

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Чорноморський національний університет
імені Петра Могили**

Місюк Тетяна Олегівна

УДК 004.9

СЕГМЕНТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ В AR-ЗАСТОСУНКАХ

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат

магістерської кваліфікаційної роботи на здобуття освітньої кваліфікації

«Магістр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2021

Магістерська кваліфікаційна робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем.

Науковий керівник: д. т. н., професор, завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем
Кондратенко Юрій Пантелійович.

Рецензент: к. т. н., доцент, Солобуто Лариса Вадимівна.

Захист відбудеться 22 лютого 2021 р. о 9³⁰ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З дипломною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «15» лютого 2021 р.

Секретар
екзаменаційної комісії,
к.пед.н., доцент

Н. М. Болюбаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження визначається розвитком технології доповненої реальності та її використанням у різних сферах діяльності людини. Покращення якості роботи застосунків, що використовують дану технологію, є одним із першочергових питань.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження алгоритмів сегментації зображення та створення AR застосунку, в якому буде використано алгоритм обробки зображення для виділення об'єктів на віртуальній сцені.

Об'єктом дослідження є застосунок з доповненою реальністю, що використовує алгоритми сегментації зображення для виділення об'єктів на зображенні.

Предметом дослідження є алгоритми сегментації зображення та їх використання у проектах з доповненою реальністю.

Практичне значення магістерської кваліфікаційної роботи полягає у можливості застосування розробленого застосунку для покращення взаємодії користувача та об'єктів на віртуальній сцені в застосунках з доповненою реальністю.

Апробація результатів дослідження:

Місюк Т. О., Кондратенко Ю. П. «Сегментація об'єктів на зображеннях в AR застосунках», Інформаційні системи та їх інтелектуалізація: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 9-12 лют. 2021 р. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. С. 16-18.

Структура магістерської кваліфікаційної роботи. Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків. Загальний обсяг роботи складає 119 сторінок, 31 рисунок, 1 таблиця та 49 посилань на джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** магістерської кваліфікаційної роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження.

У **першому** розділі було розглянуто предметну сферу кваліфікаційної роботи та визначено основні задачі кваліфікаційної роботи.

Предметною сферою дослідження є AR застосунки, що використовують алгоритми сегментації зображення в реальному часі.

Доповнена реальність – це тривимірна сцена, де віртуальні об'єкти можуть бути накладені на реальну сцену. У такій сцені відбувається генерація віртуальних об'єктів, можливе проведення маніпуляцій з такими об'єктами для покращення розуміння реального середовища. Як продовження модельованої реальної технології, AR інтегрує нові технології комп'ютерної графіки, комп'ютерного зору, обробки зображень, сенсорних технологій, взаємодії людини і комп'ютера та фотоелектричного дисплея.

Обробка зображення дозволяє отримати інформацію з сцени, що спостерігається. Сегментація зображення – це процес розбиття цифрового зображення на сегменти, які називаються об'єкти зображення. Ціллю сегментації є розподіл пікселів на регіони. Кожен регіон характеризується особливостями, за якими він відрізняється від інших. Сегментація може бути використана для розпізнавання об'єктів, оцінки границь оклюзії на зображеннях з динамічними об'єктами чи в стереосистемах, стиснення зображень, їх редагування, чи для пошуку схожих зображень в базах даних тощо.

Сегментація зображення – це поділ зображення на області, однорідні за деяким критерієм. Мета сегментації полягає в спрощенні або зміні представлення зображення, щоб його було легше аналізувати надалі. Результатом сегментації є безліч сегментів, які покривають все зображення.

Проблемою при цьому постає кількість задач, які повинна опрацювати система мобільного пристрою для виведення бажаного користувачем результату. В такому випадку існує два шляхи розвитку подій. Першим варіантом є втрата якості результатів. Тобто положення віртуальних об'єктів на сцені може бути неточним, зміщеним від цільового положення. Другим варіантом є отримання досить точних результатів обробки зображення з камери, але за велику кількість часу.

Розроблено велику кількість методів обробки зображення для отримання задовільного результату за оптимальний проміжок часу. Постає питання про покращення

існуючих методів сегментації зображення шляхом комбінування алгоритмів сегментації зображення.

Основними задачами дипломної роботи є:

1. аналіз існуючих алгоритмів сегментації зображень;
2. порівняння результатів обробки зображення алгоритмами сегментації в режимі потокового відео;
3. створення мобільного AR застосунку з використанням алгоритму сегментації зображення;
4. підведення підсумків та наведення прикладів використання результатів дослідження на практиці.

Сегментація зображень знаходить широке застосування в пошуку аномалій на медичних зображеннях, у виділенні об'єктів на супутникових знімках, в системах управління дорожнім рухом і в підготовчих роботах для аналізу тексту на зображенні. Тож створення більш швидкого та результативного алгоритму обробки зображення є важливим питанням, яким займаються розробники програмних застосунків по всьому світі.

У **другому** розділі розглядаються алгоритми сегментації зображень та бібліотеки, що реалізують дані алгоритми.

Однією з проблем, часто виникає при аналізі зображення, є поділ усієї безлічі пікселів на групи за певною ознакою. Такий процес розбиття безлічі пікселів прийнято називати сегментацією зображення. Найбільшого поширення набули два методи сегментації: по яскравості і по кольоровим координат. Сегментація за яскравістю використовується для зображень в градаціях сірого. Сегментація по кольоровим координатам застосовується для кольорових зображень. Проблему сегментації прийнято розглядати як формалізацію задачі виділення деякого об'єкта на зображенні з фону. Якість роботи алгоритмів кластеризації істотно залежить від властивостей вихідного зображення, таких як розподіл яскравості, форма об'єкта, розмитість меж і ін.

Алгоритм сегментації за водорозділом працює із зображенням як із функцією двох перехідних $f=I(x, y)$, де x, y – координати пікселів. Значенням функції може бути інтенсивність або модуль градієнта. Для найбільшого контрасту можна обрати градієнт від зображення. Якщо по осі Oz відкладати абсолютне значення градієнта, то в місцях перепаду інтенсивності утворюються хребти, а в однорідних регіонах – рівнини. Після знаходження мінімумів функції f , йде процес заповнення "водою", який починається з

глобального мінімуму. Як тільки рівень води досягає значення чергового локального мінімуму, починається його заповнення водою. Коли два регіони починають зливатися, будується перегородка, щоб запобігти об'єднанню областей. Вода продовжить підніматися до тих пір, поки регіони не відділятися тільки штучно збудованими перегородками.

MeanShift групує об'єкти з близькими ознаками. Пікселі зі схожими ознаками об'єднуються в один сегмент, на виході отримується зображення з однорідними областями.

За допомогою FloodFill (заливка або метод «наведення») можна виділити однорідні за кольором регіони. Для цього потрібно вибрати початковий піксель і задати інтервал зміни кольору сусідніх пікселів щодо вихідного. Інтервал може бути і несиметричним. Алгоритм буде об'єднувати пікселі в один сегмент (заливаючи їх одним кольором), якщо вони потрапляють в зазначений діапазон. На виході буде сегмент, залитий певним кольором, і його площа в пікселях.

Алгоритм сегментації GrabCut – це інтерактивний алгоритм виділення об'єкта, розроблявся як більш зручна альтернатива магнітному ласо (щоб виділити об'єкт, користувачеві потрібно обвести його контур за допомогою миші). Для роботи алгоритму досить укласти об'єкт разом з частиною фону в прямокутник (grab). Сегментування об'єкту відбудеться автоматично (cut).

Метод k-середніх є простим і найбільш поширеним методом кластеризації. Метою алгоритму є розділення вхідного зображення з N пікселів на K кластерів, де K задається користувачем.

EM-кластеризація схожа з методом k-середніх тим, що так само, як і метод k середніх очікує призначеного для користувача введення кількості кластерів і має ті ж три етапи: ініціалізація параметрів, жорсткий розподіл пікселів по кластерам, перерахунок параметра.

До бібліотек для роботи з алгоритмами сегментації зображень відносяться: ITK, scikit-image, Pixellib, OpenCV, PCL, CUDA, Perception Package.

Дослідивши згадані бібліотеки було прийнято рішення використати бібліотеку OpenCV для Unity 3D. Дана бібліотека імпортується до проекту через опцію імпорту пакетів. В списку файлів, що було імпортовано, відображаються тестові сцени для перегляду прикладів від розробників плагіну OpenCV.

В **третьому** розділі дипломної роботи описано процес розробки проекту, наведено результати роботи та проведено порівняльний аналіз результатів роботи використаних алгоритмів.

При створенні застосунку було використано плагін OpenCV для Unity. Зважаючи на деякі особливості плагіну, що було використано, було прийнято рішення створити мобільний застосунок з доповненою реальністю, в якому створюється знімок з віртуальної камери та зберігається у форматі Texture2D. Даний файл оброблюється в редакторі в рантаймі та на екран виводиться результат.

Вхідне зображення було сегментовано з використанням таких алгоритмів: K-Means, GrabCut та MeanShift. Наведено результати обробки зображення даними алгоритмами та проведено порівняльний аналіз вказаних алгоритмів.

Найкращі результати було отримано з використанням алгоритму GrabCut та відображено на екрані користувача. Всі об'єкти на зображенні було сегментовано з досить великою точністю, проте існують певні недоліки, які необхідно усувати у подальшому при розробці застосунку.

В бібліотеці OpenCV використовуються скрипти, що написані на мові C++. Для таких випадків в середовищі Unity 3D існує підтримка плагінів, що дозволяє використовувати в коді функції з даних бібліотек.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що для обробки зображення на мобільних пристроях необхідно використовувати алгоритми, які не вимагають великої ресурсозатратності та можуть швидко відображати результат на екрані.

Використання алгоритмів обробки зображення в мобільних застосунках з доповненою реальністю надасть можливість створювати віртуальні сцени з великою деталізацією та з кращою взаємодією реальних об'єктів та віртуальних. Середовище розробки ігор Unity 3D є простим і доступним способом для розробки не лише ігрових застосунків, а й застосунків, які можна використовувати в освітній сфері діяльності людини.

У **четвертому** розділі було проаналізовано нормативні документи про охорону праці та визначено умови роботи при написанні дипломної роботи. Описано процес проведення розрахунків для штучного освітлення на робочому місці та зроблено висновки щодо покращення штучного освітлення на робочому місці.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів,

спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Законодавство України про охорону праці – це система взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі охорони праці. Воно складається з Кодексу законів про працю України, Законів України «Про охорону праці», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про охорону здоров'я», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про пожежну безпеку», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» та інших. Базується законодавство України про охорону праці на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України.

Робота з комп'ютером супроводжується тривалими зоровими навантаженнями і негативно впливає на здоров'я очей. Правильно виконане освітлення робочого місця здійснює позитивний вплив на психофізіологічний стан людини, сприяє підвищенню ефективності та високій працездатності. Досягнення оптимальних умов роботи проводиться шляхом забезпечення природнього освітлення в світлий час доби та сприятливого штучного освітлення в темний період доби.

Для забезпечення умов, що необхідні для зорового комфорту, в системі освітлення повинні бути реалізовані наступні вимоги:

- рівномірне освітлення;
- оптимальна яскравість;
- відсутні відблиски та засвіченості;
- правильний контраст;
- правильна кольорова гамма;
- відсутній стробоскопічний ефект або пульсація світла.

Робота над дипломним проектом відноситься до IV розряду зорових робіт (мінімальний розмір об'єкту, що розглядається – товщина напису букви – 0,3 мм; розряд зорової роботи – робота високої точності) при великому контрасті та світлому фоні (підрозряд зорової роботи «Г»).

У **методичній** частині розроблено лабораторні роботи на теми «Розробка проекту в середовищі Unity 3D» та «Робота з доповненою реальністю в Unity 3D».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломна робота пов'язана з дослідженням алгоритмів сегментації зображення та з використанням технології доповненої реальності у застосунках. Технологія доповненої реальності стрімко розвивається та може стати однією з провідних технологій вже у найближчому майбутньому. Використання даної технології допомагає підвищити наочність навчальних матеріалів та зробити процес взаємодії користувача та віртуальних об'єктів більш інтерактивним.

У ході виконання дипломної роботи було вирішено ряд завдань, що описані нижче.

Проведено дослідження алгоритмів сегментації зображення. Кожен досліджений алгоритм має певні особливості та певні аспекти його використання. Алгоритми базуються на обробці пікселів зображення, тож необхідно, щоб якість зображення, яке надається на вхід системи повинно мати задовільне освітлення, розміри тощо. Алгоритми беруть у розрахунок певні характеристики пікселів та проводиться їх подальша обробка.

Досліджено бібліотеки для роботи з зображенням. Перелік основних особливостей наведено у другому розділі кваліфікаційної роботи. Всі бібліотеки розглядались з позиції можливості їх використання разом з цільовим середовищем розробки застосунку – Unity 3D. Більшість бібліотек мають повну та скорочену версії, що дозволяє випробувати бібліотеки та обрати ту, яка буде найкраще вирішувати поставлені задачі перед розробниками.

Обрано базові програмні засоби, що необхідні для розробки системи. В якості платформи для розробки було використано Unity. Дана платформа є безкоштовною у використанні для некомерційних проєктів та має інструменти для безпечної інтеграції бібліотек для роботи з доповненою реальністю. Описано програмну реалізацію застосунку. У додатках наведено код застосунку.

В методичній частині було розроблено лабораторні роботи та наведено повний зміст робіт разом з завданнями для самостійного виконання.

У розділі про охорону праці було досліджено основні нормативні документи, визначено норми умов праці робітника. Проаналізовано умови роботи та порівняно з нормами.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було створено проєкт в якому використовуються алгоритми сегментації зображення разом з технологією доповненої реальності. В проєкті було досліджено такі алгоритми обробки зображення: K-Means, GrabCut та MeanShift. Кожен алгоритм має похибки при сегментації зображення, але в

цілому результати є задовільними. Приклад роботи проекту наведено на рисунках у третьому розділі кваліфікаційної роботи. Результати роботи було проаналізовано та зроблено висновки щодо роботи кожного алгоритму.

Подальшим кроком розвитку проекту є покращення сегментації зображення за рахунок комбінування алгоритмів та зменшення часу, що витрачається на обробку зображення.

АНОТАЦІЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
студентки групи 601 ЧНУ ім. Петра Могили

Місюк Тетяни Олегівни

на тему: **«СЕГМЕНТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ В AR-ЗАСТОСУНКАХ»**

Актуальність дипломної роботи обумовлена розвитком технології доповненої реальності та її використанням у різних сферах діяльності людини. Об'єктом дослідження є застосунок з доповненою реальністю, що використовує алгоритми сегментації зображення для виділення об'єктів на зображенні. Предметом дослідження є алгоритми сегментації зображення та їх використання у проектах з доповненою реальністю. Метою роботи є дослідження алгоритмів сегментації зображення та створення AR-застосунку, в якому буде використано алгоритм обробки зображення для виділення об'єктів на віртуальній сцені. Робота складається з п'яти розділів. У першому розділі проводиться аналіз предметної сфери, а саме аналіз області обробки зображення та їх використання в застосунках з доповненою реальністю. Проведено аналіз наявних аналогів та публікацій та визначено основні області застосування подібних застосунків. У другому розділі описано досліджено алгоритми сегментації зображень, виявлено їх переваги та недоліки; досліджено бібліотеки для роботи з сегментацією зображення. У третьому розділі описано процес розробки проекту, наведено результати роботи та проведено порівняльний аналіз результатів роботи використаних алгоритмів. У четвертому розділі проведено опис лабораторних робіт та наведено приклади результатів виконання вказаних завдань. У п'ятому розділі описано норми до умов праці та проведено порівняльний аналіз реальних умов з вказаними нормами. В результаті виконання дипломної роботи було проведено дослідження алгоритмів сегментації зображення; проаналізовано існуючі інструменти для роботи з сегментацією зображення; створено лабораторні роботи, які можна використовувати для вироблення навичок роботи з середовищем розробки ігор Unity; проведено дослідження основних нормативних актів, які регулюють умови роботи працівника на підприємстві, та проаналізовано реальні умови роботи з вказаними нормами; створено проект, який працює з зображеннями, отриманими з віртуальної сцени

застосунку з доповненою реальністю, та виводить на екран результат обробки вхідних зображень.

Загальний обсяг роботи: 119 – сторінок. Магістерська робота містить чотири додатки, 31 рисунок, 1 таблицю і посилання на 49 джерел.

Ключові слова: сегментація зображень, комп'ютерний зір, алгоритми аналізу зображень, мобільні застосунки, доповнена реальність, augmented reality, AR, середовище розробки, Unity.

ABSTRACT

to the master's qualification work by the student of the group 601(7) of Petro Mohyla Black Sea National University

Misiuk Tetiana

“OBJECTS SEGMENTATION IN IMAGES BY AR APPLICATIONS”

The relevance of the graduate work is due to the development of augmented reality technology and its use in various fields of human activity. The object of study is an augmented reality application that uses image segmentation algorithms to select objects in the image. The subject of the research is image segmentation algorithms and their use in augmented reality projects. The purpose of the work is to study the algorithms of image segmentation and the creation of AR applications, which will use an image processing algorithm to select objects on the virtual scene. The work consists of five sections. The first section analyzes the subject area, namely, the analysis of image processing and their use in augmented reality applications. The analysis of available analogues and publications is carried out and the main areas of application of similar applications are defined. The second section describes the algorithms for image segmentation, identifies their advantages and disadvantages; researched libraries for working with image segmentation. The third section describes the process of project development, the results of work are given and comparative analysis of the algorithms used. The fourth section describes the laboratory work and gives examples of these tasks. The fifth section describes the norms of working conditions and comparative analysis of real conditions with these norms. As a result of the work, a study of image segmentation algorithms was demonstrated; the existing tools for working with image segmentation were analyzed; created laboratory work that can be used to develop skills in working with the Unity game engine; a study of basic regulations was conducted which regulate the working conditions of the employee at the enterprise, and the real conditions of work with the specified norms are analyzed; created a project that works with images obtained from the virtual scene of an augmented reality application, and displays the result of processing the input images.

The overall scope of the work is 119 pages. Thesis contains 4 applications, 31 figures, 1 table and 49 sources in it.

Keywords: image segmentation, computer vision, image analysis algorithms, mobile applications, augmented reality, AR, development environment, Unity.