

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
д.т.н., професору Яковині Віталію Степановичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Говорущенко Тетяни Олександрівни
на дисертаційну роботу **Шамуратова Олексія Юрійовича**

*«Методи та засоби опрацювання зображень для анімації
статичних об'єктів»,*

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 *«Інформаційні технології»*
та спеціальності 122 *«Комп'ютерні науки»*

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Анімування (зміна параметрів обраних об'єктів на зображенні з плином часу) певних сцен чи об'єктів різної природи (обличчя, аватари, тощо) на сьогодні є досить поширеною задачею, особливо при розробленні сучасних мультимедійних продуктів, комп'ютерних ігор та відеопродукції. Останнім часом чимало розробників використовуються для анімування об'єктів мобільні пристрої, причому в режимі реального часу, тобто виконують такі дії в умовах обмежених ресурсів.

Наразі найчастіше при виконанні анімації картини чи фотографії використовується 2D-анімація із застосуванням техніки попиксельної анімації, при якій 2D-фігури людей або тварин на оригінальному зображенні переміщуються, фіксуючи 2D-фон, афінні перетворення, які вимагають ручної праці аніматора для збільшення реалістичності сцени, а також нейронні мережі (наприклад, технологія DeepFake), які вимагають великих обчислювальних ресурсів для тренування і визначених наперед класів об'єктів, що мають анімуватися. Отже, відомі технології вимагають визначення класу об'єкта для анімування, що унеможливило їх використання для широкого вжитку.

Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Шамуратова Олексія Юрійовича, присвяченої розв'язанню задачі підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів шляхом розроблення методів та засобів анімування об'єктів при обмежених обчислювальних ресурсах.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота Шамуратова О.Ю. виконана на кафедрі систем штучного інтелекту Національного університету "Львівська політехніка". Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри.

Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету "Львівська політехніка", в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетною темою «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій» (№ держреєстрації 0119U002257).

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Отримані наукові результати є розв'язком задачі підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

При цьому автором вперше розроблено модель класифікації та кластеризації об'єктів з використанням оригінальної архітектури згорткової нейронної мережі, що уможливила опрацювання об'єктів зі стійкістю до повороту або масштабування об'єкту без необхідності їх повторного аналізу.

Автором вперше розроблено метод анімування статичних об'єктів на зображенні з використанням афінних перетворень та вектора анімації із значеннями, залежними від часу, що забезпечив можливість зберігати пропорції паралельних об'єктів.

У роботі вдосконалено метод пошуку об'єкта на зображенні з використанням оператора Собеля та Прюїтта шляхом врахування середньої яскравості зображення та застосування алгоритмів адаптивної порогової обробки та Брезенхема, що дає змогу опрацювати масштабовані зображення та зображення, отримані з іншого ракурсу.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, відображено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проведено аналіз алгоритмів пошуку об'єктів на зображеннях, їх класифікації та кластеризації, анімування статичних об'єктів. На основі проведеного аналізу літературних джерел визначено основні задачі, які слід вирішити при анімуванні статичних об'єктів з метою підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

У другому розділі проаналізовані математичні методи пошуку об'єктів на зображеннях, класифікації та кластеризації об'єктів, анімування статичних об'єктів, а також розроблено модель класифікації та кластеризації об'єктів та метод анімування статичних об'єктів на зображеннях.

У третьому розділі виконано розроблення алгоритмів пошуку об'єктів на зображеннях, класифікації та кластеризації об'єктів, анімування статичних об'єктів, зокрема, розроблено алгоритм пошуку об'єктів, алгоритм класифікації та кластеризації об'єктів та алгоритм анімування статичних об'єктів на зображеннях.

У четвертому розділі було розроблено архітектуру системи для анімації статичних об'єктів, а також проведено експерименти та виконано апробацію результатів. Проаналізувавши отримані експериментальні результати можна зробити висновок, що було досягнуто основні вимоги до створення системи.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Шамуратова О.Ю. достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень з реальними результатами.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також проявляється у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких викладок. Тому можна стверджувати, що висновки та практичні рішення, отримані у роботі, коректні, достатньо обґрунтовані й можуть бути рекомендовані до використання при опрацюванні зображень для анімації статичних об'єктів.

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних технологій, методик, алгоритмів та програмних продуктів. На основі методів було розроблено архітектуру мобільно-орієнтованої системи для анімації статичних об'єктів. Для застосування алгоритмів у режимі реального часу запропоновано використовувати лямбда-архітектуру, що забезпечує масштабованість пам'яті та зменшує навантаження на сервер у 2 рази. Результати роботи впроваджені у освітньому процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні освітнього компонента «Системний аналіз». Результати дисертації були отримані під час роботи здобувача у держбюджетній науково-дослідній роботі та пройшли дослідницьке випробування на підприємстві ТЗОВ «SoftServe.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях

Повний обсяг роботи становить 152 сторінки друкованого тексту, з них основний текст – на 112 сторінках. Список використаних джерел містить 91 найменування. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки і рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено у розділах роботи.

Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Основні результати дослідження опубліковано у 3 статтях в наукових фахових виданнях України, 3 статтях у наукових виданнях інших держав, а також 3 праці апробаційного характеру – у матеріалах і тезах конференцій.

Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана логічно, доступно, на високому технічному рівні з використанням сучасної термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 «Інформаційні технології».

9. Зауваження до дисертації:

1) некоректно сформульовано мету дисертаційної роботи, адже «розроблення методів та засобів анімування об'єктів» - це не мета, а спосіб її досягнення;

2) при висвітленні практичного значення та впровадження результатів дисертаційної роботи не зазначено кількісне значення ефекту, який забезпечили розроблені автором методи в цілому та для підприємства, на якому відбувалось впровадження, зокрема;

3) на рис. 3.1 (с. 64) наявна блок-схема узагальненого алгоритму пошуку об'єктів, в якій присутній блок, який має 2 входи, що є некоректним, оскільки кожен блок алгоритму може мати лише 1 вхід; крім цього, на рис.3.1 є непозначені гілки умовного оператора (true, false), тому з представленого алгоритму незрозуміло, за якої умови виконується виділення границь оператором Собеля, а за якої умови виконується виділення границь оператором Прюїтта;

4) на рис. 3.2 (с. 66) наявна блок-схема алгоритму виконання сегментації, в якій присутні умовні блоки, що мають лише по 1 виходу (true), що є, по-перше, некоректним, оскільки умовний блок алгоритму повинен мати 2 виходи (true, false), по-друге, з представленого алгоритму незрозуміло, що відбуватиметься за умов $X_{\min[j]} \leq i$, $X_{\max[j]} \leq i$;

5) в розділі 3 дисертації наявна велика кількість блок-схеми алгоритмів, в розділі 4 дисертації наявна надмірна кількість UML-діаграм – на мою думку, автору варто було представити більшість цих інженерних рішень не в основному тексті роботи, а в додатках до неї;

6) неприпустимим, як на мене, для галузі інформаційних технологій є посилання на літературні джерела 20-річної і більше давнини, на які у дисертаційній роботі наявні більше 36% посилань (джерела 1, 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 36, 37, 38, 39, 46, 54, 55, 61, 64, 65, 66, 78, 83, 85, 89, 90, 91);

7) на мою думку, за умови війни Росії проти України неприпустимим є посилання на літературні джерела країни-агресора (джерела 1, 33, 35, 52, 56, 57) та на літературні джерела мовою країни-агресора (джерела 23, 34, 54, 61) – доцільніше було б замінити посилання на такі, ще й доволі застарілі, джерела посиланнями на актуальні англомовні статті, які містять дійсно сучасні дослідження в галузі опрацювання зображень для анімації статичних об'єктів;

8) дисертація містить значну кількість синтаксичних та граматичних помилок, різні стилі оформлення джерел у списку використаних джерел.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертаційна робота «Методи та засоби опрацювання зображень для анімації статичних об'єктів» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі інформаційних технологій в цілому та комп'ютерних наук зокрема. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що *дисертація цілком відповідає* вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор, *Шамуратов Олексій Юрійович, заслуговує* на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії
та інформаційних систем

Хмельницького національного університету

Т. О. Говорушенко

«Підпис Говорушенко Т.О. засвідчую»

Проректор з НІР ХНУ



В. Г. Лопатовський

08 серпня 2022 р.