

АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНИХ ІЛЮЗІЙ У ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі досліджено алгоритмічні підходи до моделювання оптичних ілюзій, які виникають внаслідок особливостей обробки візуальної інформації. Проаналізовано основні принципи створення статичних та динамічних ілюзій, а також їх вплив на сприйняття форми, розміру, кольору та руху об'єктів. Досліджено можливості застосування таких моделей у візуалізації даних, ігровій індустрії, освітніх платформах та наукових дослідженнях, пов'язаних зі сприйняттям візуальної інформації.

Ключові слова: оптичні ілюзії, алгоритмічне моделювання, візуалізація, динамічні ефекти, сприйняття, геометричні трансформації, анімація, кольорові маніпуляції.

Abstract

This paper investigates algorithmic approaches to modeling optical illusions that arise due to the peculiarities of visual information processing. The basic principles of creating static and dynamic illusions are analyzed, as well as their impact on the perception of the shape, size, color and movement of objects. The possibilities of using such models in data visualization, the gaming industry, educational platforms and scientific research related to the perception of visual information are investigated.

Keywords: optical illusions, algorithmic modeling, visualization, dynamic effects, perception, geometric transformations, animation, color manipulation.

Вступ

Сучасні дослідження вказують на великий потенціал використання оптичних ілюзій у різних сферах, зокрема у візуалізації даних, ігровій індустрії, дизайні інтерфейсів користувача, а також у навчальних та науково-дослідницьких середовищах [1]. Алгоритмічне моделювання оптичних ілюзій дозволяє створювати візуальні ефекти, що викликають певні емоційні реакції, привертають увагу або впливають на поведінку користувачів.

Застосування оптичних ілюзій дозволяє покращити сприйняття інформації, виділити ключові елементи та оптимізувати просторове розташування візуальних компонентів [2]. В ігровій індустрії вони використовуються для створення ефектів, підвищення реалістичності або створення унікального ігрового досвіду. У дизайні інтерфейсів користувача оптичні ілюзії допомагають привертати увагу до важливих елементів, створювати динамічні переходи або підвищувати естетичну привабливість інтерфейсу.

Основна частина

Алгоритмічне моделювання оптичних ілюзій базується на використанні математичних функцій, геометричних перетворень, анімаційних алгоритмів та маніпуляцій з кольором.

Використання геометричних трансформацій є одним із найпотужніших підходів до створення оптичних ілюзій. Обертання, масштабування, зміщення, відображення та перспективні викривлення дозволяють створювати ефекти зміни форми, розміру та просторового розташування об'єктів. Наприклад, ілюзія Понцо досягається шляхом зміни масштабу об'єктів відносно їхнього оточення, що створює враження різної віддаленості об'єктів, хоча вони мають однаковий розмір. Ілюзія Еббінгауза використовує контраст між розмірами об'єктів і оточенням для зміни сприйняття їхнього розміру.

Використовуючи математичні афінні перетворення, можна налаштовувати параметри ілюзій. Наприклад, матриця масштабування дозволяє збільшувати або зменшувати об'єкти, зберігаючи їх пропорції, тоді як матриця обертання дозволяє створювати ефекти динамічного обертання. Використання складних геометричних трансформацій, таких як перспективні проекції, дозволяє імітувати тривимірний простір на двовимірній площині, створюючи ефекти глибини та об'єму.

Перспективні викривлення широко використовуються у створенні архітектурних ілюзій, таких як «сходи Пенроуза», які візуально здаються нескінченними, хоча є замкненими фігурами. Алгоритмічна реалізація таких ілюзій передбачає використання матриць проєкцій та обчислення точок сходу, що дозволяє створювати складні тривимірні ефекти на площині екрана.

Анімаційні алгоритми відіграють ключову роль у створенні динамічних оптичних ілюзій, що викликають відчуття руху, пульсації або зміни просторового розташування об'єктів. За допомогою плавного зміщення, обертання та деформацій об'єктів можна створювати ефекти, які сприймаються як рух або зміна форми, коли всі елементи залишаються статичними.

Використання тригонометричних функцій у анімаційних алгоритмах дозволяє створювати періодичні коливання, що викликають враження обертання або зміни розміру об'єктів. Наприклад, застосування синусоїдальних функцій до координат об'єктів дозволяє створювати плавні анімації, де елементи сцени рухаються по колу або коливаються з певною частотою. Це дозволяє моделювати такі відомі динамічні ілюзії, як «обертові змійки» або «пульсуючі кола».

Анімаційні алгоритми також дозволяють створювати ефекти оптичного потоку, коли різні частини зображення рухаються з різною швидкістю або в різних напрямках, створюючи ілюзію тривимірного простору або глибини. Цей підхід широко використовується у кінематиці об'єктів та динамічних композиціях, які змінюються у часі.

Використання алгоритмів інтерполяції дозволяє створювати плавні переходи між станами об'єктів, що підсилює ефекти динамічних ілюзій. Інтерполяція може застосовуватися до координат, розмірів, кольорів або обертання об'єктів, дозволяючи створювати складні анімації зі зміною форми та розміру елементів сцени.

Колір та контраст є потужними інструментами у створенні оптичних ілюзій, оскільки вони безпосередньо впливають на сприйняття глибини, об'єму та освітлення [3]. Використання градієнтів, зміни яскравості та контрасту дозволяє створювати ілюзії тривимірності або руху на статичних зображеннях.

Одним із прикладів є ілюзія Маха, яка базується на контрасті між світлими та темними зонами, що створює відчуття руху або мерехтіння. Цей ефект досягається за допомогою поступового переходу яскравості, який викликає хибне сприйняття меж між зонами різної яскравості. Алгоритмічна реалізація такої ілюзії передбачає використання градієнтних переходів, що моделюють світло і тінь.

Іншим прикладом є ефект Херінга, що створює ілюзію вигнутого простору за рахунок використання ліній з поступовою зміною кольору або яскравості. В основі цього ефекту лежить особливість людського зору сприймати контрастні лінії як викривлені, що дозволяє створювати ілюзії викривлення простору або об'єктів [4].

Колірні маніпуляції також включають використання додаткових кольорів для створення ефекту вібрації або мерехтіння [5]. Такий підхід використовується у ілюзіях кольорового контрасту, коли однакові об'єкти здаються різними за розміром, формою або відтінком в залежності від кольору фону. Алгоритмічна реалізація таких ефектів передбачає динамічну зміну кольору об'єктів або фону з використанням кольорових градієнтів або зміни насиченості кольорів.

Крім того, колірні маніпуляції можуть використовуватись для створення ефекту хроматичної аберації – ілюзії зміщення кольорових контурів об'єктів, яка викликає враження розфокусованості або об'єму. Цей ефект досягається шляхом зміщення кольорових каналів зображення відносно один одного, що імітує ефект оптичних лінз.

Використання математичних функцій є ключовим інструментом у створенні складних оптичних ілюзій, особливо динамічних. Застосування тригонометричних, експоненційних та фрактальних функцій дозволяє створювати складні періодичні патерни, які викликають динамічні ілюзії руху, пульсації або вібрації.

Експоненційні функції застосовуються для моделювання нелінійних змін яскравості або масштабу, що дозволяє створювати ефекти затухання або посилення руху. Наприклад, застосування експоненційного згасання до розміру об'єктів створює ілюзію віддалення або наближення у тривимірному просторі.

Фрактальні функції використовуються для створення складних геометричних патернів, які повторюються на різних рівнях масштабу. Це дозволяє моделювати ілюзії нескінченності або самоподібності, які викликають відчуття глибини або тривимірності. Фрактальні патерни широко використовуються у генеративному мистецтві та динамічних анімаціях, де вони створюють складні ілюзорні композиції.

Використання поліноміальних функцій дозволяє створювати ілюзії вигнутих поверхонь або криволінійних контурів. Наприклад, кубічні сплайни використовуються для моделювання гладких кривих, які здаються вигнутими або викривленими, хоча насправді складаються з множини лінійних сегментів. Це дозволяє створювати ілюзії опуклих або увігнутих об'єктів на площині.

Реалізація математичних моделей у програмних середовищах передбачає використання бібліотек для обчислення тригонометричних та експоненційних функцій, а також алгоритмів рендерингу для побудови динамічних сцен. Це дозволяє створювати складні візуальні ефекти з високою продуктивністю, які можна використовувати у реальному часі в інтерактивних додатках та ігровій графіці.

Висновок

Було проведено аналіз алгоритмічних підходів до моделювання оптичних ілюзій та розглянуто основні методи їх реалізації у програмних середовищах. Було досліджено використання геометричних трансформацій, анімаційних алгоритмів, кольорних і контрастних маніпуляцій, а також математичних моделей, які дозволяють створювати як статичні, так і динамічні візуальні ефекти.

СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Василенко В.І. Оптичні ілюзії: теорія та практика / Василенко В.І. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2018. – 312 с.
2. Gregory R.L. Eye and Brain: The Psychology of Seeing / Gregory R.L. – Oxford: Oxford University Press, 1997. – 296 p.
3. Adelson E.H. Lightness Perception and Lightness Illusions / Adelson E.H. // The Cognitive Neurosciences. – MIT Press, 2000. – P. 339-351.
4. Kitaoka A. Trick Eyes: How to Create 3D Optical Illusions / Kitaoka A. – Vermont, US: Tuttle Publishing, 2014. – 128 p.
5. Kimura A. Dynamic Visual Illusions Using Motion Parallax / Kimura A., Tamura H. // ACM Transactions on Graphics - 2018. – Vol. 37, No. 6. – Article 239.

Вітовський Сергій Михайлович — студент групи 4ПІ-21б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: serwit14@gmail.com

Кательніков Денис Іванович - к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, fuzzy2dik@gmail.com.

Vitovsky Serhiy Mykhailovych — student of group 4PI-21b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: serwit14@gmail.com

Katienikov Denys Ivanovich - Ph.D., Associate Professor of the Department of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, fuzzy2dik@gmail.com.