови, досвіду користувача. У візуалізації даних, особливо під час роботи з глобальною аудиторією, важливо уникати неоднозначностей – наприклад, використання червоного не завжди має позначати «погано» чи «негативно».

Побудова палітр кольору є ключовим завданням в колористиці візуалізації. Палітра може бути категоріальною (для позначення дискретних груп), градієнтною (для відображення безперервних величин) або дивергентною (з нейтральним тоном посередині для підкреслення позитивних і негативних відхилень). Наприклад, градієнт від синього до червоного часто використовується для зображення температури, а дивергентні палітри – для показу відхилень від норми.

Іншим важливим аспектом колористики є колірний контраст, що визначається різницею між кольорами за яскравістю, насиченістю або відтінком. Контраст використовується для забезпечення читабельності підписів, маркерів, ліній, для структурування композиції та орієнтації уваги користувача. Наприклад, у темних інтерфейсах застосовують світлі кольори шрифтів з високою яскравістю, а у світлих – темні.

Колористика тісно пов'язана із законом Гештальту, зокрема принципами фігура-фон, подібності, замикання. Колір дозволяє групувати об'єкти візуально, встановлювати ієрархію важливості, допомагати у навігації. У мультимедійних середовищах, де колір поєднується з анімацією або взаємодією, він стає інструментом динамічної передачі змін, помилок, очікувань або стану системи.

#### 4.2 Тестові питання

1. Що таке адитивне змішування кольорів?

- A) Змішування пігментів у друці
- B) Змішування кольорів на основі RGB-світла ✓
- C) Використання фільтрів для затемнення
- D) Змішування фарб у палітрі

*Пояснення:* у комп'ютерній графіці адитивна модель (RGB) створює кольори шляхом додавання світла.

2. Які кольори вважаються основними в адитивній моделі?

- A) Червоний, синій, жовтий
- B) Ціан, пурпурний, жовтий
- C) Червоний, зелений, синій ✓
- D) Чорний, білий, сірий

*Пояснення:* у моделі RGB основні кольори — червоний, зелений і синій.

3. Яке змішування використовується в друкарстві?

- A) Адитивне
- B) Субтрактивне ✓
- C) Монохромне
- D) Векторне

*Пояснення:* друк використовує пігменти, які поглинають (віднімають) світло – субтрактивна модель (СМУ/СМУК).

4. Що таке монохромна кольорова схема?

- A) Комбінація комплементарних кольорів
- B) Використання кількох яскравих відтінків

С) Варіації одного кольору з різною насиченістю та яскравістю ✓

Д) Всі кольори спектра одночасно

*Пояснення:* монохромна схема базується на одному кольорі з тональними варіаціями.

5. Який ефект дає використання контрасту у візуалізації?

А) Приховує важливу інформацію

В) Робить зображення блідим

С) Підсилює увагу до ключових елементів ✓

Д) Зменшує розмір файлу

*Пояснення:* контраст підсилює виразність і дозволяє виділити важливе.

6. Що з наведеного є допоміжним кольором у кольоровому колі?

А) Зелений

В) Фіолетовий ✓

С) Червоний

Д) Синій

*Пояснення:* фіолетовий створюється змішуванням основних кольорів і є допоміжним (вторинним).

7. Як називається техніка, що використовує близькі відтінки на кольоровому колі?

А) Комплементарна схема

В) Монохромна

С) Аналогова ✓

Д) Контрастна

*Пояснення:* аналогова схема використовує сусідні кольори, що гармонійно поєднуються.

8. Як колір впливає на сприйняття простору у візуалізації?

А) Змінює швидкодію комп'ютера

В) Робить елементи ідентичними

С) Може створювати ілюзію глибини або віддаленості ✓

Д) Не впливає

*Пояснення:* холодні кольори здаються далі, теплі — ближче.

9. Що означає гармонія кольорів у дизайні?

А) Суміш усіх кольорів

В) Використання протилежних кольорів

С) Естетично збалансоване поєднання кольорів ✓

Д) Випадковий підбір кольорів

*Пояснення:* гармонія – це візуально приємне та функціональне поєднання кольорів.

10. Як субтрактивне змішування створює чорний колір?

A) Додавання білого до сірого

B) Накладення RGB

C) Змішування ціану, пурпурного та жовтого ✓

D) Зменшення яскравості червоного

*Пояснення:* у CMY-моделі накладення трьох основних фарб створює чорний (або темно-сірий), тому додають чорний (K) для насиченості.

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЄКЦІЙ

### 5.1 Короткі теоретичні відомості

Моделювання проєкцій – це один з базових напрямів у комп'ютерній графіці, технічному кресленні, архітектурному дизайні та 3D-моделюванні. Воно передбачає побудову зображення об'єктів на площині або екрані з урахуванням просторових координат, щоб зберегти форму, пропорції та взаємне розташування об'єктів. Проєкції дозволяють перетворити тривимірний світ у двовимірне зображення, яке може бути візуалізоване, проаналізоване або надруковане.

Існує дві основні категорії проєкцій: паралельні (ортографічні) та перспективні. Паралельні проєкції не враховують точку бачення спостерігача – проєкційні промені йдуть паралельно, незалежно від відстані до об'єкта. Вони зберігають розміри та форми, що робить їх ідеальними для технічних креслень, інженерних моделей, схем. Найвідоміші типи паралельних проєкцій: аксонометрична, ізометрична, диметрична, косокутна (наприклад, кабінетна).

Аксонометрична проєкція зображає об'єкт у трьох вимірах на площині з певним кутом між осями координат. У ізометричній проєкції всі три осі мають однаковий нахил (зазвичай  $120^\circ$ ), і масштабування вздовж кожної осі однакове. Вона дозволяє створювати прості, симетричні об'ємні зображення без перспективних спотворень. У диметричній та триметричній проєкціях масштаби по осях можуть різнитися, що дає змогу гнучкіше передати пропорції.

Косокутна проєкція (наприклад, кабінетна) використовується для швидкого креслення, де одна з осей (зазвичай глибина) спотворюється під кутом  $45^\circ$ , з масштабом у половину. Це дає змогу зберігати фронтальний вигляд без змін, а глибину передавати умовно. Такі зображення прості у реалізації, хоча й не завжди точні.

На відміну від паралельних, перспективні проєкції імітують реальне сприйняття людиною: об'єкти, що далі розташовані – здаються меншими, а паралельні лінії сходяться в точці (або точках) сходження. Це створює ефект глибини, об'єму, реалістичності сцени. У перспективній проєкції проєкційні промені виходять із однієї або кількох точок бачення.

Види перспективної проєкції класифікуються за кількістю точок сходження: одноточкова (front view), двоточкова (corner view), триточкова (bird's eye або worm's eye view). У одноточковій

перспективі використовується одна точка сходження, зазвичай на лінії горизонту – це дозволяє створити вигляд прямо перед собою. Двоточкова – найпоширеніший тип у дизайні інтер'єрів, архітектурі та ігровій графіці, де паралельні лінії по ширині й глибині сходяться в окремих точках. Триточкова перспектива додає ще одну точку сходження по вертикалі – вона потрібна у разі погляду зверху або знизу.

Математично моделювання проєкцій реалізується за допомогою матриць перетворення. Для перспективної проєкції використовується матриця центрального проєктування, яка враховує положення камери, фокусну відстань та параметри об'єкта. Ці матриці можуть комбінуватися з іншими (афінними) для трансляції, масштабування, обертання об'єктів перед виведенням на екран.

Однією з переваг ортографічної проєкції є точне передання розмірів і кутів. Це дає змогу створювати кресленики, які можна безпосередньо використати для виготовлення деталей. Однак для візуального подання сцен або інтерфейсів, де важливо передати об'єм і глибину, частіше застосовують перспективу. У відеоіграх, візуалізації архітектурних моделей, VR/AR середовищах реалістичність є критичною.

Для зручності взаємоперетворення між різними типами проєкцій існують програмні алгоритми, що забезпечують зміну точки бачення без втрати просторових характеристик. У сучасних графічних редакторах та CAD-системах передбачено режими швидкого перемикавання між аксонометрією, ізометрією, перспективою тощо.

Прикладами візуалізацій проєкцій є:

- технічні кресленики деталей у AutoCAD у ортографічній проєкції;
- ігрові сцени в Unity або Unreal Engine у триточковій перспективі;
- дизайнерські рендери інтер'єрів у двоточковій перспективі;
- спрощені кресленики меблів у кабінетній проєкції;
- навчальні моделі з ізометрією у 3D-графіці.

Знання різних типів проєкцій і вміння вибрати їх відповідно до задачі – важлива компетенція для інженера, архітектора, дизайнера, програміста. Вони визначають не лише візуальну подачу об'єкта, а й спосіб його інтерпретації, виготовлення або використання.

Моделювання проєкцій формує основу просторового мислення й візуальної грамотності в цифрову епоху.

## 5.2 Тестові питання

1. Яка з наведених проєкцій є типом ортографічної?

- A) Косокутна
- B) Аксонометрична ✓
- C) Одноточкова перспективна
- D) Триточкова перспективна

*Пояснення:* аксонометрична проєкція – це одна з форм ортографічної (паралельної) проєкції.

2. Яка головна особливість перспективної проєкції?

- A) Всі лінії паралельні
- B) Всі об'єкти мають однаковий розмір
- C) Є точка сходження ✓
- D) Всі кути зберігаються

*Пояснення:* у перспективній проєкції паралельні прямі сходяться в одній або кількох точках сходження.

3. Яка кількість точок сходження використовується в одноточковій перспективній проєкції?

- A) 0
- B) 1 ✓
- C) 2
- D) 3

*Пояснення:* як випливає з назви, одноточкова перспектива має одну точку сходження на горизонті.

4. Для чого використовується косокутна проєкція?

- A) Для фотореалістичних зображень
- B) Для побудови тіней
- C) Для збереження розмірів по одній осі ✓
- D) Для зменшення навантаження на GPU

*Пояснення:* у косокутній проєкції одна вісь зберігає масштаби, а інші – нахиляються під кутом.

5. У якій проєкції всі координатні осі зображаються під однаковим кутом?

- A) Ізометричній ✓
- B) Косокутній
- C) Одноточковій
- D) Плановій

*Пояснення:* ізометрична проєкція – це частковий випадок аксонометрії, де кути між осями однакові ( $120^\circ$ ).

6. Який недолік має аксонометрична проєкція порівняно з перспективною?

- A) Вона складніша у побудові
- B) Вона дає спотворене відображення кольору
- C) Вона не передає глибину простору реалістично ✓
- D) Вона потребує 3D-редакторів

*Пояснення:* аксонометрія не передає ефект перспективи, тому виглядає менш реалістично.

7. У якій проєкції застосовується три точки сходження?

- A) Ізометричній
- B) Двоточковій
- C) Триточковій ✓
- D) Косокутній

*Пояснення:* триточкова перспектива враховує і горизонтальні, і вертикальні точки сходження.

8. Що є спільним для всіх ортографічних проєкцій?

- A) Різна масштабність по осях
- B) Паралельність променів проєктування ✓
- C) Використання перспективи
- D) Спотворення довжин ліній

*Пояснення:* в ортографічних проєкціях промені проєктування йдуть паралельно одне одному.

9. У чому перевага одноточкової перспективи у дизайні інтер'єрів?

- A) Проста побудова ✓
- B) Точна геометрія об'єктів
- C) Мінімальні спотворення
- D) Максимальна реалістичність

*Пояснення:* одноточкова перспектива легко конструюється вручну й наочно передає глибину.

10. Який метод часто застосовується для побудови перспективних зображень у графіці?

- A) Векторизація
- B) Афінні перетворення
- C) Центральне проєктування ✓
- D) Гуро-шейдинг

*Пояснення:* центральне (перспективне) проєктування – основа побудови реалістичної перспективи.

## 6 ПРИНЦИПИ ВІДОБРАЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

### 6.1. Короткі теоретичні відомості

Відображення зображень – це один із ключових процесів у комп'ютерній графіці, цифровому дизайні, інтерфейсах користувача та візуалізації даних. Він визначає, яким чином графічну інформацію подано у вигляді зображення на пристрої виведення: моніторі, дисплеї смартфона, принтері, проекторі тощо. Від коректності і точності цього процесу залежить якість зображення, зручність його сприйняття, візуальна достовірність та ефективність передавання інформації.

Найбільш поширеними моделями формування зображення є растрова та векторна.

Растрове відображення базується на принципі дискретного подання зображення у вигляді сітки пікселів. Кожен піксел має координати та значення кольору (інтенсивності для кожного каналу R, G, B). Такий підхід є універсальним для фотографій, сканованих зображень, відео. Водночас він має недолік у вигляді втрати якості під час масштабування: збільшення призводить до ефекту «пікселізації».

Векторне відображення ґрунтується на математичному описі геометричних примітивів (ліній, кривих, багатокутників), що дозволяє масштабувати зображення без втрати чіткості. Векторна графіка ідеальна для логотипів, схем, креслеників, шрифтів. Її основним недоліком є складність відображення фотореалістичних образів.

Формування зображення на дисплеї також залежить від типу розгортання. У більшості пристроїв застосовується растрове розгортання – поступове відображення пікселів по рядках і стовпцях згідно з певною частотою оновлення. У такому режимі зображення формується сканувальним способом, від верхнього лівого кута до нижнього правого. У цьому випадку кадри оновлюються синхронно або асинхронно – залежно від технології дисплея.

Асинхронне відображення використовується в деяких графічних системах, де частини зображення можуть оновлюватися незалежно. Це забезпечує гнучкість під час роботи з великими даними або зображеннями, але може спричинити артефакти, якщо не синхронізовано коректно.

Розгортка – це ще один фундаментальний принцип, який описує послідовність відображення пікселів на екрані. Найчастіше застосовується горизонтальна розгортка: зображення формується

рядками, один за одним. В деяких системах реалізовано міжрядкову (черезрядкову) розгортку, де зображення оновлюється через рядок.

Глибина кольору, або бітова глибина, визначає кількість відтінків, які може відображати кожен піксел. Наприклад, 24-бітне зображення містить по 8 біт для кожного з каналів R, G, B, що дає понад 16 мільйонів кольорів. Глибина кольору прямо впливає на якість зображення, обсяг пам'яті, необхідної для його зберігання, та ресурси за рендерінгу.

Матричне зображення – це термін, який часто використовується як синонім растрового зображення. Воно описується матрицею значень, де кожен елемент – це піксел з відповідним кольором. У наукових і технічних застосуваннях такі матриці можуть мати додаткові значення: альфа-канал (прозорість), глибина (z-buffer), температурні або функціональні параметри.

Коли йдеться про виведення зображень у реальному часі, важливою є швидкодія системи рендерінгу. Графічні процесори забезпечують прискорене відображення великої кількості пікселів, особливо у разі використання 3D-графіки. Алгоритми згладжування (антиаліайзинг), тіней, освітлення – усе це входить у процес відображення зображення з високим ступенем достовірності.

Ще один важливий аспект – це відображення зображення з урахуванням роздільної здатності пристрою. Роздільна здатність (наприклад, 1920×1080) визначає кількість пікселів по горизонталі й вертикалі. Високі значення забезпечують більшу чіткість, але потребують більше ресурсів. Для адаптивного відображення використовуються алгоритми масштабування та інтерполяції: найбільш популярні – найближчого сусіда, бі-лінійна, бі-кубічна.

## 6.2 Тестові питання

1. Що таке растровий принцип формування зображень?

- A) Побудова зображення за допомогою векторів
- B) Побудова зображення з пікселів по рядках та стовпцях ✓
- C) Кодування відеопотоку
- D) Створення зображення за допомогою скриптів

*Пояснення:* растрове зображення складається з окремих пікселів, які відображаються по сітці.

2. Що є основною одиницею растрового зображення?

- A) Вектор

- B) Полігон
- C) Піксел ✓
- D) Сплайн

*Пояснення:* піксел – мінімальний елемент у растровому форматі, що зберігає колір.

3. У чому відмінність асинхронного формування зображення від синхронного?

- A) В асинхронному – зображення не оновлюється
- B) Асинхронний режим оновлює частини зображення незалежно одна від одної ✓
- C) Синхронний формує зображення зі зсувом
- D) Обидва мають однакові характеристики

*Пояснення:* у асинхронному режимі оновлення не прив'язане до єдиного сигналу.

4. Який тип формування зображень дозволяє найточніше описати криві та геометричні фігури?

- A) Растровий
- B) Векторний ✓
- C) Матричний
- D) Піксельний

*Пояснення:* векторні зображення описуються математично, що дозволяє масштабування без втрат.

5. Що таке матричне зображення?

- A) Зображення, яке містить лише текст
- B) Зображення, описане матрицею пікселів ✓
- C) 3D-модель
- D) Об'єкт векторної графіки

*Пояснення:* матричне зображення є синонімом растрового – кожен піксел має координати і колір.

6. У чому полягає недолік растрової графіки?

- A) Висока ціна обробки
- B) Неможливість стискування
- C) Втрата якості в процесі масштабування ✓
- D) Низька швидкодія за рендерингу

*Пояснення:* за збільшення растрового зображення спостерігається «пікселізація».

7. Який принцип використовується у разі виведення зображення на дисплей у реальному часі?

- A) Постсканування
- B) Лінійне інтерполяційне сканування
- C) Растрове розгортання ✓
- D) Дифузійне змішування

*Пояснення:* дисплеї оновлюють екран построково згідно з принципом растрового розгортання.

8. Векторна графіка є кращою за растрову за...

- A) Виведення фотографій
- B) Побудови складних текстур
- C) Створення креслеників та шрифтів ✓
- D) Кодування відео

*Пояснення:* векторна графіка краще підходить для точних графічних зображень, які потребують масштабування.

9. Що визначає «розгортка» в процесі формування зображення?

- A) Глибину кольору
- B) Спосіб сканування рядків зображення ✓
- C) Частоту оновлення пікселів
- D) Тип освітлення сцени

*Пояснення:* розгортка описує послідовність проходження променя/сигналу по екрану для виводу пікселів.

10. Що є спільним для векторного та растрового формування зображень?

- A) Однакові типи збереження файлів
- B) Відсутність залежності від роздільної здатності
- C) Можливість передачі кольору ✓
- D) Однакова швидкість обробки

*Пояснення:* обидва типи графіки використовуються для подання кольорової інформації, хоча технічно реалізуються по-різному.

## 7 МОДЕЛЮВАННЯ 2D/3D-ПЕРЕТВОРЕНЬ

### 7.1 Короткі теоретичні відомості

У двовимірній графіці до базових перетворень належать: переміщення (трансляція), обертання, масштабування, дзеркальне відображення та зсув (shear). Ці операції дозволяють змінювати вигляд об'єкта без втручання в його внутрішню структуру. Вони широко використовуються в анімації, під час побудови інтерфейсів, схем, графіків і діаграм. Всі 2D-перетворення можна поєднувати для досягнення складніших ефектів, наприклад, обертання зі зміною масштабу або зсув із дзеркальним відображенням.

Тривимірні перетворення є розширенням вищезгаданих і мають додаткову складність через необхідність урахування третьої координати – осі  $Z$ . У 3D-просторі до перетворень додаються обертання навколо осей  $X$ ,  $Y$  та  $Z$ , масштабування в усіх трьох вимірах, а також складніші перетворення камери та проєкцій. Завдяки цим операціям можна змоделювати віртуальні сцени, в яких об'єкти можуть переміщатися, обертатися, змінювати форму та взаємодіяти між собою в просторі, що наближає графіку до фізичної реальності.

Особливе значення мають проєкційні перетворення, які відповідають за перенесення сцени з 3D-простору у площину екрана. Найбільш поширеними є ортографічна (паралельна) та перспективна проєкції. Перша використовується у технічній візуалізації, креслениках та САД-системах, де важлива точність і масштабність, тоді як друга – в ігровій графіці та візуалізації сцени з реалістичними ефектами глибини.

Ключовим підходом у реалізації перетворень є використання однорідних координат та матриць, які дозволяють об'єднувати всі перетворення в єдиний алгоритм. У 2D-просторі використовуються матриці розміром  $3 \times 3$ , у 3D –  $4 \times 4$ . Це забезпечує ефективність обчислень, узгодженість усіх трансформацій і можливість їх каскадного застосування в заданій послідовності.

Для складних сцен, що містять ієрархічно пов'язані об'єкти (наприклад, робот з рухомими кінцівками), застосовують ієрархічні моделі перетворень. Вони дають змогу наслідувати позиції та обертання підлеглих об'єктів відносно батьківських. Це забезпечує реалістичність рухів, збереження структури та відповідність моделі очікуваному вигляду у візуалізації.

У візуалізації також важливу роль відіграє камера – віртуальна точка спостереження, що визначає, яку частину сцени буде видно, під яким кутом, з якою перспективою. Камера має власні параметри: положення, напрямок, фокусна відстань, кут огляду, і вони задаються окремим перетворенням – перетворенням виду. Камера виконує перетворення сцени у координати спостерігача, що дозволяє легко змінювати точку бачення на об'єкти та досягати бажаного композиційного ефекту.

Сучасні графічні системи, зокрема OpenGL, DirectX, Vulkan та рушії віртуальної реальності, використовують узагальнену систему перетворень, що містить модифікацію об'єктів, їх відображення відносно камери та проєкцію на екран. У підсумку – віртуальні об'єкти, змодельовані в координатному просторі, перетворюються у пікселі зображення.

## 7.2 Тестові питання

1. Що є основою для афінного перетворення в 2D-просторі?

- A) Побудова перспективи
- B) Поліноміальні рівняння
- C) Матричне множення координат ✓
- D) Відображення текстур

*Пояснення:* афінні перетворення реалізуються через множення координат на матрицю перетворення.

2. Яке з наведених перетворень не є афінним?

- A) Паралельне перенесення
- B) Обертання
- C) Дзеркальне відображення
- D) Проєктивне перетворення ✓

*Пояснення:* проєктивне перетворення не зберігає паралельність і не є афінним.

3. Яке твердження про афінні перетворення правильне?

- A) Вони зберігають довжини відрізків
- B) Вони зберігають прямі та паралельність ✓
- C) Вони перетворюють кола в еліпси
- D) Вони є виключно нелінійними

*Пояснення:* афінні перетворення зберігають прямі лінії та паралельність, але не довжини чи кути.

4. Яка операція виконується за зсуву фігури у 2D-просторі?

- A) Додавання координатного вектора ✓
- B) Множення на нульову матрицю
- C) Повертання навколо початку координат
- D) Дзеркальне перетворення

*Пояснення:* зсув (трансляція) – це додавання сталого вектора до кожної точки.

5. Що таке масштабування в контексті афінних перетворень?

- A) Зміна кольору об'єкта
- B) Обертання на фіксований кут
- C) Зміна розмірів по координатних осях ✓
- D) Відображення відносно діагоналі

*Пояснення:* масштабування дозволяє збільшувати чи зменшувати об'єкт по осях X, Y (і Z у 3D).

6. Яке з перетворень потрібне для обертання об'єкта в площині?

- A) Трансляція
- B) Масштабування
- C) Множення на матрицю повороту ✓
- D) Інверсія

*Пояснення:* обертання описується матрицею, яка містить функції синуса та косинуса кута повороту.

7. Що означає афінне перетворення в 3D-просторі?

- A) Зміна кольору та освітлення
- B) Тільки масштабування
- C) Комбінація трансляції, обертання, масштабування в 3D ✓
- D) Анімація об'єкта

*Пояснення:* афінні перетворення в 3D включають ті самі операції, що і в 2D, але із трьома координатами.

8. Який тип матриці використовується для 2D-перетворень у гомогенних координатах?

- A)  $2 \times 2$
- B)  $3 \times 3$  ✓
- C)  $4 \times 4$
- D)  $2 \times 3$

*Пояснення:* для підтримки трансляції в афінних перетвореннях використовують гомогенні координати ( $3 \times 3$  матриці для 2D).

9. Що забезпечує використання гомогенних координат?

- A) Менший обсяг пам'яті
- B) Відображення без обчислень
- C) Єдине подання всіх афінних операцій матрично ✓
- D) Підтримку тільки масштабування

*Пояснення:* гомогенні координати дозволяють виконувати всі типи перетворень за допомогою матриць.

10. Що станеться за множення на одиничну матрицю у 3D-просторі?

- A) Масштабування
- B) Зміщення
- C) Об'єкт залишиться незмінним ✓
- D) Втрата координат

*Пояснення:* одинична матриця не змінює координати — це нейтральне перетворення.

## 8 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ

### 8.1 Короткі теоретичні відлмості

Графічні примітиви – це базові елементи, з яких складаються всі складні графічні об'єкти. До них належать точки, прямі лінії, кола, дуги, криві, багатокутники. Усі комп'ютерні зображення, як растрові, так і векторні, формуються за допомогою цих примітивів. Ефективне формування примітивів є основою комп'ютерної графіки, САД-систем, ігрових рушіїв та будь-яких середовищ візуалізації.

Однією з найпоширеніших задач є побудова прямої лінії. Найпростіше її можна описати рівнянням  $y = kx + b$ . Такий метод інтуїтивно зрозумілий, однак його реалізація у растровій графіці неефективна через використання обчислень з плаваючою комою. Це знижує швидкість рендерингу та точність на інтегральній піксельній сітці.

Тому в комп'ютерній графіці широко використовується алгоритм Брезенхема, який дозволяє будувати прямі лише з використанням цілих чисел. Алгоритм працює за принципом інкрементального обчислення й вибору наступного пікселя, який щонайбільше наближає лінію до ідеального математичного опису. Цей алгоритм швидкий, надійний і універсальний, його застосовують у більшості графічних систем, зокрема в OpenGL, DirectX, SDL, Qt.

Ще один класичний метод – метод цифрового диференційного аналізатора (ЦДА). Він базується на поетапному збільшенні координат із однаковим кроком. У цьому методі обчислюється приріст  $x$  і  $y$  за допомогою дійсних чисел. Хоча він дає гладкий результат, його реалізація на практиці повільніша, ніж у Брезенхема, і потребує обробки чисел з плаваючою комою.

Побудова кіл і дуг у растровій графіці також потребує спеціальних алгоритмів. Існує модифікація алгоритму Брезенхема для кіл, яка працює за аналогічними принципами: урахування симетрії кола дозволяє обчислювати лише одну восьму частину дуги, а інші частини створюються дзеркальним копіюванням. Це дозволяє значно скоротити кількість обчислень.

Окрім ліній і кіл, графічні системи мають формувати криві другого порядку, наприклад параболи. Для цього використовуються адаптовані версії Брезенхем-подібних алгоритмів або методи, основані на параметричних рівняннях. Якщо потрібно будувати складні криві –

на кшталт сплайнів або Безьє-кривих, використовуються інші алгоритми: наприклад, рекурсивні методи ділення, де кожна крива апроксимується простими відрізками.

Важливо також знати, що векторна графіка не будує примітиви на етапі зображення, а зберігає їх у вигляді математичних описів. Лише на етапі виведення або рендерингу векторні об'єкти перетворюються на піксели (растеризація). Векторні примітиви легко масштабуються, обертаються, трансформуються без втрати якості, що робить їх незамінними для технічних схем, креслеників, архітектурних моделей, інфографіки.

Для складніших структур використовуються складені примітиви – полігони, багатокутники, трапеції, які формуються з базових точок і ліній.

Методи їхнього формування залежать від внутрішньої репрезентації графіки: списків вершин, індексних буферів, растрових шаблонів. Під час побудови таких фігур часто використовують алгоритми заповнення: сканлайновий метод, алгоритм згортання, Z-buffer.

Іншим ключовим питанням є антиаліайзинг – згладжування примітивів, щоб уникнути зубчастих країв. Це досягається або апаратно (через графічний процесор), або програмно – змішуванням кольорів пікселів на межах фігур.

Переваги використання алгоритмів для побудови графічних примітивів:

1. Висока швидкодія (особливо за використання цілочисельної арифметики).
2. Простота реалізації в графічних додатках.
3. Точність під час обробки симетричних об'єктів (кола, дуги).
4. Масштабованість для векторних форматів.
5. Підтримка анімації шляхом модифікації координат примітивів.

#### *Приклади застосування*

Відображення віконних рамок та інтерфейсів у 2D-додатках, побудова технічних креслеників у CAD-системах (AutoCAD, SolidWorks).

Графічні елементи векторних редакторів (Adobe Illustrator, Inkscape).

Обробка зображень у растрових програмах (GIMP, Photoshop).

Примітиви в ігрових рушіях для побудови базової геометрії.

## 8.2 Тестові питання

1. Який алгоритм найчастіше використовують для побудови прямих ліній у растровій графіці?

- A) Метод Монте-Карло
- B) Алгоритм Брезенхема ✓
- C) Алгоритм Ньютона
- D) Сплайн Ерміта

*Пояснення:* алгоритм Брезенхема ефективно будує лінії за допомогою цілочисельної арифметики.

2. Який метод використовує оцінювальну функцію для побудови прямої?

- A) Метод цифрового диференційного аналізатора
- B) Метод сплайн-інтерполяції
- C) Метод оцінювальної функції ✓
- D) Метод паралельного відрізка

*Пояснення:* метод оцінювальної функції базується на відхиленні від ідеальної лінії та виборі найближчого пікселя.

3. Який недолік має «прямий» метод побудови ліній?

- A) Він не працює з дійсними числами
- B) Потребує складних обчислень з плаваючою комою ✓
- C) Не підтримує вертикальні лінії
- D) Не дозволяє задавати колір

*Пояснення:* прямий метод базується на рівнянні  $y = kx + b$ , що потребує дорогих обчислень з десятковими значеннями.

4. Яка з фігур не є графічним примітивом у класичній комп'ютерній графіці?

- A) Коло
- B) Пряма
- C) Гіпербола
- D) Куб ✓

*Пояснення:* куб – це складна фігура, яка складається з примітивів, а не є примітивом самостійно.

5. Який алгоритм використовують для побудови кіл у растровій графіці?

- A) Гуро-алгоритм
- B) Сплайн-контур
- C) Алгоритм Брезенхема для кіл ✓
- D) Метод триангуляції

*Пояснення:* модифікований алгоритм Брезенхема дозволяє ефективно рисувати кола.

6. Що з наведеного є загальним для всіх алгоритмів побудови примітивів?

- A) Вони працюють лише у 3D
- B) Вони використовують векторні формати
- C) Вони заповнюють піксели растрового екрана ✓
- D) Вони потребують графічного прискорювача

*Пояснення:* незалежно від формули, всі алгоритми будують об'єкти на екрані шляхом активації пікселів.

7. Що є характерним для методу цифрового диференційного аналізатора (ЦДА)?

- A) Використання гіперболічних функцій
- B) Побудова ліній через ітерацію координат з однаковим кроком ✓
- C) Метод обертання
- D) Обчислення текстур

*Пояснення:* ЦДА виконує поступове нарощування координат із фіксованим кроком, з використанням десяткових чисел.

8. Що відрізняє алгоритм Брезенхема від методу ЦДА?

- A) Брезенхем використовує дійсні числа
- B) Брезенхем ефективніший, бо використовує тільки цілі числа ✓
- C) ЦДА не підтримує вертикальні лінії
- D) Брезенхем має більшу похибку

*Пояснення:* перевага Брезенхема – обчислення без плаваючої коми, що пришвидшує виконання.

9. Що потрібно для побудови параболи в растровій графіці?

- A) Трансляція кола
- B) Алгоритм Брезенхема з модифікацією ✓
- C) Алгоритм Ньютона
- D) Векторна інтерполяція

*Пояснення:* для побудови параболи використовуються адаптовані алгоритми на кшталт Брезенхема.

10. У якому випадку доцільно використовувати графічні примітиви у векторній графіці?

- A) Для створення фотореалістичних зображень
- B) Для анімацій у форматі GIF
- C) Для креслень, схем і діаграм ✓
- D) Для кодування відео

*Пояснення:* векторні графічні примітиви ідеально підходять для схем, креслень, інтерфейсів – завдяки масштабованості.

## 9 ПОБУДОВА КРИВИХ В ЗАДАЧАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

### 9.1 Короткі теоретичні відомості

Криві є об'єктами у комп'ютерній графіці, інженерному моделюванні, анімації, візуалізації наукових даних і CAD-системах. Вони забезпечують можливість точного та плавного опису контурів, поверхонь, траєкторій та функціональних залежностей. Залежно від задачі використовуються різні типи кривих: інтерполяційні, апроксимаційні, сплайни, криві Безьє, NURBS тощо.

Інтерполяційна крива – це така, яка проходить точно через задані точки. Прикладом є інтерполяційна крива Ерміта, яка використовує не лише координати точок, а й значення похідних (тангент), що дозволяє точно контролювати нахил кривої в кожній точці. Інтерполяція використовується, коли важливо зберегти дані незмінними, наприклад, у випадках візуалізації експериментальних результатів, графіків або контурів.

Натомість апроксимаційні криві не обов'язково проходять через задані точки, а лише «наближаються» до них. Це дозволяє досягти згладженості та уникнути надмірного викривлення у разі великої кількості точок. Такий підхід знижує ймовірність осциляцій та підвищує візуальну однорідність. Один з класичних прикладів – крива Безьє.

Криві Безьє є найбільш поширеними в графіці завдяки простоті реалізації, математичній елегантності та здатності до високого ступеня контролю. Побудова такої кривої здійснюється на основі початкової та кінцевої точки, а також контрольних точок, які визначають кривину. Для обчислення координат на кривій використовується рекурсивний алгоритм де Кастельжо. Він дозволяє поетапно інтерполювати точки до досягнення координати на кривій.

Поліном Лагранжа – класичний метод інтерполяції, який дозволяє побудувати поліном, що проходить через задані точки. Його недоліком є складність і можливі осциляції за великої кількості вузлів. У таких випадках застосовують поліном Ньютона, який має перевагу у вигляді легкого додавання нових точок без необхідності повного перерахунку всього виразу.

Особливо важливими є сплайни – складені функції, які описують криву як набір поліномів низького порядку, з'єднаних у вузлах (точках зчеплення). Найчастіше використовуються кубічні сплайни, які забезпечують безперервність першої та другої похідної. Це робить їх

ідеальними для візуалізації плавних ліній, обрисів, траєкторій та функціональних залежностей. У задачах згладжування даних (наприклад, під час фільтрації шумових графіків) застосовуються згладжувальні сплайни, які не лише проходять біля точок, але й мінімізують коливання.

Особливе місце посідають NURBS – раціональні B-сплайни, які є стандартом у системах CAD/CAE для побудови кривих і поверхонь. Їхня перевага – в гнучкому контролі форми за допомогою вагових коефіцієнтів і локальній змінності кривої під час редагування контрольних точок. NURBS забезпечують точне подання таких фігур, як кола, еліпси, а також довільні криві складної форми.

Для апроксимації даних також використовуються рівняння регресії, але у випадках, коли форма лінії не відома наперед, доцільніше застосовувати адаптивні криві, наприклад, сплайни з природними або напруженими граничними умовами. Вони забезпечують більш реалістичну форму та зберігають фізичні властивості (наприклад, жорсткість, пружність) у моделюванні.

Переваги використання кривих у візуалізації: плавне та точне відображення геометричних контурів, гнучкість у редагуванні форми та масштабуванні, здатність до згладжування шумових даних, підтримка адаптивної локальної деталізації, використання у 2d та 3d середовищах.

## 9.2 Тестові питання

1. Яка з наведених кривих є інтерполяційною?

- A) Крива Безьє
- B) Сплайн B-типу
- C) Інтерполяційна крива Ерміта ✓
- D) Апроксимаційна пряма

*Пояснення:* інтерполяційна крива проходить точно через задані точки — прикладом є крива Ерміта.

2. Яка основна відмінність інтерполяційної та апроксимаційної кривої?

- A) Апроксимаційна завжди лінійна
- B) Інтерполяційна проходить через усі точки ✓
- C) Апроксимаційна має лише 2 контрольні точки
- D) Інтерполяційна крива не підтримує згладжування

*Пояснення:* інтерполяція відновлює функцію, що точно проходить через дані точки; апроксимація — наближено.

3. Для чого використовують криві Безьє?

- A) Для рендерингу світла
- B) Для побудови фракталів
- C) Для побудови гладких контурів на основі контрольних точок ✓
- D) Для тріангуляції поверхонь

*Пояснення:* крива Безьє добре підходить для графіки, де важливе згладжування.

4. Який тип кривої описується за допомогою багаторазових інтерполяцій?

- A) Полігональна крива
- B) Поліном Лагранжа ✓
- C) Сплайн-контур
- D) Крива Сенкі

*Пояснення:* поліном Лагранжа базується на багаторазовій побудові базисних функцій для кожної точки.

5. Що є перевагою використання кубічних сплайнів у візуалізації?

- A) Вони завжди прямі
- B) Простота реалізації в Excel
- C) Високий рівень згладжування ✓
- D) Мінімізація пам'яті

*Пояснення:* кубічні сплайни забезпечують плавність першої і другої похідної – ідеальні для графіки.

6. Яка з кривих використовується в CAD-системах завдяки точному контролю форми?

- A) NURBS ✓
- B) Лінійна апроксимація
- C) Гістограма
- D) Функція Фур'є

*Пояснення:* NURBS (раціональні B-сплайни) – стандарт для побудови гладких форм у CAD і 3D-графіці.

7. Який метод інтерполяції базується на рекурсивному додаванні контрольних точок?

- A) Метод Куна
- B) Метод Бурна
- C) Де Кастельжо ✓
- D) Сплайн Невілла

*Пояснення:* алгоритм де Кастельжо використовується для обчислення кривих Безьє рекурсивним способом.

8. Який з методів підходить для згладжування шумних даних?

- A) Лінійна інтерполяція
- B) Гістограмна нормалізація
- C) Згладжуючі сплайни ✓
- D) Афінне перетворення

*Пояснення:* згладжуючі сплайни не тільки описують дані, але й фільтрують випадкові коливання.

9. У чому перевага використання полінома Ньютона перед Лагранжа?

- A) Не потребує обчислень
- B) Має меншу похибку
- C) Зручність додавання нових точок ✓
- D) Базується на тригонометричних функціях

*Пояснення:* у формулі Ньютона можна легко додавати нові вузли, не перераховуючи все з нуля.

10. У якому випадку використовують сплайни замість поліномів високого порядку?

- A) Коли потрібно більше обчислень
- B) Щоб збільшити похибку
- C) Щоб уникнути осциляції та надмірного викривлення ✓
- D) Коли всі точки лежать на прямій

*Пояснення:* високі поліноми можуть давати осциляції; сплайни більш стабільні й точні в інтервалі.

## 10 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ У ТРИВИМІРНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

### 10.1 Короткі теоретичні відомості

Візуалізація поверхонь у тривимірній комп'ютерній графіці базується на математичному й алгоритмічному описі форм, які відображаються на екрані у вигляді сіток, текстур, нормалей та освітлення. Основною формою подання 3D-об'єктів є полігональні сітки, серед яких трикутна сітка є найпоширенішою. Її перевага полягає в універсальності: будь-яку складну поверхню можна апроксимувати за допомогою великої кількості трикутників, що робить її зручною для обробки графічними процесорами.

У разі відображення таких сіток важливу роль відіграють методи освітлення. Одним із класичних способів є Gouraud shading, який виконує обчислення освітлення у вершинах сітки та інтерполює яскравість пікселів усередині кожного трикутника. Це дозволяє зменшити обчислювальне навантаження та водночас досягти більшої реалістичності, ніж за flat shading, де освітлення є однаковим для всього полігона. Ще більш реалістичний метод – Phong shading, що інтерполює не яскравість, а нормалі поверхні на піксельному рівні, забезпечуючи плавні переходи освітлення та точне моделювання блисків.

Деталізація поверхонь може бути значно збагачена завдяки текстуруванню, зокрема методам bump mapping і normal mapping. У випадку bump mapping відбувається модифікація нормалей поверхні відповідно до карти висот, без фізичної зміни геометрії, що створює ілюзію рельєфу. Height map, або карта висот, є двовимірним масивом, у якому кожне значення відповідає висоті точки на поверхні. Такі карти широко використовуються у візуалізації ландшафтів, ігор та наукових моделях.

Для зменшення складності моделей, які використовуються в сценах з великою кількістю об'єктів, застосовують рівні деталізації (LOD). Ця технологія дозволяє адаптивно змінювати кількість полігонів у моделі залежно від відстані до камери: чим далі об'єкт – тим менше полігонів використовується для його відображення. Це забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю та якістю графіки.

У задачах створення плавних поверхонь застосовують subdivision surfaces – методи багаторазового поділу полігонів. Початкова груба сітка поступово перетворюється на гладку форму через ітеративне

згладжування, що особливо корисно в анімації, моделюванні персонажів та технічному дизайні. Ще один метод, Laplacian smoothing, базується на переміщенні вершин до середнього положення їхніх сусідів для зменшення «шуму» на поверхні.

Візуалізація складних криволінійних поверхонь найчастіше реалізується через NURBS – неуніформні раціональні B-сплайни. Вони дозволяють з високою точністю моделювати кола, еліпси та інші гладкі поверхні, що робить їх стандартом у CAD-системах і промисловому проектуванні. Завдяки своїй математичній основі, NURBS забезпечують контроль над формою через вагові коефіцієнти та розташування контрольних точок.

Для візуального аналізу топографії або розподілу функціональних значень на поверхні використовують ізолінії – лінії, що з'єднують точки з однаковим значенням висоти або іншого параметра. Ізолінії часто використовуються в картографії, геодезії та медичній візуалізації (наприклад, для відображення щільності або температури).

## 10.2 Тестові питання

1. Який тип полігональної сітки найчастіше використовується для побудови 3D-поверхонь?

- A) Квадратна
- B) Шестикутна
- C) Трикутна ✓
- D) П'ятикутна

*Пояснення:* трикутна сітка є базовою у комп'ютерній графіці, оскільки будь-яку складну поверхню можна наблизити трикутниками.

2. Який метод візуалізації поверхонь базується на використанні нормалей для кожної вершини?

- A) Flat shading
- B) Wireframe
- C) Gouraud shading ✓
- D) Rasterization

*Пояснення:* метод Гуро обчислює освітлення у вершинах і інтерполює яскравість всередині трикутників.

3. Який метод текстуровання дозволяє додати візуальні нерівності поверхні без зміни геометрії?

- A) Normal mapping
- B) Mesh simplification

C) Bump mapping ✓

D) Subdivision

*Пояснення:* bump mapping додає ілюзію глибини за рахунок модифікації нормалей.

4. Що таке «ізолінії» на поверхні?

A) Лінії сполучення пікселів

B) Лінії однакової яскравості

C) Лінії, які з'єднують точки з однаковим значенням висоти ✓

D) Лінії тіні

*Пояснення:* ізолінії відображають контури рівня функції, наприклад, висоти на поверхні.

5. Який метод згладжування поверхонь використовує багаторазове ділення полігонів?

A) Laplacian smoothing

B) Bump mapping

C) Subdivision surfaces ✓

D) Voxelization

*Пояснення:* subdivision-поверхні створюються шляхом багаторазового поділу початкової сітки для згладження.

6. Яка технологія дозволяє зменшити кількість полігонів без втрати візуальної якості поверхні?

A) Normal mapping

B) Level of Detail (LOD) ✓

C) Antialiasing

D) Texture baking

*Пояснення:* LOD змінює деталізацію моделі залежно від відстані до камери.

7. У якому методі візуалізації поверхні важливу роль відіграє відображення світла на піксельному рівні?

A) Flat shading

B) Wireframe

C) Phong shading ✓

D) Scanline rendering

*Пояснення:* Phong shading інтерполює нормалі всередині полігонів, що дозволяє моделювати плавні відблиски.

8. Що таке height map?

A) Модель освітлення

B) Колірна карта для текстури

С) Масив значень, що задає висоту поверхні ✓

Д) Список векторів переміщення

*Пояснення:* height map – це двовимірний масив, де значення відповідають висоті кожної точки, що дозволяє формувати рельєф.

9. Який метод дозволяє подати складні поверхні з великою точністю за рахунок математичних кривих?

А) Gouraud shading

В) Bézier surfaces

С) NURBS ✓

Д) Spline raster

*Пояснення:* NURBS (раціональні В-сплайни) використовуються для точного моделювання криволінійних форм у САД.

10. У чому полягає перевага методу wireframe?

А) Реалістичність візуалізації

В) Висока деталізація тіней

С) Прозорість структури і швидкість відображення ✓

Д) Якісне освітлення

*Пояснення:* wireframe показує каркас об'єкта без заливки, що дозволяє швидко аналізувати структуру поверхні.

## 11 МЕТОДИ ПОБУДОВИ РЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

### 11.1 Короткі теоретичні відомості

Під реалістичністю розуміють відповідність візуального зображення тому, як об'єкти виглядають у реальному світі. Для досягнення цієї мети розроблено цілу низку методів, що поєднують математичні моделі, фізичні властивості середовища та алгоритмічні підходи до обробки зображень.

Один з фундаментальних методів – трасування променів. Суть методу полягає в тому, що з камери (або ока спостерігача) випускається промінь у сцену, і далі обчислюється, з якими об'єктами цей промінь перетинається. У разі перетину з поверхнею враховується не лише колір цієї поверхні, а й освітлення, матеріальні властивості, відбиття, заломлення тощо. Кожен промінь може породжувати інші промені – відбитий, заломлений, тіньовий. Завдяки цьому трасування променів дозволяє моделювати складні оптичні ефекти, зокрема дзеркальні відображення, прозорість, каустику та глобальне освітлення. Проте цей метод є обчислювально затратним і часто використовується у фотореалістичній візуалізації, а не в реальному часі.

Метод растровізації, навпаки, використовується в ігровій індустрії та візуалізації в реальному часі. Він передбачає проєктування геометрії сцени на площину екрана з подальшим фарбуванням пікселів (фрагментів) згідно з текстурами, освітленням і глибинами. Растровізація менш точна у відображенні фізичних властивостей, але набагато швидша. Для підвищення реалізму у растровізацію інтегрують додаткові методи: карти нормалей для моделювання дрібної деталізації поверхні, карти висот для псевдооб'ємних ефектів, а також шейдери для обчислення освітлення на рівні фрагментів.

Одним з ефективних способів досягнення реалізму є використання фізично коректного освітлення (PBR – Physically Based Rendering). Цей підхід моделює поведінку світла згідно з фізичними законами, враховуючи такі характеристики як відбивна здатність (reflectance), шорсткість поверхні, коефіцієнти заломлення та енергозбереження. У PBR використовуються BRDF-функції (Bidirectional Reflectance Distribution Function), які описують, як світло розсіюється поверхнею залежно від кута падіння та спостереження. Найпопулярнішими моделями є Lambertian (дифузне відбиття) і GGX (модель мікрофасеток для дзеркального блиску).

Ще одним важливим методом є глобальне освітлення. Воно враховує не лише пряме світло від джерел, а й непряме – те, що відбилося від інших поверхонь. Таке освітлення додає сцені реалістичності завдяки м'яким тіням, кольоровим відбиттям та ефектам взаємного освітлення. Для розрахунку глобального освітлення використовують методи променевих фотонів (photon mapping), радіозності (radiosity), стохастичної трасування шляху (path tracing), а також техніки у екранній просторі – SSAO (екранно-просторне оклюзійне затінення) та SSR (екранно-просторові відображення).

Особливу увагу приділяють моделям матеріалів. Реалістичне зображення неможливе без точного опису властивостей матеріалу: кольору, блиску, прозорості, шорсткості, металевості тощо. Для цього використовуються текстурні карти: карта кольору (albedo), карта нормалей, карта шорсткості (roughness map), карта металевості (metalness map), карта висот (height map) тощо. Сучасні рушії дозволяють комбінувати ці карти для досягнення складних візуальних ефектів. Наприклад, можна поєднати дзеркальний металевий блиск із рельєфним мікропрофілем поверхні, що створює ефект поцарапаного металу.

Ще один аспект – реалізація тіней. Якісні тіні мають бути м'якими, залежними від відстані та форми джерела світла. Застосовують такі методи, як shadow mapping (створення глибинної карти з точки бачення джерела світла), PCF (percentage closer filtering), variance shadow mapping, а також ray-traced shadows. Тіні відіграють важливу роль у створенні враження глибини, простору та взаємодії об'єктів.

Не менш важливим компонентом є атмосфера сцени. Для досягнення реалістичного візуального ефекту додають тумани, світіння, хроматичні аберації, об'єктивні ефекти (наприклад, блюм або глибина різкості), які імітують поведінку реальної камери. Такі ефекти можуть бути згенеровані на етапі постобробки зображення і значно покращують сприйняття сцен.

Для реалістичного зображення великих сцен, таких як міста, ліси чи поверхні планет, використовуються LOD-рівні деталізації (Level of Detail), які дозволяють зменшувати складність об'єктів на великій відстані. Це зберігає продуктивність без втрати візуальної якості. Також застосовують процедурне текстурування, яке генерує текстури алгоритмічно, забезпечуючи унікальність поверхонь і мінімізацію повторів.

Сучасна візуалізація все частіше використовує гібридні підходи: наприклад, поєднання трасування променів з растровізацією (наприклад, RTX у NVIDIA), що дозволяє отримати високоякісні відображення, тіні, глобальне освітлення за прийняттого FPS у реальному часі. Для цього застосовують алгоритми машинного навчання, як-от DLSS (Deep Learning Super Sampling), які дозволяють збільшити роздільну здатність зображення без втрати якості.

## 11.2 Тестові питання

1. Який метод забезпечує найбільший рівень фотореалістичності у 3D-візуалізації?

- A) Flat shading
- B) Scanline
- C) Ray tracing ✓
- D) Wireframe

*Пояснення:* трасування променів (ray tracing) точно моделює фізику світла, включаючи відображення, тіні, прозорість.

2. Що моделює глобальне освітлення у сцені?

- A) Лише прямі промені світла
- B) Освітлення тільки з точкових джерел
- C) Світло, яке багаторазово відбивається від поверхонь ✓
- D) Відображення текстур

*Пояснення:* глобальне освітлення враховує всі взаємодії світла у сцені, включаючи непряме освітлення.

3. Що таке шейдер (shader)?

- A) Апаратне забезпечення відеокарти
- B) Бібліотека геометрії
- C) Програма для обробки візуальних ефектів ✓
- D) Компонент відеодрайвера

*Пояснення:* шейдер — це невелика програма, яка визначає, як виглядає піксель, вершина або поверхня.

4. Який тип шейдера відповідає за колір окремих пікселів?

- A) Vertex shader
- B) Fragment shader ✓
- C) Geometry shader
- D) Tessellation shader

*Пояснення:* fragment shader обробляє кожен фрагмент (потенційний піксель) з урахуванням текстур, світла, кольору.

5. Що таке ambient occlusion?

- A) Технологія виведення вікон
- B) Імітація затемнення в місцях зі слабким освітленням ✓
- C) Текстурна мапа
- D) Анімаційний ефект

*Пояснення:* ambient occlusion додає глибину сцені за рахунок затемнення в кутах, заглибленнях та стиканнях.

6. Що означає термін «PBR» у візуалізації?

- A) Проста базова растеризація
- B) Physical-Based Rendering ✓
- C) Parallel Bit Rendering
- D) Pixel Blend Routine

*Пояснення:* фізично коректний рендеринг (PBR) імітує фізику світла і матеріалів для досягнення реалістичного вигляду.

7. Яке явище моделює ефект «глибини різкості» (depth of field)?

- A) Відображення світла на воді
- B) Розмиття об'єктів поза фокусом ✓
- C) Освітлення світлом Місяця
- D) Плавність анімації

*Пояснення:* глибина різкості імітує поведінку об'єктива камери, де об'єкти за межами фокусу стають розмитими.

8. Що таке текстурне відображення (texture mapping)?

- A) Рисування вручну
- B) Проекція зображення на поверхню 3D-об'єкта ✓
- C) Конвертація з 2D в 3D
- D) Вимірювання геометрії

*Пояснення:* текстура – це зображення, яке «накладається» на поверхню моделі для створення візуальних деталей.

9. Яка технологія дозволяє створювати реалістичні відблиски та дзеркальні ефекти?

- A) Flat shading
- B) Bump mapping
- C) Reflection mapping ✓
- D) Z-buffering

*Пояснення:* відображення (reflection mapping) дозволяє імітувати дзеркальні властивості поверхні.

10. Що є основною перевагою методу трасування променів у порівнянні з растеризацією?

A) Швидкість рендерингу

B) Простота реалізації

C) Реалістичність взаємодії світла ✓

D) Відсутність потреби в шейдерах

*Пояснення:* трасування променів дозволяє точно моделювати відбиття, прозорість, заломлення, роблячи зображення більш реалістичним.

## 12 МЕТОДИ ВИЛУЧЕННЯ ПРИХОВАНИХ ЧАСТИН ЗОБРАЖЕННЯ

### 12.1 Короткі теоретичні відомості

У комп'ютерній графіці реалістичне відображення об'ємних об'єктів передбачає не лише моделювання геометрії, текстур та освітлення, а й правильне усунення тих частин об'єктів, які не мають бути видимими для глядача. Цей процес відомий як усунення прихованих поверхонь. Його основна мета – відобразити лише ті частини об'єктів, які не перекриті іншими геометричними елементами в полі зору камери. Без такого відбору на зображенні відображались би всі полігони сцени, включно з тими, що розташовані позаду інших, а це спричиняло б візуальні конфлікти і порушення глибини.

Найбільш поширеним і ефективним методом визначення видимості є алгоритм *Z*-буфера або буфера глибини. Його принцип полягає в тому, що для кожного пікселя на екрані зберігається значення координати *Z* – відстані до камери. Коли новий полігон відображається у тому самому місці, система порівнює нове *Z*-значення з уже збереженим у буфері. Якщо новий полігон ближчий, він перезаписує значення буфера та кольорову інформацію. Це дозволяє обробляти видимість на рівні пікселів і ефективно реалізується на апаратному рівні GPU. Однак цей метод має обмеження – зокрема, він не працює з прозорими об'єктами, для яких потрібно додаткове сортування за глибиною (*z-sorting*).

Ще одним підходом до вилучення невидимих поверхонь є алгоритм художнього зворотного проходу або *Painter's Algorithm*. Він ґрунтується на ідеї рисувати об'єкти в порядку віддалення – від найдальших до найближчих. Це дозволяє «перекреслювати» піксели ближніми об'єктами. Однак такий підхід має недолік – він не може коректно обробляти об'єкти, які взаємопроникають або мають складну топологію, через що можуть виникати помилки в порядку накладання.

З-поміж інших методів варто згадати *back-face culling* – техніку, яка дозволяє не виводити грані об'єктів, повернуті від глядача. В основі цього методу лежить припущення, що зворотні (невидимі) сторони полігонів не мають значення у візуалізації, особливо якщо об'єкти замкнені. Це суттєво знижує кількість обчислень на ранньому етапі рендерингу. Водночас для визначення орієнтації грані використовується нормаль до неї та вектор огляду.

У складних сценах з великою кількістю об'єктів і полігонів важливо оптимізувати просторове подання. Тут у нагоді стає BSP-дерево (Binary Space Partitioning), яке дозволяє розбити тривимірний простір на підпростори і ефективно вирішувати задачу видимості. У вузлах дерева зберігається інформація про полігони, які поділяють простір, а в піддеревах – полігони, що розташовані відповідно до них. Це дає змогу швидко визначати порядок виведення об'єктів, що особливо актуально в ігровій графіці й офлайн-рендері.

Важливо розуміти, що всі ці методи не лише покращують візуальну якість, а й підвищують ефективність рендерингу. Z-буфер підтримується апаратно, що робить його швидким і універсальним для більшості випадків. Back-face culling зменшує навантаження ще до растеризації. Painter's Algorithm залишається актуальним для прозорих об'єктів або у 2D-графіці. BSP-дерева – незамінні в системах, де потрібне попереднє сортування об'єктів або гнучка організація сцени.

## 12.2 Тестові питання

1. Яка основна мета алгоритмів приховування (усунення) невидимих поверхонь?

- A) Зменшення споживання пам'яті
- B) Підвищення контрасту сцени
- C) Правильне виведення видимих частин об'єктів ✓
- D) Усунення шумів у зображенні

*Пояснення:* алгоритми приховування дозволяють відображати лише ті частини об'єктів, які не перекриті іншими.

2. Який алгоритм найчастіше використовується в сучасній 3D-графіці для визначення видимості?

- A) Z-буфер ✓
- B) Алгоритм Прима
- C) Обхід графу
- D) Інтерполяція Гаусса

*Пояснення:* Z-буфер (глибинний буфер) порівнює глибину кожного пікселя, щоб визначити, який з об'єктів ближче до камери.

3. Який недолік має алгоритм художнього зворотного проходу (Painter's Algorithm)?

- A) Потребує великого обсягу пам'яті
- B) Неможливість працювати з текстурами

- C) Неможливість правильно обробляти об'єкти, що перетинаються ✓
- D) Повільна обробка кольорів

*Пояснення:* painter's algorithm базується на сортуванні і малюванні "заднього наперед", що не працює з взаємопроникненнями.

4. Який алгоритм не є методом усунення прихованих частин?

- A) Z-буфер
- B) Back-face culling
- C) Gouraud shading ✓
- D) BSP-дерево

*Пояснення:* Gouraud shading — це метод затінення, а не виявлення видимості.

5. У чому полягає принцип back-face culling?

- A) Сортування об'єктів за розміром
- B) Видалення точок за кольором
- C) Приховування граней, повернутих від камери ✓
- D) Масштабування трикутників

*Пояснення:* цей метод дозволяє не виводити ті поверхні, які не видно з поточної точки огляду (зворотні грані).

6. Що таке Z-значення в контексті Z-буфера?

- A) Колір піксела
- B) Напрямок вектора освітлення
- C) Відстань до піксела від глядача (камери) ✓
- D) Кут нахилу об'єкта

*Пояснення:* Z-значення – це координата глибини, що дозволяє порівнювати, який піксель ближчий до камери.

7. Яка структура даних часто використовується для розбиття сцени та пришвидшення відображення?

- A) Хеш-таблиця
- B) Список суміжності
- C) BSP-дерево ✓
- D) Кільцева черга

*Пояснення:* BSP-дерево (Binary Space Partitioning) допомагає ефективно вирішувати проблему приховування, розділяючи простір.

8. Яка з переваг Z-буфера зробила його популярним у GPU?

- A) Не потребує пам'яті
- B) Виконує сортування вручну

С) Працює на рівні пікселів і легко реалізується апаратно ✓

Д) Потребує попереднього рейтрейсингу

*Пояснення:* Z-buffer працює швидко та апаратно підтримується графічними процесорами.

9. Коли Z-буфер не дозволяє коректно обробити сцену?

А) Коли об'єкти прозорі ✓

В) У разі використання тіней

С) У повністю темному середовищі

Д) Якщо камера не рухається

*Пояснення:* Z-буфер не враховує прозорість – об'єкти з альфа-каналом потребують додаткової обробки (сортування).

10. Що відбувається у випадку відключення механізму приховування прихованих поверхонь у 3D-сцені?

А) Зменшується деталізація

В) Підвищується точність

С) Відображаються всі частини об'єктів, включно з перекритими ✓

Д) Поліпшується затінення

*Пояснення:* без механізмів приховування в сцені з'являються візуальні конфлікти – видно «невидиме».

## 13 ТЕКСТУРУВАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.

### 13.1 Короткі теоретичні відомості

Одним із етапів створення фотореалістичної комп'ютерної графіки є текстурювання – процес нанесення зображень (текстур) на поверхні тривимірних об'єктів для додання їм деталей, кольору, рельєфу та візуальної складності. Без текстурювання навіть найточніша геометрія виглядає неприродно, бо в реальному світі поверхні майже ніколи не є ідеально гладкими чи однорідними. Відтворення таких нюансів, як тріщини, подряпини, нерівності, відбиття світла, вологість чи пил, робить зображення більш наближеним до фотографічної реальності.

Перший рівень розуміння текстурювання полягає в картографуванні зображення на поверхню моделі. Для цього використовується система UV-координат, де площина зображення розгортається й відображається на 3D-меші. Такий підхід дозволяє художнику чи інженеру контролювати, яка частина текстури відповідає конкретній ділянці поверхні. Найпростішим прикладом є кольорова карта (diffuse map), що визначає базовий колір об'єкта. Проте лише колірної інформації недостатньо для реалістичності – тому виникло багато спеціалізованих карт.

Одним із ключових методів є використання **нормальних карт** (normal maps), які імітують дрібні нерівності поверхні. Вони не змінюють геометрію, але впливають на те, як світло відбивається, створюючи ілюзію рельєфності. Цей підхід значно економить обчислювальні ресурси, оскільки не потрібно створювати високополігональні моделі для кожної дрібної деталі. Подібним чином працюють карти рельєфу (bump maps), але нормальні карти забезпечують точнішу імітацію. Для ще більшої реалістичності застосовують parallax mapping та його удосконалені варіанти (steep parallax, parallax occlusion mapping), які враховують перспективні зміни глибини й дозволяють створювати ефект справжніх заглибин та виступів.

Крім рельєфності, важливо відтворювати й фізичні властивості матеріалу. Для цього використовуються карти відбивання (specular maps) або сучасні металеві та діелектричні моделі в рамках фізично коректного рендерингу (PBR – Physically Based Rendering). У PBR текстурювання базується на використанні кількох карт: albedo (колір

без врахування освітлення), roughness (ступінь шорсткості поверхні), metalness (визначає, чи є матеріал металом), ambient occlusion (імітація затемнень у тріщинах і стиках). Така система дозволяє більш реалістично відтворювати взаємодію світла з матеріалами та забезпечує універсальність у різних умовах освітлення.

Особливе значення має правильне створення й обробка текстур. Високоякісні текстури створюються як шляхом фотограмметрії (сканування реальних поверхонь і обробка їхніх зображень), так і за допомогою програмних генераторів. Сучасні інструменти, такі як Substance Designer чи Quixel Mixer, дозволяють комбінувати процедурні алгоритми та фотозразки, створюючи безшовні, деталізовані карти. Процедурне текстурування особливо корисне для масштабних поверхонь (земля, камінь, вода), оскільки уникає повторів і дозволяє адаптивно змінювати параметри.

Важливим аспектом є оптимізація текстур для роботи в реальному часі, наприклад, у комп'ютерних іграх чи VR-системах. Для цього застосовуються мipmap-матриці (MIP-maps) – набори текстур різної роздільної здатності. У разі віддалення об'єкта рендер використовує менші за розміром текстури, що зменшує навантаження на відеопам'ять і запобігає ефекту мерехтіння. У сучасних рушіях також активно використовується анізотропна фільтрація, яка підвищує чіткість текстур під гострими кутами огляду.

Не менш важливою складовою є інтеграція текстурування з освітленням та шейдерними технологіями. Наприклад, для створення реалістичного вигляду шкіри людини застосовується subsurface scattering – ефект розсіювання світла у напівпрозорих матеріалах. Для металів – точні BRDF-моделі (Bidirectional Reflectance Distribution Function), що описують, як саме світло відбивається з різних напрямків. Для відтворення прозорих матеріалів (скло, вода) додаються карти заломлення та прозорості. Усе це працює в комплексі, створюючи відчуття реальної фізики.

Ще одним перспективним напрямом є використання сканованих матеріалів. Застосування технологій фотограмметрії та спектрального аналізу дозволяє отримувати надточні текстури поверхонь з реального світу. Наприклад, скан кори дерева чи бетону можна безпосередньо перенести у віртуальне середовище, зберігаючи всі оптичні властивості. Це значно підвищує достовірність зображення.

Потрібно зазначити, що текстурування використовується не лише у візуалізації для розваг чи кіноіндустрії, але й у наукових дослідженнях, інженерному моделюванні та архітектурі. Візуалізація

будівельних проєктів, медичні симуляції чи моделювання поверхонь у матеріалознавстві потребують максимальної точності й автентичності, де правильне текстурування має вирішальне значення.

### 13.2 Тестові питання

1. Яка головна мета застосування текстурування в комп'ютерній графіці?

- A) Оптимізація рендерингу
- B) Моделювання тіней
- C) Зменшення кількості полігонів
- D) Імітація складної поверхні без ускладнення геометрії ✓

*Пояснення:* текстурування дозволяє створити ілюзію складного матеріалу чи рельєфу без збільшення кількості полігонів.

2. Який тип текстурування імітує мікрорельєф без зміни геометрії об'єкта?

- A) Diffuse Mapping
- B) Normal Mapping ✓
- C) UV Mapping
- D) Displacement Mapping

*Пояснення:* Normal Mapping змінює нормалі поверхні для симуляції рельєфу без реальних змін геометрії.

3. Що таке UV-розгортка в текстуруванні?

- A) Процес зменшення розміру текстури
- B) Модель освітлення
- C) Перетворення 3D-координат у 2D-координати текстури ✓
- D) Компресія графічного файлу

*Пояснення:* UV Mapping – це проєктування 2D-зображення на 3D-модель для правильного розміщення текстури.

4. Яка перевага використання PBR (Physically Based Rendering) текстурування?

- A) Автоматичне створення моделей
- B) Реалістичне відображення властивостей матеріалів за різного освітлення ✓
- C) Підтримка лише PNG-текстур
- D) Можливість працювати лише з прозорими об'єктами

*Пояснення:* PBR дозволяє з точністю моделювати металевість, шорсткість, альбедо тощо відповідно до фізичних законів.

5. Який тип мапи визначає ступінь блиску або матовості поверхні?

- A) Normal Map
- B) Specular Map ✓
- C) Height Map
- D) Occlusion Map

*Пояснення:* Specular Map контролює інтенсивність дзеркального відображення на різних ділянках поверхні.

6. Який недолік має використання звичайної (2D) текстури на складних 3D-формах без UV-корекції?

- A) Вона змінює розмір об'єкта
- B) Вона викликає втрату кольору
- C) Вона спричиняє спотворення або розтягнення текстури ✓
- D) Вона збільшує кількість вершин

*Пояснення:* без правильної UV-розгортки текстура може лягати нерівномірно, викликаючи артефакти.

7. Який тип текстурування найкраще підходить для реалістичного моделювання шорстких поверхонь, таких як камінь або кора дерева?

- A) Diffuse Map
- B) Normal Map
- C) Displacement Map ✓
- D) Cube Map

*Пояснення:* Displacement Map реально змінює геометрію поверхні згідно з картою висот, що забезпечує рельєфність.

8. Як називається метод текстурування, за якого кілька текстур змішуються залежно від кута огляду?

- A) Parallax Mapping
- B) Triplanar Mapping ✓
- C) Spherical Projection
- D) Overlay Mapping

*Пояснення:* Triplanar Mapping автоматично змішує проєкції з трьох осей, особливо корисний для складних геометрій.

9. Що таке Tileable Texture (текстура, що повторюється)?

- A) Текстура для великих полігонів
- B) Текстура, що має однакові розміри по осях
- C) Текстура, яку можна безшовно повторювати по горизонталі й вертикалі ✓

D) Текстура з прозорими краями

*Пояснення:* Такі текстури ідеально підходять для великих поверхонь (наприклад, стіни, дороги), не створюючи швів.

10. Яка з переваг процедурного текстурування?

A) Використовує лише фотографічні зображення

B) Не потребує UV-мапінгу ✓

C) Працює лише з PBR

D) Потребує великих обсягів пам'яті

*Пояснення:* Процедурні текстури обчислюються за математичними алгоритмами, їх не потрібно наносити через UV.

## 14 ПРОЦЕДУРНЕ ТЕКСТУРУВАННЯ

### 14.1 Короткі теоретичні відомості

Основна суть процедурного текстурювання полягає у генерації текстурних шаблонів за допомогою функцій – часто періодичних, шумових або фрактальних. Це дає змогу не зберігати величезні растрові файли, а натомість описувати візерунки за допомогою параметрів і формул, що зменшує розмір моделі та відкриває широкі можливості масштабування текстур без втрати якості.

Однією з найвідоміших технологій для генерації природно виглядаючих текстур є Перлін-шум (Perlin noise), який забезпечує плавні переходи значень у просторі. Він використовується, наприклад, для моделювання хмар, каміння, водяної поверхні або диму. Ідея полягає у використанні стохастичних (але контрольованих) змін кольору або властивостей поверхні, які не мають різких стрибків і надають текстурі органічного вигляду. Також в процедурному текстурюванні застосовується турбулентність – метод модифікації базового шуму з метою створення більш складної і хаотичної структури, яка виглядає менш регулярною.

Однією з головних переваг процедурного текстурювання є фрактальність – здатність описувати структури, які зберігають характерні риси на різних рівнях масштабування. Це особливо важливо у генеративному дизайні, де текстури мають бути деталізованими незалежно від розміру об'єкта. Оскільки текстура задається не пікселами, а функцією, її можна обчислювати у будь-якій точці поверхні об'єкта з потрібною точністю.

Процедурне текстурювання ідеально підходить для моделювання уніфікованих природних поверхонь, таких як пісок, лід, кора дерев, гірські породи, поверхні планет. Тут немає необхідності точної прив'язки до фотореалістичного джерела – головне, щоб структура мала природний вигляд і плавні переходи. У той самий час, процедурні методи не завжди підходять для текстур із фіксованим вмістом – наприклад, логотипами, написами чи обличчями, оскільки складно забезпечити точність під час генерації таких елементів алгоритмічно.

Попри переваги, є й обмеження процедурного текстурювання. Насамперед – високе навантаження на процесор або GPU, оскільки текстура обчислюється під час рендерингу або в реальному часі. Якщо використовуються складні функції або великі масштабування, це може

знизити продуктивність. Однак, з розвитком графічних процесорів, зокрема підтримки шейдерів, стало можливим переносити ці обчислення на GPU, що значно покращило ефективність.

Ще одна особливість процедурних текстур – безшовність. На відміну від звичайних растрових зображень, які потребують спеціальної обробки для уникнення швів за повторення, процедурні текстури можна спроектувати так, щоб вони були автоматично циклічними, що особливо корисно під час текстуровання великих поверхонь, наприклад, ландшафтів.

Підсумовуючи, процедурне текстуровання – це потужний і гнучкий підхід, який дозволяє створювати текстури високої якості без зберігання великих файлів, з можливістю точного контролю, масштабування та адаптації під потреби сцени. Воно має переваги в генеративному дизайні, ігровій графіці, кіно та моделюванні, проте потребує збалансованого підходу до ресурсів, особливо в реальному часі.

## 14.2 Тестові питання

1. Що таке процедурне текстуровання?

- A) Накладання фотографічної текстури на 3D-об'єкт
- B) Розгортка UV-сітки вручну
- C) Генерація текстур за допомогою математичних функцій ✓
- D) Використання текстур із бібліотеки

*Пояснення:* процедурне текстуровання створює текстури алгоритмічно, без зображень, часто з використанням шумів, тригонометрії, фракталів.

2. Яка перевага процедурного текстуровання над класичним UV-мапінгом?

- A) Завжди створює кольорові зображення
- B) Має менший розмір моделі ✓
- C) Краще працює з фотографіями
- D) Не потребує графічного процесора

*Пояснення:* процедурні текстури створюються в реальному часі або під час рендерингу, не потребують збережених файлів.

3. Який алгоритм найчастіше використовується для створення природних шумів у процедурному текстурованні?

- A) Гауссовий фільтр
- B) Лапласіан

С) Перлін-шум ✓

Д) Алгоритм Прима

*Пояснення:* Перлін-шум дозволяє створювати органічні, плавні візерунки, які добре імітують природні явища.

4. Яке з тверджень хибне щодо процедурних текстур?

А) Вони створюються математично

В) Можуть бути безшовними

С) Завжди мають фотореалістичну якість ✓

Д) Можуть масштабуватися без втрат

*Пояснення:* процедурні текстури не завжди досягають фотореалізму без додаткової обробки.

5. Який тип текстури легше зробити процедурним?

А) Лицьову текстуру людини

В) Тканинну текстуру з логотипом

С) Шумову текстуру каменю ✓

Д) Фотографію місцевості

*Пояснення:* природні текстури, як-от камінь, хмари, вогонь, чудово імітуються процедурно.

6. Яке поняття пов'язане з багаторівневою деталізацією у процедурних текстурах?

А) Мультимапінг

В) Лістинг

С) Фрактальність ✓

Д) Квантованість

*Пояснення:* фрактальні алгоритми дозволяють створювати складні, самоподібні структури, що виглядають природно під час масштабування.

7. У якому випадку доцільніше використовувати процедурне текстурування?

А) Для відображення конкретного логотипа

В) Для уніфікованих природних поверхонь ✓

С) Для 2D-графіки з іконками

Д) Для об'єктів із написами

*Пояснення:* процедурні текстури ефективні для генерації довільних, природно виглядаючих поверхонь без прив'язки до конкретного рисунка.

8. Яка властивість процедурних текстур робить їх корисними у генеративному дизайні?

- A) Наявність растрових компонентів
- B) Чіткість і деталізація на кожному рівні масштабу ✓
- C) Фіксованість зображення
- D) Високий розмір файлу

*Пояснення:* процедурні текстури – масштабовані, повторювані і детальні на всіх рівнях завдяки математичній природі.

9. Що таке турбулентність у контексті процедурних текстур?

- A) Анімація шуму
- B) Різка зміна нормалей
- C) Модифікація базового шуму для додавання хаотичності ✓
- D) Коливання освітлення

*Пояснення:* турбулентність застосовується до базового шуму для створення більш складних, випадкових візерунків.

10. Який недолік процедурного текстурювання може вплинути на продуктивність?

- A) Залежність від освітлення
- B) Великий обсяг пам'яті
- C) Високе навантаження на процесор за рендерингу ✓
- D) Неможливість обчислення на GPU

*Пояснення:* оскільки процедурні текстури обчислюються динамічно, це може створювати навантаження під час рендерингу, особливо у випадку складних функцій.

## 15 ТРІАНГУЛЯЦІЯ ПОЛІГОНІВ

### 15.1 Короткі теоретичні відомості

Тріангуляція полігонів є ключовим етапом обробки геометричних форм у комп'ютерній графіці, оскільки саме трикутники є базовими одиницями за візуалізації тривимірних об'єктів. Під терміном «тріангуляція» розуміють процес поділу багатокутної області на неперервну множину трикутників, які не перекриваються між собою і разом повністю покривають вихідну фігуру. Такий розподіл значно спрощує обробку поверхонь на графічному процесорі, адже трикутники завжди лежать у площині і можуть бути легко перетворені з 3D у 2D за растеризації.

Класичним алгоритмом тріангуляції для простих багатокутників є Ear Clipping, або метод «відрізання вух». Його суть полягає у поступовому виділенні трикутників із випуклих частин багатокутника, які називають «вухами». Цей метод зберігає топологію вхідного полігону і дозволяє ефективно працювати навіть із невипуклими фігурами. Проте саме з невипуклими багатокутниками пов'язана типова проблема – можливість появи самоперетинів, якщо порядок відсікання вух вибрано некоректно.

Особливо складним типом для тріангуляції є багатокутники з отворами. У таких випадках доводиться використовувати допоміжні структурні з'єднання, які формують коректну топологію, не порушуючи зв'язності та не допускаючи перекриттів. Саме тому розробка ефективних алгоритмів тріангуляції для таких форм досі є актуальною задачею в обчислювальній геометрії.

Одним із найбільш ефективних методів тріангуляції в загальному випадку є тріангуляція Делоне. Вона має особливу властивість – уникає утворення довгих вузьких трикутників, що важливо для стабільного рендерингу й подальшої обробки. Делонівська тріангуляція прагне до максимізації найменшого кута у всіх трикутниках, що забезпечує кращу кутову рівновагу і геометричну стабільність. Такий підхід застосовується не лише в комп'ютерній графіці, а й у чисельному моделюванні, скінченно-елементному аналізі тощо.

Результатом тріангуляції є множина трикутників, кожен із яких заданий набором трьох вершин. Для зберігання цієї інформації найчастіше використовують список вершин (координати точок) та список граней, де кожна грань визначається індексами трьох вершин.

Така структура дозволяє ефективно маніпулювати геометрією, проводити обчислення нормалей, текстурних координат, освітлення тощо.

Трикутники мають унікальні властивості, які роблять їх ідеальними для 3D-візуалізації. Головна з них – всеплощинність: будь-які три точки у просторі, що не лежать на одній прямій, завжди визначають одну площину. Це означає, що геометрія, подана у вигляді трикутників, завжди може бути коректно візуалізована, без спотворень і неоднозначностей.

У процесі рендерингу триангуляція дає змогу здійснювати растеризацію поверхні, тобто перетворювати 3D-модель у пікселне зображення. Кожен трикутник може бути інтерпретований графічним процесором незалежно від інших, що дозволяє реалізовувати апаратне прискорення та паралельну обробку. Крім того, з триангуляцією пов'язані методи освітлення (наприклад, Phong або Gouraud shading), розрахунок тіней, накладання текстур.

## 15.2 Тестові питання

1. Що таке триангуляція у комп'ютерній графіці?

- A) Поділ простору на квадрати
- B) Створення 3D-моделей із текстур
- C) Розбиття багатокутника на трикутники ✓
- D) Обчислення освітлення поверхні

*Пояснення:* триангуляція – це процес розбиття полігональної області на множину трикутників для подальшої обробки.

2. Який алгоритм є класичним для триангуляції простого багатокутника?

- A) BFS
- B) Ear Clipping ✓
- C) Dijkstra
- D) Perlin noise

*Пояснення:* алгоритм «відрізання вух» (ear clipping) поетапно вирізає трикутники з випуклих частин багатокутника.

3. У чому перевага триангуляції Делоне?

- A) Максимізація кількості трикутників
- B) Побудова тривимірних об'єктів
- C) Уникнення вузьких трикутників ✓
- D) Гарантоване проходження через всі точки

*Пояснення:* триангуляція Делоне забезпечує кутову рівновагу – уникає довгих і вузьких трикутників.

4. Який об'єкт є результатом триангуляції поверхні?

- A) Воксельна сітка
- B) Граф відображення
- C) Множина трикутників ✓
- D) Безперервна функція

*Пояснення:* після триангуляції багатокутна поверхня складається з непересічних трикутників.

5. Який тип багатокутника найбільш складно триангулювати?

- A) Випуклий
- B) Простий
- C) З отвором ✓
- D) Трикутник

*Пояснення:* багатокутники з отворами потребують складніших структур і процедур для коректної триангуляції.

6. Який метод триангуляції зберігає топологію вхідного полігону?

- A) Delaunay refinement
- B) Ear clipping ✓
- C) Octree subdivision
- D) Voronoi tessellation

*Пояснення:* метод «відрізання вух» виконується в межах вхідного полігону і не створює зайвих з'єднань.

7. Яка з наведених проблем виникає при триангуляції невиконаних багатокутників?

- A) Неможливість побудови нормалей
- B) Втрата текстур
- C) Поява самоперетинів за неправильного порядку ✓
- D) Деформація перспективи

*Пояснення:* у невиконаних фігурах важливо правильно обирати вуха, щоб уникнути перетинів трикутників.

8. Як впливає триангуляція на відображення 3D-моделі у рендерингу?

- A) Забезпечує правильне освітлення
- B) Дозволяє виконати растеризацію поверхні ✓
- C) Зменшує розмір файлу
- D) Додає текстуру автоматично

*Пояснення:* трикутники – основна одиниця рендерингу, які використовуються під час перетворення 3D у 2D.

9. Чому трикутники є універсальними в 3D-графіці?

- A) Їх простіше рисувати в Paint
- B) Вони зберігають симетрію
- C) Вони завжди лежать в одній площині ✓
- D) Вони використовують менше пам'яті

*Пояснення:* трикутник – найпростіша геометрична фігура в 3D, яка завжди визначає площину.

10. Яка структура даних використовується для зберігання результатів тріангуляції?

- A) Бінарне дерево
- B) Текстурна карта
- C) Список вершин і список граней ✓
- D) Матриця суміжності

*Пояснення:* результати тріангуляції зазвичай подаються як масиви координат вершин і трикутників (індекси).

## 16 АНТИАЛІАЙЗИНГ ЗОБРАЖЕНЬ

### 16.1 Короткі теоретичні відомості

Антиаліайзинг (англ. *antialiasing*) – це важлива технологія в комп'ютерній графіці, що спрямована на усунення небажаних «сходинок» або «зубців» на діагональних і криволінійних лініях. Ці артефакти виникають через дискретну природу растрових зображень, коли плавні контури подаються через піксели, що мають квадратну форму. Результат – похилі або криві лінії можуть виглядати ламаними або рваними. Антиаліайзинг усуває цю проблему шляхом згладжування контурів – змішуванням кольорів на межах об'єктів.

Відсутність антиаліайзингу призводить до ефекту *aliasing* – тобто візуальних спотворень, таких як сходинок, особливо помітних на тонких або косих лініях. Щоб цього уникнути, застосовуються різні методи згладжування, кожен із яких має свої особливості, переваги та недоліки.

Один з найстаріших і найякісніших методів – це супервибірка (SSAA, *supersampling*), яка полягає у рендерингу сцени з вищою роздільністю, ніж потрібно, з подальшим масштабуванням зображення до кінцевого розміру. Таким чином, краще враховується інформація на межах об'єктів, що знижує ефект сходинок. Однак SSAA дуже навантажує GPU, оскільки кількість обчислень зростає кратно. Для прикладу, якщо збільшити роздільність у 4 рази по кожній осі, кількість пікселів зростає у 16 разів.

Менш ресурсоемним варіантом є MSAA (Multisample Anti-Aliasing). На відміну від повної супервибірки, MSAA здійснює вибірку лише на межах геометричних об'єктів (тобто полігонів), що дозволяє значно скоротити обчислення, зберігаючи високу якість. Проте MSAA не працює з усіма типами об'єктів однаково – наприклад, ефекти прозорості або шейдери часто залишаються без згладжування.

Ще ефективнішим з погляду продуктивності є FXAA (Fast Approximate Anti-Aliasing) – це метод постобробки, який не потребує багато обчислювальних ресурсів, оскільки застосовується після рендерингу зображення. FXAA аналізує піксели на краях і розмиває їх, створюючи візуальне враження згладженості. Його головна перевага – швидкодія, яка робить його популярним у комп'ютерних іграх. Проте він може призводити до незначної втрати чіткості в деталях.

Сучасні ігрові рушії та рендери також застосовують ТАА (Temporal Anti-Aliasing) – метод, що враховує дані з попередніх кадрів,

щоб покращити згладжування, особливо на рухомих об'єктах або під час руху камери. Це дозволяє значно покращити візуальну стабільність кадру, зменшити мерехтіння та зберегти згладження навіть у випадку складної анімації. Однак ТАА може створювати артефакти у вигляді «шлейфів» під час швидкого руху.

Особливу роль у згладжуванні відіграє гамма-корекція – без неї результати змішування кольорів можуть виглядати неприродно через нелінійне сприйняття яскравості людським оком. Відтак, коректне гамма-калібрування важливе для досягнення якісного згладжування.

Таким чином, антиаліайзинг є необхідною умовою для досягнення якісної графіки, особливо в тривимірних іграх, візуалізаціях та додатках, де важлива чіткість і плавність ліній. Вибір методу залежить від потреб: якщо потрібна висока якість – використовують SSAA або ТАА, якщо важлива продуктивність – FXAA або MSAA. Баланс між якістю та швидкодією – ключовий фактор у сучасному рендерингу.

## 16.2 Тестові питання

1. Що таке антиаліайзинг у комп'ютерній графіці?

- A) Режим високої контрастності
- B) Метод стиснення графічних даних
- C) Технологія усунення сходинок і рваних країв ✓
- D) Метод видалення фону

*Пояснення:* антиаліайзинг (antialiasing) згладжує «зубчасті» краї об'єктів шляхом змішування кольорів на межі.

2. Який ефект виникає через відсутність антиаліайзингу?

- A) Надмірна деталізація
- B) Розмитість
- C) Артефакт Moiré
- D) Сходинки (aliasing) на діагоналях ✓

*Пояснення:* aliasing — це небажане «зубчасте» відображення похилих або криволінійних країв.

3. Який з методів антиаліайзингу вважається простішим і найшвидшим?

- A) Supersampling
- B) Multisample Antialiasing (MSAA)
- C) FXAA ✓
- D) Subpixel shifting

*Пояснення:* FXAA (Fast Approximate Anti-Aliasing) виконується як постпроцес і не потребує повторного рендерингу.

4. У чому полягає суть методу супервибірки (supersampling)?

A) Обробка текстур у HDR

B) Рисування сцени у вищій роздільності з подальшим зменшенням ✓

C) Додавання анімації до сцени

D) Застосування шуму для країв

*Пояснення:* supersampling рендерить сцену в кілька разів більшій роздільності, потім масштабує її до бажаного розміру.

5. Яка проблема властива методу supersampling?

A) Погіршення кольоропередачі

B) Значне навантаження на GPU ✓

C) Втрата різкості

D) Відсутність підтримки прозорості

*Пояснення:* supersampling – дуже ресурсоємний метод, особливо на високих роздільностях.

6. Що означає MSAA?

A) Multisurface Adaptive Averaging

B) Multisample Antialiasing ✓

C) Minimal Sample Algorithm Adjustment

D) Motion-Sensitive Antialias

*Пояснення:* MSAA – це метод, що зменшує aliasing шляхом вибірки кількох зразків на межах полігонів.

7. Чим відрізняється MSAA від SSAA (supersampling)?

A) MSAA працює лише з освітленням

B) MSAA використовує менше зразків і застосовується лише до країв ✓

C) MSAA потребує попередньої UV-розгортки

D) MSAA непридатний для 3D-сцен

*Пояснення:* MSAA зменшує обчислення, обмежуючи антиаліайзинг лише межами геометрії.

8. Що таке TAA (Temporal Anti-Aliasing)?

A) Метод для 2D-растрових сцен

B) Метод на основі руху з урахуванням попередніх кадрів ✓

C) Використання тільки однієї точки згладжування

D) Алгоритм зменшення палітри кольорів

*Пояснення:* TAA враховує рух камери й об'єктів, згладжуючи зображення, базуючись на аналізі зміни кадрів у часі.

9. Для чого використовується гамма-корекція в контексті антиаліайзингу?

- A) Для стиснення текстур
- B) Для коректного змішування кольорів ✓
- C) Для пришвидшення рендерингу
- D) Для зміни розміру об'єктів

*Пояснення:* без гамма-корекції результати згладжування можуть виглядати неправдоподібно через нелінійність сприйняття кольору.

10. Який тип антиаліайзингу найчастіше використовується в комп'ютерних іграх завдяки балансу якості та продуктивності?

- A) SSAA
- B) FXAA ✓
- C) TAA
- D) QAA

*Пояснення:* FXAA широко використовується через свою швидкодію і просту реалізацію, хоч і поступається за якістю SSAA.

## 17 МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

### 17.1 Короткі теоретичні відомості

У комп'ютерній графіці та цифровій обробці зображень одним з ключових напрямків є покращення якості вхідного зображення. Ці методи призначені для того, щоб зробити зображення більш зрозумілим, контрастним, деталізованим, а також зменшити вплив шумів, дефектів або обмежень, пов'язаних із передаванням та збереженням інформації. Мета таких методів – забезпечити покращене візуальне сприйняття або виділити корисну інформацію, що особливо важливо для подальшої автоматичної обробки чи інтерпретації зображень.

Основною задачею є покращення деталей, які могли бути втрачені під час захоплення або передавання зображення. Наприклад, під час зйомки у поганому освітленні або за високого рівня шуму в сенсорі важливо виділити ті деталі, які не видно неозброєним оком. Найчастіше використовуються методи фільтрації, покращення контрасту, нормалізації, розширення динамічного діапазону, а також масштабування з підвищенням роздільної здатності.

Один із найпоширеніших прийомів для згладжування зображення – це Гауссовий фільтр. Він застосовується для зменшення випадкового шуму, зберігаючи водночас загальну структуру зображення. Гауссове згладжування базується на середньозваженому значенні інтенсивності пікселів у певному вікні. Проте, коли потрібно усунути імпульсний шум (так званий «сіль і перець»), найкраще підходить медіанний фільтр – він обчислює медіану яскравості пікселів у локальному вікні, що дозволяє зберігати краї та дрібні деталі. Медіанний фільтр є надзвичайно ефективним саме тоді, коли потрібно прибрати поодинокі спотворення без суттєвої втрати чіткості.

Крім зменшення шумів, важливо також покращити контраст. Метод гістограмного вирівнювання дозволяє перерозподілити рівні яскравості таким чином, щоб охопити повний динамічний діапазон зображення. Це дозволяє зробити затемнені ділянки світлішими, а пересвітлені – менш агресивними. Більш складний варіант – CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), який працює локально – тобто застосовує гістограмне вирівнювання на підрозділених блоках зображення, обмежуючи максимальний контраст у кожному з них. Завдяки цьому вдається уникнути надмірної перенасиченості і зберегти природність зображення.

Іншим поширеним методом є Unsharp Masking – техніка покращення різкості, яка полягає у виділенні деталей шляхом віднімання розмитої копії зображення від оригінального. Цей процес дозволяє підсилити краї об'єктів і зробити їх візуально чіткішими. Цей метод використовується, зокрема, у фотошопі та системах автоматичної обробки медичних зображень.

Сучасна цифрова обробка зображень також активно застосовує вейвлет-перетворення – багаторівневий аналіз, що дозволяє розкласти зображення на різні частотні компоненти. Завдяки цьому можна проводити покращення окремо для великих структур (низькі частоти) та дрібних деталей (високі частоти). Це особливо важливо для завдань обробки складних текстур або об'єктів з неоднорідною структурою.

Для роботи із зображеннями з низькою яскравістю часто застосовується логарифмічне перетворення, яке розтягує темні ділянки зображення та зменшує контраст у світлих, роблячи таким чином весь образ більш збалансованим і придатним до візуального аналізу.

Окремої уваги заслуговують методи суперрезолюції (super-resolution), які дозволяють відновити або збільшити роздільність зображення, що було зменшено або спотворено. Таке покращення досягається шляхом використання інтерполяційних методів або нейромережових підходів, коли модель «вивчає» властивості високоякісних зображень і потім застосовує свої знання до покращення нових, низькоякісних прикладів.

Ще одним важливим аспектом покращення якості є боротьба з різними типами шуму. Наприклад, імпульсний шум успішно обробляється медіанним фільтром, гауссовий шум – фільтрацією в частотній області, а смуговий або періодичний шум – виділенням і пригніченням гармонік у спектрі Фур'є.

У підсумку, методи покращення якості зображень охоплюють широкий спектр інструментів – від простих фільтрів до складних математичних перетворень. Вони знаходять застосування в медицині (наприклад, для покращення томографічних сканів), у відеоспостереженні, супутниковій зйомці, фотографії, розпізнаванні образів та візуальній аналітиці. Головне – вибір правильного методу залежно від типу зображення, рівня шуму та поставленого завдання. У реальних застосуваннях часто поєднують декілька методів, створюючи комплексні фільтраційні або покращувальні алгоритми, орієнтовані на підвищення якості оброблюваного візуального контенту.

## 17.2 Тестові питання

1. Яка мета покращення зображення в комп'ютерній графіці?

- A) Зменшення розміру файлу
- B) Оптимізація текстур для GPU
- C) Підвищення візуального сприйняття або виділення корисної інформації ✓
- D) Кодування зображення в іншому форматі

*Пояснення:* покращення якості зображення спрямоване на візуальне або функціональне удосконалення його вмісту.

2. Що з наведеного є загальною метою методів покращення якості зображення?

- A) Зменшення розміру зображення
- B) Зниження роздільності
- C) Поліпшення візуального сприйняття деталей ✓
- D) Зміна формату файлу

*Пояснення:* основна мета зробити зображення чіткішим, контрастнішим, або більш інформативним для людини або машини.

3. Який фільтр зазвичай застосовують для згладжування шуму на зображеннях?

- A) Собеля
- B) Гауссовий фільтр ✓
- C) Лапласіан
- D) Гістограма

*Пояснення:* гауссовий фільтр ефективно зменшує високочастотні шуми шляхом згладжування пікселів.

4. Який метод покращення якості зображення розтягує або перерозподіляє рівні яскравості?

- A) Бінаризація
- B) Гістограмне вирівнювання ✓
- C) Морфологічна обробка
- D) Квантування

*Пояснення:* гістограмне вирівнювання рівномірно розподіляє яскравість, що покращує контраст.

5. Який метод зменшує шум, зберігаючи водночас краї об'єктів?

- A) Розмиття за Гауссом
- B) Медіанний фільтр ✓

- C) Порогове відсічення
- D) Білінійна інтерполяція

*Пояснення:* медіанний фільтр замінює значення піксела на медіану сусідів, що ефективно знижує імпульсний шум.

6. Яке перетворення дозволяє виявити структури з різною деталізацією для подальшого покращення?

- A) Перетворення Фур'є
- B) Дискретне косинусне перетворення
- C) Вейвлет-перетворення ✓
- D) Логарифмічне перетворення

*Пояснення:* вейвлети дозволяють працювати з зображенням на різних масштабах — виявляти як великі, так і дрібні структури.

7. Який із методів покращення зображень базується на обчисленні різниці з розмитим зображенням?

- A) Морфологічне вирізання
- B) Підвищення різкості (unsharp masking) ✓
- C) Сегментація за рівнем
- D) Лінійна нормалізація

*Пояснення:* метод unsharp masking дозволяє підсилити контури, підвищуючи різкість.

8. Яке перетворення часто використовується для покращення контрасту в зображеннях зі слабкою яскравістю?

- A) Перетворення Лапласа
- B) Логарифмічне перетворення ✓
- C) Інверсія
- D) Компресія JPEG

*Пояснення:* логарифмічне перетворення підсилює темні області, роблячи їх більш видимими.

9. Яке зображення після покращення називають надроздільним (super-resolved)?

- A) Те, що має зменшену палітру
- B) Те, що зберігається у форматі PNG
- C) Те, що відновлено з нижчої роздільності до вищої ✓
- D) Те, що має розмиті краї

*Пояснення:* super-resolution – це процес збільшення роздільності зображення за допомогою алгоритмів.

10. Який тип шуму найкраще видаляється медіанним фільтром?

A) Білий шум

B) Гауссовий шум

C) Імпульсний шум (сіть і перець) ✓

D) Смугастий шум

*Пояснення:* медіанний фільтр особливо ефективний проти окремих яскравих чи темних точок — типового імпульсного шуму.

10. Що таке CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)?

A) Алгоритм шифрування зображень

B) Алгоритм покращення контрасту у локальних ділянках ✓

C) Метод підвищення різкості за межами кадру

D) Форма глибокого навчання

*Пояснення:* CLAHE працює з окремими фрагментами зображення і запобігає.

## 18 МЕТОДИ ТА ФОРМАТИ ВІДОБРАЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

### 18.1 Короткі теоретичні відомості

Зображення в цифровій формі використовуються для передачі інформації, ілюстрації процесів, візуалізації даних у науці, освіті, медицині, промисловості, інтерфейсах користувача та багатьох інших сферах. Для ефективної роботи з цифровими зображеннями важливо розуміти основні методи їх формування, виведення та формати зберігання.

Основними методами подання зображень є растровий (піксельний), векторний і гібридний підходи. Растрове подання базується на сітці пікселів, де кожен піксель має фіксований колір. Такий підхід широко використовується у цифровій фотографії, під час сканування зображень, у телевізійній трансляції та на екранах моніторів. Кожен піксель у растровому зображенні має координати  $(x, y)$  і колір, який може бути описаний у форматах RGB, CMYK або grayscale. Важливими характеристиками є роздільна здатність (кількість пікселів по ширині та висоті) та глибина кольору. Найбільшою перевагою растрових зображень є простота зберігання та обробки. Але разом із цим вони мають суттєвий недолік – втрату якості під час масштабування. Збільшення растрового зображення призводить до появи видимих квадратів – пікселів, що робить зображення «розмитим» або «пікселізованим». Для подолання цього ефекту використовуються методи згладжування, інтерполяції та суперсемплінгу, але повністю проблему не вирішено.

Векторна графіка подає зображення як набір геометричних примітивів – ліній, кривих, кіл, багатокутників, які задаються математичними формулами. Такі зображення легко масштабуються без втрати якості, тому активно використовуються для логотипів, шрифтів, схем, креслеників і у вебдизайні. Основна перевага векторної графіки – її незалежність від роздільної здатності екрана. Проте вона менш придатна для подання складних зображень, таких як фотографії або природні текстури, які важко описати математично.

Гібридний підхід поєднує переваги растрової і векторної графіки. Наприклад, у форматі PDF можна зберігати текст та схеми у векторному вигляді, а фотографії – у растровому. Такий формат є універсальним для друку, обміну документами, архівування та створення презентацій. Формати, які підтримують змішані типи даних,

надають більше гнучкості користувачам, але водночас є складнішими для обробки.

Під час вибору формату зображення потрібно враховувати його основні характеристики: підтримку прозорості, глибину кольору, метод стиснення, можливість анімації, розмір файлу, підтримку метаданих, сумісність з ПЗ та платформами. Розглянемо найважливіші формати зображень:

1. PNG (Portable Network Graphics) – формат із стисненням без втрат, підтримує альфа-канал для прозорості, добре підходить для вебграфіки, логотипів, скріншотів. Його основною перевагою є збереження початкової якості зображення навіть після багаторазового редагування. Недолік – відносно великий розмір файлу порівняно з JPEG.
2. JPEG (Joint Photographic Experts Group) – один з найпоширеніших форматів, який забезпечує ефективне стиснення з втратами, оптимізоване для фотографій. Він дозволяє значно зменшити розмір файлу, але призводить до втрати частини інформації, що стає помітно за повторного збереження. JPEG не підтримує прозорість, але може відображати мільйони кольорів.
3. GIF (Graphics Interchange Format) – підтримує лише 256 кольорів, що обмежує його застосування для фотографій, але дає змогу створювати прості анімації. Підтримує прозорість, але без напівпрозорих значень. Використовується переважно для коротких анімацій на вебсайтах.
4. TIFF (Tagged Image File Format) – універсальний формат, який підтримує стиснення без втрат, велику глибину кольору, можливість збереження кількох зображень в одному файлі. Поширений у поліграфії, скануванні та архівах. Його недоліком є великий обсяг файлу та складність сумісності між різними програмами.
5. BMP (Bitmap) – базовий растровий формат Windows, що зберігає кожен піксел без стиснення. Його перевага – простота, а недолік – надто великі файли. Рідко використовується в сучасних системах зберігання, але іноді потрібний для сумісності з застарілим ПЗ.
6. SVG (Scalable Vector Graphics) – формат векторної графіки на базі XML, підтримується всіма сучасними браузерами, дозволяє інтерактивність, анімацію, масштабування. Ідеальний для вебграфіки, іконок, інфографіки.

7. RAW – формат цифрової фотографії, що зберігає необроблені дані з матриці камери. Дозволяє фотографу повністю контролювати параметри зображення під час обробки. Його перевага – максимальна якість, але для перегляду чи редагування потрібне спеціальне програмне забезпечення.

Окремо потрібно згадати про методи виведення зображень. Растрова графіка відображається на екранах за допомогою растрового розгортання – поступового оновлення екрана по рядках. Векторні зображення перед виведенням зазвичай проходять стадію растеризації – перетворення у піксели відповідно до роздільної здатності дисплея. Апаратна підтримка сучасних графічних процесорів дозволяє прискорити ці процеси, використовуючи буферизацію кадрів, згладжування, міп-мапінг, багатошарове кодування.

Глибина кольору – ще один критичний параметр. Від 1-бітної чорно-білої графіки до 48-бітного HDR зображення – чим більше бітів на піксел, тим ширше колірне охоплення. У графіці RGB зазвичай використовується 24 біти (8 на канал), у СМҮК – 32 біти. Для медичних, наукових або інженерних задач можуть застосовуватися 12-, 16-, 32- та 64-бітні подання.

## 18.2 Тестові питання

1. Який з форматів зображень підтримує прозорість (альфа-канал)?

- A) BMP
- B) JPEG
- C) PNG ✓
- D) TIFF (без стиснення)

*Пояснення:* PNG підтримує альфа-канал, що дозволяє реалізувати прозорість пікселів.

2. Який формат найчастіше використовують для стискання фотографій із втратою якості?

- A) TIFF
- B) JPEG ✓
- C) BMP
- D) SVG

*Пояснення:* JPEG широко застосовується для фотографій, застосовуючи стискання з втратами.

3. Який формат є векторним?

- A) PNG
- B) BMP
- C) SVG ✓
- D) JPEG

*Пояснення:* SVG – це масштабований векторний формат на базі XML, призначений для зображень на вебресурсах.

4. Що означає розширення .bmp?

- A) Binary Mapped Pixels
- B) Bitmap Picture ✓
- C) Byte Modified Picture
- D) Binary Multi Pixel

*Пояснення:* BMP (bitmap) – це простий формат зображення, який зберігає кожен піксел без стиснення.

5. Який з форматів найкраще підходить для збереження якісних друкованих зображень без втрат?

- A) JPEG
- B) PNG
- C) TIFF ✓
- D) GIF

*Пояснення:* TIFF підтримує великі розміри зображень та необов'язкове стиснення без втрат, що зручно для друку.

6. Який формат зазвичай використовують для анімацій з обмеженою палітрою кольорів?

- A) SVG
- B) GIF ✓
- C) PNG
- D) RAW

*Пояснення:* GIF дозволяє створювати прості анімації з палітрою до 256 кольорів.

7. У чому особливість формату RAW?

- A) Використовується тільки в браузерах
- B) Завжди стискається з втратами
- C) Містить необроблені дані з матриці камери ✓
- D) Є векторним форматом

*Пояснення:* RAW – це формат цифрової фотографії, що зберігає «сирі» (необроблені) дані сенсора.

8. Який із методів відображення зображень найбільш чутливий до роздільної здатності дисплея?

- A) Векторна графіка
- B) Растрова графіка ✓
- C) ASCII-графіка
- D) HTML-код

*Пояснення:* растрові зображення втрачають якість під час масштабування, залежні від кількості пікселів.

9. Що означає термін «глибина кольору» у контексті формату зображення?

- A) Розмір файлу
- B) Кількість кольорів, які може мати піксел ✓
- C) Кількість каналів
- D) Частота оновлення екрана

*Пояснення:* глибина кольору визначає кількість бітів, які використовуються для збереження кольору одного пікселя.

10. У якому форматі можна зберігати векторні дані разом із растровими (гібридне зображення)?

- A) JPEG
- B) BMP
- C) PDF ✓
- D) GIF

*Пояснення:* PDF може містити як векторну, так і растрову графіку, з текстом і зображеннями водночас.

## 19 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

### 19.1 Короткі теоретичні відомості

Програмні засоби візуалізації є ключовим інструментом для аналітиків, дослідників, інженерів і розробників, які працюють із даними. Вони дозволяють не лише подати інформацію у вигляді графіків, діаграм або карт, а й виявити закономірності, аномалії, тренди та зв'язки, які важко помітити у разі табличного подання. Існує велика кількість програмних рішень – від базових, вбудованих у офісні пакети, до потужних середовищ із підтримкою великих даних та інтерактивної графіки.

Одним з найвідоміших інструментів є Microsoft Excel. Він дозволяє будувати широкий спектр візуалізацій – гістограми, кругові діаграми, графіки, комбінації лінійних і стовпчикових графіків. Excel зручний завдяки знайомому інтерфейсу, простому імпорту даних і інтеграції з іншими продуктами Microsoft. Однак під час роботи з великими обсягами даних або за потреби в складних аналітичних побудовах його функціональності може бути недостатньо.

Для роботи з великими наборами даних використовуються спеціалізовані засоби візуалізації бізнес-аналітики, зокрема Tableau, Power BI, QlikView. Вони підтримують інтерактивні дашборди, фільтрацію, агрегацію, підключення до баз даних у реальному часі. Tableau вирізняється інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, багатими візуальними шаблонами та високою продуктивністю. Power BI від Microsoft краще інтегрується в екосистему Microsoft 365 і Azure. Ці системи дозволяють швидко створювати презентабельні візуальні звіти навіть без програмування.

У науковій та прикладній візуалізації популярним є середовище Python, яке підтримує численні бібліотеки, серед яких особливо потрібно виділити Matplotlib, Seaborn, Plotly, Bokeh. Matplotlib – це базова бібліотека, яка дозволяє будувати всі типи статичних графіків (лінійні, точкові, стовпчикові, теплові карти тощо). Seaborn побудована на Matplotlib, але додає стилізацію та статистичну агрегацію, що зручно під час роботи з даними Pandas.

Інтерактивну графіку можна реалізувати за допомогою Plotly – потужної бібліотеки, яка дозволяє створювати візуалізації в браузері: із масштабуванням, фільтрами, подіями наведення. Вона особливо

корисна в аналітичних вебінтерфейсах. Vokeh також підтримує інтерактивні графіки й дозволяє швидко створювати вебдодатки для аналітики з мінімумом коду.

У мові R, яка популярна серед статистиків, використовуються бібліотеки ggplot2, lattice, plotly for R. Найзручніше середовище для візуалізації на основі R – це RStudio, де можна одночасно писати код, бачити графіки та описувати звіти в форматі RMarkdown.

D3.js (Data-Driven Documents) – потужна JavaScript-бібліотека для побудови інтерактивної візуалізації безпосередньо у веб-браузері. Вона дозволяє управляти елементами DOM на основі даних, використовує SVG, CSS та HTML. Перевагою D3 є гнучкість, однак для початку роботи потрібні знання JavaScript і DOM-моделі.

У сфері 3D-візуалізації даних використовуються такі програмні рішення, як ParaView та VisIt. Вони підтримують паралельну обробку та рендеринг даних значних об'ємів, використовуються в машинобудуванні, фізичних симуляціях, обчислювальній гідродинаміці. ParaView має відкритий код, активно розвивається і може обробляти сотні мільйонів точок.

Gephi – спеціалізоване середовище для побудови графів і соціальних мереж, візуалізації вузлів і зв'язків, аналізу центральності, кластеризації, модулярності. Gephi зручно використовувати в соціології, інформаційній безпеці, аналізі взаємодій. Альтернативи: NetworkX (Python), Cytoscape (біоінформатика).

Blender – хоча й відомий як інструмент для 3D-моделювання, анімації та візуальних ефектів, активно використовується для візуалізації даних, зокрема фізичних процесів, архітектури, віртуальної реальності. Він має Python-інтерфейс, що дозволяє створювати кастомні сценарії візуалізації.

Google Charts, Highcharts, FusionCharts – комерційні або частково безкоштовні JavaScript-бібліотеки для інтерактивної графіки в браузері. Вони добре документовані, мають адаптивний дизайн і використовуються в інформаційних порталах, звітах, сервісах моніторингу.

У навчальних цілях, а також для побудови презентаційних слайдів, часто використовуються PowerPoint, Canva, Piktochart. Вони дозволяють створювати інфографіку, шаблони слайдів з візуалізаціями без потреби в програмуванні.

## 19.2 Тестові питання

1. Який із наведених пакетів найчастіше використовується для наукової візуалізації в середовищі Python?

- A) Word
- B) AutoCAD
- C) Matplotlib ✓
- D) Excel

*Пояснення:* Matplotlib – базовий модуль у Python для побудови графіків і діаграм.

2. Яка з програм краще підходить для візуалізації великих обсягів статистичних даних у вигляді дашбордів?

- A) Paint
- B) Tableau ✓
- C) PowerPoint
- D) Notepad

*Пояснення:* Tableau – сучасна Ві-система для інтерактивної візуалізації даних із підтримкою великих масивів.

3. Яка програма дозволяє створювати інтерактивні графіки з можливістю масштабування, наведення та фільтрації?

- A) Plotly ✓
- B) LibreOffice Calc
- C) Notepad++
- D) WinRAR

*Пояснення:* Plotly – бібліотека для створення інтерактивної візуалізації в браузері.

4. У якому середовищі зручно поєднувати аналіз і візуалізацію на основі мови R?

- A) VSCode
- B) Word
- C) RStudio ✓
- D) Access

*Пояснення:* RStudio — інтегроване середовище розробки для мови R, яка активно використовується у статистиці та візуалізації.

5. Яка програма Microsoft дозволяє будувати графіки та діаграми на основі табличних даних?

- A) Excel ✓
- B) Word

- C) Outlook
- D) OneNote

*Пояснення:* Microsoft Excel підтримує побудову різних типів діаграм, включно гістограми, графіки, кругові діаграми.

6. Яка мова програмування є базовою для створення візуалізацій у D3.js?

- A) Python
- B) JavaScript ✓
- C) Java
- D) R

*Пояснення:* D3.js – бібліотека JavaScript для створення динамічної, інтерактивної графіки з HTML і SVG.

7. Яка система найчастіше використовується для створення презентаційних візуалізацій?

- A) Blender
- B) PowerPoint ✓
- C) MySQL
- D) Bash

*Пояснення:* PowerPoint – популярний інструмент для побудови слайдів, графіків і діаграм у презентаціях.

8. Який інструмент підтримує тривимірну (3D) візуалізацію даних у наукових розрахунках?

- A) Notepad
- B) Gephi
- C) ParaView ✓
- D) Excel

*Пояснення:* ParaView – потужна платформа з відкритим кодом для паралельної 3D-візуалізації великих наборів даних.

9. Яка бібліотека Python дозволяє швидко створювати складні інтерактивні графіки з Pandas-даними?

- A) Flask
- B) Django
- C) Seaborn
- D) Vokeh ✓

*Пояснення:* Vokeh – бібліотека для створення вебінтерфейсів і інтерактивної візуалізації без HTML-коду.

10. Який програмний засіб краще підійде для побудови мережевих графів і соціальних зв'язків?

A) Excel

B) SPSS

C) Gephi ✓

D) QGIS

*Пояснення:* Gephi спеціалізується на візуалізації графів і складних мережевих структур.

## 20 ОСНОВИ ІНФОГРАФІКИ У ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

### 20.1 Короткі теоретичні відомості

Інфографіка є потужним засобом подання складної інформації у візуально привабливій, логічно структурованій та легкозасвоєваній формі. У добу інформаційного перенасичення інфографіка допомагає швидко зрозуміти суть, виявити закономірності, порівняти показники або запам'ятати ключові факти. Вона поєднує в собі візуалізацію даних, елементи графічного дизайну та комунікативну лаконічність. Основною метою інфографіки є передача інформації зрозуміло, доступно і результативно.

Інфографіка широко застосовується у візуалізації результатів наукових досліджень, статистичного аналізу, соціальних і економічних показників, інженерних даних, бізнес-презентаціях, освітніх матеріалах, публічних звітах, маркетингових кампаніях та навіть у медіа і журналістиці. Її переваги полягають у тому, що вона поєднує в собі логічну структуру тексту і силу зорового сприйняття. Людський мозок значно швидше опрацьовує зображення, ніж текст, тому грамотно створена інфографіка може замінити абзаци пояснень або таблиці з числовими значеннями.

Згідно з класифікацією, інфографіка може бути описовою, пояснювальною, порівняльною, аналітичною, хронологічною, картографічною або комбінованою. Описова інфографіка передає факти або структури, наприклад схему будівлі, анатомічну карту або пристрій приладу. Пояснювальна інфографіка демонструє процеси або принципи дії – прикладом може бути послідовність дій у лабораторному експерименті. Порівняльна – підкреслює відмінності між об'єктами, наприклад між моделями машин або результатами опитувань. Аналітична інфографіка показує закономірності, тренди, зміни у часі. Хронологічна – подає події у часовій шкалі. Картографічна – візуалізує просторові явища на мапах, а комбінована – поєднує кілька підходів.

Основними компонентами інфографіки є заголовок, візуальні елементи (ілюстрації, піктограми, графіки, схеми, карти), підписи, пояснювальний текст та джерела. Заголовок має одразу викликати інтерес і вказувати на суть інформації. Візуальні елементи мають бути зрозумілими навіть без додаткового читання. Піктограми, кольори, форми, стрілки відіграють роль знаків, що керують увагою

користувача. Пояснення, підписи і позначення допомагають розшифрувати візуальний зміст, а джерела додають достовірності.

Інфографіка створюється за певними принципами дизайну та логіки подання інформації. Один із базових принципів – ієрархія: важлива інформація має бути найбільш помітною. Це реалізується через розмір шрифту, кольоровий акцент, розміщення на сторінці. Другий принцип – контрастність: текст і фон, елементи різних категорій мають чітко відрізнятися. Третій – узгодженість стилю: однакові типи об'єктів оформлюються однаковою чином. Четвертий – баланс і симетрія: композиція має бути візуально врівноваженою. Нарешті, принцип мінімалізму передбачає відмову від зайвих декоративних елементів, що не несуть інформаційного навантаження.

У візуалізації наукових даних інфографіка допомагає подавати складні результати досліджень у формі, доступній для ширшої аудиторії. Наприклад, замість публікації сухих числових результатів вимірювання температур або концентрацій, можна подати діаграму із зображенням зони дослідження, шкалою кольору, кривими трендів і коротким текстовим поясненням. У медичних дослідженнях інфографіка ілюструє структури органів, перебіг захворювань, статистику захворюваності, переваги методів лікування. В екології – показує вплив антропогенних чинників, джерела викидів, сценарії зміни клімату. В економіці – структуру бюджету, витрати, інвестиції, ефекти реформ.

Важливим етапом створення інфографіки є обробка даних, яка передуює візуалізації. Дані мають бути достовірними, перевіреними, узагальненими та очищеними від зайвого. Автор інфографіки має чітко усвідомлювати цільову аудиторію: для кого створюється візуалізація, які очікування, рівень підготовки, контекст сприйняття. Важливою є адаптація мови та стилю: для широкої аудиторії використовуються прості графіки, піктограми, мінімум тексту; для професійної – допускається включення формул, точних значень, посилань.

Інфографіка має дотримуватись принципів етичної візуалізації. Недопустимі викривлення масштабу, спотворення значень, зміщення акцентів, візуальні маніпуляції, які можуть ввести в оману. Наприклад, початок шкали не з нуля може візуально перебільшити тренд; непропорційне масштабування піктограм – викликати хибне враження про зростання. Тому автор має відповідально ставитися до добору кольору, масштабу, типів графіків, шрифтів і підписів.

Ще одним напрямом сучасної інфографіки є анімована та інтерактивна візуалізація. Анімація дозволяє покроково розкривати

процес або зміну в часі. Інтерактивність дозволяє користувачу самостійно вибирати фрагменти інформації, фільтрувати дані, змінювати параметри графіків. Такий підхід часто використовується у вебжурналістиці, наукових онлайн-платформах, освітніх курсах. Інтерактивна інфографіка значно підвищує залученість користувача і дозволяє адаптувати візуалізацію до конкретних інтересів.

## 20.2 Тестові питання

1. Що таке інфографіка?

- A) Мультфільм із графіками
- B) Коротке відео з поясненнями
- C) Візуальне подання інформації через поєднання тексту та графіки ✓
- D) Стаття з великою кількістю формул

*Пояснення:* інфографіка — це спосіб передавання складної інформації у зрозумілій і візуально привабливій формі.

2. Що з наведеного не є елементом інфографіки?

- A) Піктограми
- B) Таблиці
- C) Код програми ✓
- D) Діаграми

*Пояснення:* код не входить до структури класичної інфографіки, яка має візуально-комунікаційне спрямування.

3. Яке основне призначення інфографіки?

- A) Прикраса тексту
- B) Аналіз даних без пояснення
- C) Швидка і зрозуміла передача змісту ✓
- D) Технічна деталізація явища

*Пояснення:* інфографіка спрощує сприйняття складної інформації, полегшуючи розуміння для аудиторії.

4. Який принцип не відноситься до створення ефективної інфографіки?

- A) Простота
- B) Ієрархія
- C) Перевантаження даними ✓
- D) Візуальна узгодженість

*Пояснення:* перевантаження деталями порушує читацький комфорт і суперечить меті інфографіки.

5. Яка кольорова палітра є рекомендованою для офіційної або наукової інфографіки?

- A) Неонові кольори
- B) Пастельні або нейтральні тони ✓
- C) Випадкове поєднання кольорів
- D) Виключно чорно-біла схема

*Пояснення:* помірковані кольори не відволікають від змісту, а підкреслюють інформаційну структуру.

6. Який з інструментів найчастіше використовують для створення сучасної інфографіки?

- A) MS Paint
- B) Canva ✓
- C) WordPad
- D) Figma Viewer

*Пояснення:* Canva має готові шаблони, інтерфейс drag-and-drop і орієнтована на візуальну комунікацію.

7. Що таке «пиктограма» в інфографіці?

- A) Кодована текстова мітка
- B) Схематичне зображення об'єкта ✓
- C) Математична формула
- D) Довільний фрагмент діаграми

*Пояснення:* пиктограми – це прості умовні зображення, що швидко передають зміст.

8. Який формат доцільно використовувати для публікації інфографіки в інтернеті?

- A) .exe
- B) .zip
- C) .png ✓
- D) .docx

*Пояснення:* PNG – растровий формат без втрат якості, ідеально підходить для вебпублікацій.

9. Який спосіб допомагає привернути увагу до ключових даних в інфографіці?

- A) Використання великої кількості тексту
- B) Анімація всіх елементів
- C) Виділення кольором і розміром ✓
- D) Застосування складних формул

*Пояснення:* візуальні акценти допомагають читачу швидко ідентифікувати головну інформацію.

10. У якому випадку інфографіка втрачає ефективність?

A) Коли має легенду

B) Коли дублює текстове пояснення

C) Коли перевантажена інформацією або складна для сприйняття ✓

D) Коли використовує стрілки

*Пояснення:* надмірна складність суперечить головній функції інфографіки – спрощенню комунікації.

## 21 МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

### 12.1 Короткі теоретичні відомості

Методи формування динамічних зображень становлять важливий напрям сучасної комп'ютерної графіки та візуалізації, особливо в контексті наукових досліджень, де необхідно подати дані, що змінюються в часі. До динамічних зображень відносяться анімації, відео, симуляції, а також графіки, що оновлюються в реальному часі відповідно до вхідних даних або змінних параметрів. Основна мета динамічної візуалізації полягає у створенні ефективного і наочного способу подання процесів, які розвиваються з часом або реагують на взаємодію користувача.

Одним із найпоширеніших способів формування динамічних зображень є кадрова (frame-based) анімація. Цей метод базується на послідовному показі заздалегідь створених зображень (кадрів), кожен з яких відображає окремий момент у часі. Цей підхід широко застосовується у GIF-анімаціях, відео та інших медіа. Його перевагою є простота реалізації та сумісність із більшістю програмного забезпечення. Водночас цей метод має недолік у вигляді великого обсягу даних за високої частоти кадрів, що може ускладнити зберігання та передавання інформації.

Іншим підходом є векторна анімація, яка ґрунтується на використанні математичних описів об'єктів. Тут об'єкти анімуються шляхом зміни їхніх параметрів, таких як положення, розмір, колір, кут повороту тощо. Такий підхід реалізується, наприклад, у SVG-графіці, Canvas API або через бібліотеки JavaScript (наприклад, D3.js). Основною перевагою векторної анімації є легкість масштабування без втрати якості та невеликий розмір файлів. Це робить її популярною для вебпрезентацій, інфографіки та інтерфейсів користувача.

Окремий напрям – анімація на основі даних (data-driven animation), коли візуальні об'єкти змінюються залежно від значень змінних. Наприклад, у heatmap-картах змінюється колір залежно від температури в заданій точці у певний момент часу. Такі методи активно використовуються в системах моніторингу, економічному аналізі, екологічному прогнозуванні, візуалізації результатів опитувань тощо. Їх перевагою є інтеграція з базами даних та системами аналітики, що дозволяє створювати графіки, які оновлюються в реальному часі.

Формування динамічних зображень також охоплює моделювання руху та фізичних процесів. Симуляції об'єктів, які взаємодіють згідно з фізичними законами (наприклад, рух тіл, хвиль, частинок), потребують використання чисельних методів – методів Ейлера, Рунге–Кутти тощо. Для цього широко використовуються середовища моделювання, такі як Unity, Unreal Engine, MATLAB, а також спеціалізовані платформи віртуальної або доповненої реальності. У таких випадках важливо враховувати обчислювальну складність моделей і необхідність оптимізації розрахунків для досягнення реалістичності та плавності.

До засобів формування динамічних зображень належать також мультимедійні платформи, які дозволяють інтегрувати рухомі елементи у презентації або навчальні матеріали. Наприклад, PowerPoint має інструменти анімації слайдів, а Prezi дозволяє створювати нелінійні інтерактивні презентації. У середовищах типу Mathcad, Mathematica або Maple можливо створення динамічних графіків, які змінюються залежно від вхідних параметрів рівнянь.

З технічного погляду, динамічна візуалізація часто потребує оптимізації продуктивності. Серед методів оптимізації потрібно відзначити: кешування кадрів (тобто збереження часто використовуваних кадрів для уникнення повторного рендерингу), інтерполяцію (плавне згладжування переходів між кадрами), зменшення частоти оновлення (для малозмінних елементів), а також ієрархічне оновлення (оновлення лише змінених частин сцени, що знижує навантаження на систему).

Застосування методів формування динамічних зображень у наукових дослідженнях охоплює широкий спектр галузей.

У медицині динамічна візуалізація використовується для моделювання кровотоку, аналізу функцій серця, візуалізації томографічних даних.

У гідрометеорології – для моделювання погодних процесів і прогнозів.

У фізиці – для демонстрації змін у електромагнітних або гравітаційних полях.

У біології – для спостереження за зростанням клітин або поширенням епідемій.

У соціальних науках – для подання змін у соціально-економічних показниках.

Вибір методу формування динамічних зображень залежить від типу даних, необхідної точності, вибраної платформи реалізації та вимог до інтерактивності. Веб-технології часто використовуються для

поширення результатів досліджень (наприклад, через браузер), тоді як віртуальна реальність застосовується в освітніх та інженерних симуляторах для повного занурення в модельований процес. Динамічна візуалізація є потужним інструментом, що дозволяє зробити наукові результати більш доступними, зрозумілими та ефективними для сприйняття.

## 20.2 Тестові питання

1. Що означає термін «динамічне зображення» у комп'ютерній графіці?

- A) Зображення зі змінною роздільною здатністю
- B) Анімоване або оновлюване зображення у часі ✓
- C) Текстура з високим дозволом
- D) Статичне зображення з багатьма шарами

*Пояснення:* динамічне зображення — це візуальне представлення, що змінюється у часі, часто у відповідь на події або дані.

2. Який метод найчастіше застосовують для створення руху в графіці?

- A) Трасування променів
- B) Афінні перетворення ✓
- C) Гауссове згладжування
- D) Квантова декомпозиція

*Пояснення:* афінні перетворення дозволяють переміщувати, масштабувати, обертати об'єкти у просторі.

3. Що таке «ключові кадри» (keyframes) у комп'ютерній анімації?

- A) Файли з налаштуваннями кольору
- B) Вузлові моменти, що задають основні позиції об'єкта ✓
- C) Кадри з високим дозволом
- D) Підсвічені області зображення

*Пояснення:* ключові кадри визначають початкову і кінцеву позицію чи стани об'єкта, між якими інтерполюється рух.

4. Який тип інтерполяції найчастіше використовується для анімації між кадрами?

- A) Квадратична
- B) Поліноміальна
- C) Лінійна ✓
- D) Бінарна

*Пояснення:* лінійна інтерполяція – найпростіший і найбільш поширений спосіб плавного переходу між значеннями.

5. Що таке сплайн-анімація?

- A) Анімація з використанням аудіо
- B) Анімація з випадковим порядком кадрів
- C) Анімація на основі кривих, що забезпечують плавність ✓
- D) Анімація з розділенням шарів

*Пояснення:* сплайни дозволяють створити плавні криволінійні рухи між ключовими кадрами.

6. Який метод застосовується для створення динамічної деформації об'єктів?

- A) Статична текстура
- B) Morphing ✓
- C) Alpha blending
- D) Fog mapping

*Пояснення:* morphing – це поступове перетворення однієї форми в іншу, часто використовується для деформацій або трансформацій.

7. Який елемент дозволяє створювати реалістичний рух персонажа в динамічному зображенні?

- A) Базова карта нормалей
- B) Кісткова анімація (skeletal animation) ✓
- C) Проста трансляція
- D) Карта глибини

*Пояснення:* skeletal animation передбачає рух скелета, до якого прикріплена «шкіра» моделі.

8. Що таке FPS у контексті динамічних зображень?

- A) Формат зображення
- B) Кількість об'єктів на сцені
- C) Кількість кадрів за секунду ✓
- D) Тип растеризації

*Пояснення:* FPS (frames per second) вказує, скільки кадрів оновлюється щосекунди – важливий параметр для плавності анімації.

9. Який формат часто використовується для зберігання анімованої графіки?

- A) PNG
- B) SVG
- C) GIF ✓
- D) BMP

*Пояснення:* GIF підтримує послідовність кадрів і широко використовується для збереження простої анімації.

10. Який інструмент використовують для програмної генерації динамічних візуалізацій у веб-додатках?

A) HTML

B) CSS

C) JavaScript + Canvas/WebGL ✓

D) SQL

*Пояснення:* WebGL і Canvas – технології JavaScript для побудови інтерактивної графіки, що динамічно оновлюється у браузері.

## **22 ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **22.1 Короткі теоретичні відомості**

Віртуальна реальність (VR) є одним із найперспективніших напрямів у сучасних інформаційних технологіях, що відкриває нові горизонти у візуалізації наукових досліджень. Завдяки здатності створювати повноцінне тривимірне інтерактивне середовище, VR дозволяє науковцям не лише спостерігати за складними об'єктами чи процесами, а й взаємодіяти з ними у режимі реального часу, аналізувати дані в контексті простору і часу, а також формувати новий тип когнітивного досвіду, недоступний у традиційних методах візуалізації.

Основна перевага VR у науковій візуалізації полягає в інтерактивності та зануренні.

У віртуальному середовищі дослідник може переміщуватись у просторі моделі, змінювати кут огляду, масштабувати зображення, змінювати параметри візуалізації, виділяти підсистеми або окремі елементи для аналізу.

Це дозволяє краще сприймати складні багатовимірні структури, симуляції фізичних або хімічних процесів, топологію біологічних структур, динаміку статистичних моделей або великомасштабні просторові дані.

Віртуальна реальність активно впроваджується в різних галузях наукового дослідження.

В біомедицині VR застосовується для візуалізації анатомічних структур, моделювання хірургічних втручань, вивчення нейропластичності або відстеження змін у тканинах. Наприклад, тривимірні візуалізації результатів МРТ або КТ у VR дозволяють точніше планувати операції, виявляти патології або тренувати майбутніх лікарів.

У хімії та біохімії віртуальна реальність використовується для просторової візуалізації молекулярних структур, взаємодій білків, процесів згортання або моделювання реакцій у розчині. Дослідник у VR може «увійти» в молекулу, побачити електронну густину, орбіталі, геометрію зв'язків і зрозуміти просторову симетрію систем.

У фізиці VR дозволяє моделювати квантові поля, розподіли енергії, векторні поля, поширення хвиль, гравітаційні взаємодії. У

математиці та топології VR використовується для візуалізації багатовимірних об'єктів, гіперповерхонь, перетворень координат, симетрій або рішень складних рівнянь у просторі. У геології та екології VR допомагає моделювати просторові структури ґрунтів, пластів, рух ґрунтових вод, ландшафтну динаміку, поширення забруднень або кліматичні моделі.

Однією з ключових сфер застосування VR у візуалізації є наукова освіта та популяризація науки. Віртуальні лабораторії, музеї, симулятори експериментів, тренажери для студентів та аспірантів дозволяють проводити навчання у безпечному, доступному і масштабованому середовищі.

Наприклад, студент-фізик може у VR змінювати параметри електричного кола й бачити миттєві результати, студент-хімік – вивчати перебіг реакцій без ризику, а біолог – досліджувати будову клітин або органів у 3D-форматі. Це не лише підвищує мотивацію до навчання, але й покращує запам'ятовування та розуміння абстрактних понять.

У галузі інженерії та архітектури VR використовується для проектування і тестування об'єктів ще до їх побудови, виявлення конструктивних недоліків, оцінення ергономіки та візуального впливу.

У промислових дослідженнях VR допомагає в оптимізації виробничих процесів, вивченні потоків, логістичних маршрутів, безпеки виробництва.

У нейронауках віртуальне середовище використовується для спостереження за поведінкою в симульованих умовах, дослідження реакцій мозку на подразники, створення експериментальних протоколів.

Попри великі перспективи, впровадження VR у наукову візуалізацію супроводжується певними викликами.

Перший – вартість обладнання та необхідність високопродуктивних обчислювальних ресурсів.

Другий – обмеження людського сприйняття: не всі користувачі однаково комфортно сприймають VR, можливі втома, запаморочення або дезорієнтація.

Третій – необхідність адаптації контенту: наукові дані часто потребують трансформації або спрощення для ефективної візуалізації.

Четвертий – нестача методичних матеріалів, які б пояснювали, як правильно інтегрувати VR у дослідницький процес або викладання.

## 22.2 Тестові питання

1. Що таке віртуальна реальність (VR) у контексті наукових досліджень?

- A) Засіб для перегляду фільмів
- B) Програмне забезпечення для кодування
- C) Середовище, яке моделює фізичну або абстрактну наукову систему ✓
- D) Графічний редактор

*Пояснення:* VR дозволяє створювати інтерактивні тривимірні моделі для вивчення наукових об'єктів та процесів.

2. Яка перевага VR за візуалізації наукових даних?

- A) Зменшення витрат на обладнання
- B) Заміна публікацій
- C) Можливість занурення в дані для просторового аналізу ✓
- D) Створення статичних діаграм

*Пояснення:* VR дозволяє користувачеві “переміщатися” всередині складних моделей і вивчати їх у 3D-просторі.

3. У якій галузі VR найбільш активно використовується для наукової візуалізації?

- A) Поліграфія
- B) Театр
- C) Медицина ✓
- D) Лінгвістика

*Пояснення:* у медицині VR застосовується для моделювання органів, симуляцій операцій, тренування лікарів.

4. Що з наведеного є прикладом застосування VR у фізиці?

- A) Прослуховування лекцій
- B) Створення звітів
- C) Моделювання руху частинок у тривимірному просторі ✓
- D) Написання рівнянь вручну

*Пояснення:* VR дозволяє змоделювати динаміку частинок, електромагнітні поля або квантові явища для аналізу.

5. Яке обладнання є основним для перегляду VR-вмісту?

- A) Проектор
- B) VR-шолом ✓

- C) Принтер
- D) Цифровий осцилограф

*Пояснення:* VR-шоломи (наприклад, Oculus, HTC Vive) забезпечують занурення в тривимірні середовища.

6. Який недолік може виникати за використання VR для наукових досліджень?

- A) Висока точність візуалізації
- B) Обмеження щодо мови програмування
- C) Висока вартість і потреба в потужному обладнанні ✓
- D) Неможливість моделювати абстрактні дані

*Пояснення:* системи VR потребують складної технічної інфраструктури, що може бути недоступною всім.

7. Яке програмне середовище часто використовують для створення VR-досліджень?

- A) Word
- B) Excel
- C) Unity ✓
- D) Adobe Illustrator

*Пояснення:* Unity дозволяє створювати інтерактивні 3D-середовища для досліджень, зокрема VR-додатки.

8. Який принцип сприяє підвищенню ефективності наукової візуалізації у VR?

- A) Ігрова механіка
- B) Наявність сенсорних даних
- C) Інтерактивність та просторове відображення ✓
- D) Одноколірна палітра

*Пояснення:* можливість взаємодії з об'єктами у просторі дає змогу краще сприймати і аналізувати наукову інформацію.

9. Який формат даних часто використовують для тривимірних моделей у VR?

- A) .txt
- B) .csv
- C) .obj ✓
- D) .html

*Пояснення:* формат .obj зберігає 3D-моделі, які легко імпортуються в VR-середовища.

10. Чим відрізняється VR від звичайної комп'ютерної графіки в контексті досліджень?

A) Потребує більших знань програмування

B) Дозволяє повноцінну присутність і маніпуляції в моделі ✓

C) Використовується тільки в кіно

D) Створює лише двовимірні діаграми

*Пояснення:* VR дає змогу користувачу переміщатися, оглядати та змінювати параметри моделі прямо у віртуальному середовищі.

## 23 ГРАФІЧНІ МОВИ МОДЕЛЮВАННЯ

### 23.1 Короткі теоретичні відомості

Графічна мова моделювання – це формалізований спосіб подання об'єктів, процесів або систем за допомогою графічних елементів (іконок, блоків, стрілок, ліній зв'язку), що мають чітке семантичне навантаження. Основною перевагою є можливість швидко зрозуміти структуру та логіку роботи системи без необхідності опрацювання великих обсягів тексту чи коду. Більшість графічних мов базуються на стандартах, підтримують інструментальні засоби автоматизації моделювання та забезпечують відповідність певній предметній області.

Однією з найпоширеніших графічних мов є UML (Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання). Вона використовується для опису програмного забезпечення, бізнес-процесів та архітектур систем. UML містить понад 10 типів діаграм, серед яких: діаграми класів, об'єктів, прецедентів, активностей, станів, компонентів, розгортання тощо. UML забезпечує міждисциплінарну комунікацію між розробниками, аналітиками та замовниками і сприяє стандартизації документації.

Ще одна важлива графічна мова – BPMN (Business Process Model and Notation). Вона призначена для моделювання бізнес-процесів, фокусуючись на логіці виконання задач, маршрутах обробки, умовах та ролях учасників. BPMN складається з таких елементів, як події, активності, шлюзи та потоки керування. Вона добре підходить для опису логістичних, адміністративних та організаційних сценаріїв, а також є підтримуваною у системах бізнес-аналізу та автоматизації (наприклад, Camunda, Signavio, Bizagi).

У сфері системного аналізу поширене застосування IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling). Ця методологія орієнтована на функціональне моделювання складних процесів, описуючи їх у вигляді блоків-функцій з входами, виходами, керуванням та механізмами. IDEF0 широко застосовується у проектуванні виробничих систем, управлінні підприємствами, логістиці та стандартизації інженерної діяльності.

У середовищі наукових обчислень та математичного моделювання активно використовуються графи – узагальнені структури, що описують зв'язки між об'єктами у вигляді вузлів (вершин) та дуг (ребер). На основі графів будуються моделі

біологічних, хімічних, екологічних, інформаційних систем. Такі мови як GraphML, DOT (Graphviz), Mermaid дозволяють створювати автоматизовані графи для подання знань, рішень, трансформацій.

Існують також візуальні мови моделювання для спеціалізованих галузей. Наприклад, Simulink (у MATLAB) використовується для моделювання динамічних систем у вигляді блок-схем; Modelica застосовується для фізичних об'єктів та кібер-фізичних систем; SysML розширює UML для потреб системної інженерії.

Важливо також згадати PlantUML – текстову мову опису діаграм, що дозволяє генерувати графічні UML-моделі з коду. Такий підхід зручний для швидкого створення діаграм в документації, з можливістю інтеграції у Git, CI/CD, LaTeX.

У наукових дослідженнях графічні мови моделювання допомагають:

- візуалізувати результати математичного моделювання;
- подавати структурні взаємозв'язки між даними;
- моделювати інформаційні потоки в системах;
- документувати алгоритми та експериментальні установки;
- формалізувати гіпотези та етапи дослідження.

Застосування графічних мов полегшує інтерпретацію складної інформації, особливо в міждисциплінарних командах, де текстові чи числові моделі можуть бути важкозрозумілими для фахівців з інших галузей. Саме тому графічне моделювання вважається невіддільною частиною сучасного інструментарію візуалізації наукових досліджень.

## 23.2 Тестові питання

1. Яка з наведених мов є графічною мовою моделювання бізнес-процесів?

- A) HTML
- B) SQL
- C) BPMN ✓
- D) C++

*Пояснення:* BPMN (Business Process Model and Notation) – це стандартна нотація для опису бізнес-процесів у графічній формі.

2. Що означає аббревіатура UML?

- A) User Modeling Language
- B) Unified Modeling Language ✓

- C) Universal Map Layout
- D) Ultimate Markup Language

*Пояснення:* UML – це уніфікована мова моделювання, яка використовується для проектування та документування програмного забезпечення.

3. Яке призначення діаграми варіантів використання (Use Case diagram) в UML?

- A) Побудова структурної моделі БД
- B) Опис користувацьких сценаріїв взаємодії з системою ✓
- C) Створення таблиць
- D) Оптимізація мережі

*Пояснення:* Use Case діаграми показують взаємодію користувача з системою та сценарії виконання функцій.

4. Який тип діаграм UML використовується для моделювання послідовності взаємодії об'єктів?

- A) Діаграма класів
- B) Діаграма активностей
- C) Діаграма послідовностей ✓
- D) Діаграма прецедентів

*Пояснення:* Sequence diagram (діаграма послідовностей) демонструє порядок обміну повідомленнями між об'єктами.

5. Який елемент UML-діаграми класів позначає наслідування?

- A) Суцільна стрілка з ромбом
- B) Пунктирна стрілка
- C) Суцільна стрілка з відкритим трикутником ✓
- D) Крапка

*Пояснення:* Наслідування позначається суцільною стрілкою з відкритим трикутником, спрямованим до батьківського класу.

6. Який тип зв'язку показує «частина-ціле» у UML-діаграмі класів?

- A) Агрегація ✓
- B) Асоціація
- C) Наслідування
- D) Інкапсуляція

*Пояснення:* Агрегація позначає логічну частину цілого і відображається порожнім ромбом.

7. Яке призначення діаграми активностей в UML?

- A) Моделювання структурних відносин між класами
- B) Графічне подання динаміки виконання процесу ✓
- C) Побудова ER-моделі
- D) Візуалізація вебінтерфейсу

*Пояснення:* Діаграма активностей демонструє послідовність дій або потоки управління.

8. Яка мова використовується для визначення процесів у нотації IDEF0?

- A) Python
- B) Неформальна мова
- C) Графічна мова блок-схем ✓
- D) SQL

*Пояснення:* IDEF0 використовує блок-схеми для відображення функцій, входів, виходів, механізмів і управління.

9. Яка мова моделювання орієнтована на опис потоків даних у системі?

- A) BPMN
- B) DFD (Data Flow Diagrams) ✓
- C) PERT
- D) UML-діаграми класів

*Пояснення:* DFD – це діаграми потоків даних, що моделюють переміщення інформації між процесами.

10. Який інструмент найчастіше використовується для побудови UML-діаграм?

- A) Word
- B) AutoCAD
- C) Visual Paradigm ✓
- D) MS Paint

*Пояснення:* Visual Paradigm — потужне програмне забезпечення для побудови UML-діаграм та графічного аналізу систем.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Pharr, M., Jakob, W., & Humphreys, G., *Physically Based Rendering, Fourth Edition: From Theory to Implementation*, The MIT Press, 2023, pp. 1080.
2. Castorina, M., & Sassone, G., *Mastering Graphics Programming with Vulkan*, Packt Publishing, 2023, pp. 522.
3. Guha, S., *Computer Graphics Through OpenGL: From Theory to Experiments, Fourth Edition*, AK Peters/CRC Press, 2022, pp. 781.
4. Byl, P. de., *Mathematics for Game Programming and Computer Graphics*, Packt Publishing, 2022, pp. 512.
5. Stemkoski, L., & Pascale, M., *Developing Graphics Frameworks with Java and OpenGL*, CRC Press, 2022, pp. 396.
6. Gordon, V. S., & Clevenger, J. L., *Computer Graphics Programming in OpenGL with Java, Third Edition*, Mercury Learning & Information, 2021, pp. 760.
7. Kosarevsky, S., & Latypov, V., *3D Graphics Rendering Cookbook: A Comprehensive Guide to Exploring Rendering Algorithms in Modern OpenGL and Vulkan*, Packt Publishing, 2021, pp. 472.
8. Marrs, A., Shirley, P., & Wald, I., *Ray Tracing Gems II: Next Generation Real-Time Rendering with DXR, Vulkan, and OptiX*, Apress, 2021, pp. 752.
9. Smith, A. R., *A Biography of the Pixel*, The MIT Press, 2021, pp. 312.
10. Gaboury, J., *Image Objects: An Archaeology of Computer Graphics*, The MIT Press, 2021, pp. 384.
11. Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехмestruc P. Ю. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 141 с.
12. Романюк О. Н., Майданюк В. П. Практикум для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Комп'ютерна графіка» : електронний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2022. 77 с.
13. Романюк О. Н., Кательніков Д. І., Косовець О. П. Веб-дизайн і комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020.
14. Бородавка Є. В., Терент'єв О. О. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2023. 132 с.
15. Фратавчан В. Г. Алгоритмічні основи комп'ютерної графіки : навчальний посібник для закладів вищої освіти. Чернівці : ЧНУ, 2023. 140 с.

16. Мельник О. С. Комп'ютерна анімація та 3D-моделювання : навчальний посібник. Умань : УДПУ імені Павла Тичини, 2018. 141 с
17. Журавчак Л. М., Левченко О. М. Програмування комп'ютерної графіки та мультимедійні засоби : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 276 с.
18. Тотосько О. В., Микитишин А. Г., Стухляк П. Д. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник: в 2-х кн. Кн. 1. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 304 с.
19. Дьяків О. О. Основи інформаційних технологій і візуалізація даних. Київ : Вид-во «Наука», 2020.
20. Мельник І. С. Графічні методи візуалізації даних. Харків : Вид-во «Харківська обласна друкарня», 2017.
21. Кравченко О. М. Методи візуалізації для великих даних. Львів : Вид-во «Львівська наукова видавнича група», 2019.
22. Сапожніков М. П. Сучасні технології візуалізації інформації для аналітики бізнесу. Одеса : Вид-во «Одеський університет», 2016.
23. Черняк А. В. Інтерактивна візуалізація даних у системах бізнес-аналітики. Київ : Вид-во «Техніка», 2018.
24. Ткаченко Ю. В. Основи візуалізації та обробки даних для науковців. Харків : Вид-во «Наукова думка», 2020.
25. Бойко І. А. Методи візуалізації та аналізу інформації в інформаційних системах. Чернівці : Вид-во «Чернівецький університет», 2017.

*Електронне навчальне видання*

**Олександр Никифорович Романюк,  
Володимир Павлович Майданюк**

# **Практикум для самостійної роботи з дисципліни «Візуалізація результатів наукових досліджень»**

**Практикум**

*Рукопис оформив О. Романюк*

*Редактор Т. Старічек*

*Оригінал-макет виготовила Т. Старічек*

Підписано до видання 20.05.2026 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2026-058.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.