

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська
політехніка»

д.т.н., професору Яковині Віталію Степановичу

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

доктора технічних наук, професора Камінського Романа Миколайовича 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

Комп'ютерна анімація вже стала невід'ємною частиною сьогоденного світу, що широко розповсюджена у найрізноманітніших галузях. Це пояснює різноманітність підходів, стилів та засобів для створення анімованих зображень, проте залишається актуальним один з найпопулярніших підходів анімації – це скелетна анімація, що забезпечує базові правила руху об'єктів сцени зображення. Скелетна анімація полягає у плануванні руху, в чому особливу роль відіграють пряма та інверсна кінематика (ІК).

Впродовж років розроблено методи та підходи до вирішення задачі ІК, що базувались на чисельному або алгебраїчному підході. Більшість з цих методів потребують значних чисельних потужностей, через що їх застосування в режимі реального часу може бути неефективним.

Застосування комп'ютерної графіки у створенні відеоконтенту є популярним напрямком, який активно розвивається. Все це зумовлює актуальність теми дисертаційної роботи Шамуратова Олексій Юрійовича, а саме 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'язують актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Автором розроблено метод класифікації та кластеризації об'єктів на основі виділення ознак, що надає цьому методу стійкість до масштабування, повороту об'єктів та шумів на зображенні.

Автором вперше розроблено структуру згорткової нейронної мережі на основі лямбда-архітектурного підходу, що дало змогу швидше виконувати задачі класифікації об'єктів як мінімум вдвічі.

Також як результат роботи вдосконалено метод виділення границь об'єктів на зображенні з використанням оператора Собеля та Прюїтта шляхом врахування середньої яскравості зображення. Це уможливило оптимізацію використання обчислювальних ресурсів.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації

У *вступі* зазначено актуальність теми дисертації, охарактеризовано обмеженість існуючих досліджень в галузі анімування за умови обмежених ресурсів, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, подано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наводиться інформація про список публікацій автора.

У *першому розділі* визначено основні задачі дослідження, такі як контурний аналіз, виділення об'єкта, поворот об'єкта та ін. Проаналізовано методи контурного аналізу, визначено їх обмеження. Також наведено порівняльну характеристику методів пошуку об'єктів на основі нейронних мереж. Проаналізовано методи кластеризації та класифікації даних та визначено їх обмеження. Описано методи анімування на основі одного зображення.

У *другому розділі* було розроблено метод виділення границь об'єктів та експериментально перевірено його ємнісну складність. Розроблено топологію згорткової нейронної мережі, визначено основні обмеження застосування та проведено порівняння з повнозв'язною нейронною мережею. Розроблено метод класифікації зображень як модифікація методу к середніх. Також розроблено метод анімування статичних об'єктів та проведено оптимізацію ємнісної складності даного алгоритму.

У *третьому розділі* на базі поданих у другому розділі методів розроблено алгоритми пошуку об'єктів, кластеризації та класифікації, алгоритм анімування статичних об'єктів. Визначено ємнісні складності алгоритмів.

У *четвертому розділі* розроблено архітектури системи та обґрунтовано вибір технологій для реалізації системи. Описано функціонал системи та засоби розробки системи. Проаналізовано результати анімування та оцінено складність системи без використання лямбда-обчислень та з їх використанням.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, отримані на основі практичного впровадження, дисертаційної роботи Шамуратова О.Ю. обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, що підтверджує теоретичні дослідження практичними результатами.

Для розроблення методів класифікації та кластеризації зображень використано методи штучного інтелекту, математичну статистику, нейронні мережі. Для розроблення методу виділення ознак використано теорію геометричних перетворень.

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури, підтверджено характеристиками впроваджених систем.

6. Практичні результати роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних технологій, алгоритмів та програмного продукту.

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.

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

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

По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль, це свідчить про високу індивідуальність роботи

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.

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

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.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана науково-правильною мовою, 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. Було б доцільно детальніше охарактеризувати ємнісну складність алгоритму анімування зображення.
2. В тексті дисертації зустрічаються жаргонізми.
3. Не зазначено, чому автор не використав гістограмного підходу для виділення об'єкту.
4. Архітектура нейронної мережі могла б бути винесена в додатки.

Однак ці зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертації та не знижують її наукової та практичної цінності.

Висновки щодо дисертації в цілому

Представлена дисертація на тему «Методи та засоби опрацювання зображень для анімації статичних об'єктів» є завершеною науково-дослідницькою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації було вирішено актуальну науково-прикладну задачу розроблення методу анімації об'єктів на зображенні в умовах обмеженості обчислювальних ресурсів.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі інформаційних технологій та комп'ютерних наук. Тема і зміст відповідають спеціальності 122- комп'ютерні науки.

Зважаючи на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу матеріалу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація Шамуратова О.Ю. відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор, Шамуратов Олександр Юрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

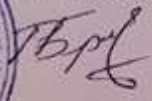
Рецензент – доктор технічних наук, професор,
 професор кафедри систем штучного інтелекту
 Національний Університет «Львівська Політехніка»


 Камінський Р.М.

«Підпис Камінського Р.М. засвідчую»:

Вчений секретар
 Національного університету «Львівська Політехніка»,
 к.т.н., доц.




 Брилинський Р.Б.

19.08.2022