

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

доктора технічних наук, професора Теслиюка Василя 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

В сучасних мультимедійних продуктах, аплікаціях відео-індустрії та індустрії ігор, дедалі частіше, виникає потреба в анімуванні сцен чи певних об'єктів на основі одного зображення. Сьогодні анімування зображень усе частіше використовується в індустрії розваг і виконується за умови обмеження ресурсів – на мобільних пристроях, в режимі реального часу, тощо. Об'єкти анімування можуть бути різної природи – будь-які об'єкти визначені користувачем на зображенні.

Також, з поширенням мобільних телефонів та їх використання не тільки як засобу зв'язку, все частіше виникає необхідність використання анімації у різних застосунках безпосередньо на телефоні, що спричинює лімітацію у обчислювальних ресурсах для розв'язуваних задач.

Відповідно, тема дисертаційної роботи Шамуратова Олексія Юрійовича, яка присвячена розробленню методів та засобів анімування об'єктів при обмежених обчислювальних ресурсах – є актуальною.

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 дають можливість розв'язати задачу підвищення ефективності анімування об'єктів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів. Наукова новизна роботи:

- вперше розроблено модель класифікації та кластеризації об'єктів на основі аналізу геометричних ознак і гістограми градієнтів інтенсивності та з використанням оригінальної архітектури згорткової нейронної мережі, що дало змогу опрацьовувати об'єкти зі стійкістю до повороту або масштабування об'єкту, зміною ракурсу без необхідності їх повторного аналізу;
- вперше розроблено метод анімування статичних об'єктів на зображенні з використанням афінних перетворень та вектора анімації із значеннями, залежними від часу, що дало змогу зберігати пропорції паралельних об'єктів;
- 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 опрацьовувати масштабовані зображення та зображення, отримані з іншого ракурсу;
- отримав подальший розвиток метод пошуку об'єкта на зображенні з використання оператора Собеля на основі застосування маски коефіцієнтів для середніх значень, що стало основою для розроблення моделі опрацювання зображення.

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* проаналізовані алгоритми контурного аналізу, методи пошуку об'єктів на основі штучних нейронних мереж. Розглянуті існуючі

підходи до кластеризації та класифікації даних. Проаналізовано сучасні підходи до створення анімації на основі одного зображення.

У *другому розділі* розроблено загальну структуру згорткової нейронної мережі та проведено порівняння з повнозв'язною нейронною мережею. Розроблено моделі класифікації зображень, метод анімування статичних об'єктів та проведено оптимізацію ємнісної складності даного алгоритму.

У *третьому розділі* розроблено алгоритми пошуку об'єктів, кластеризації і класифікації та алгоритм анімування статичних об'єктів.

У *четвертому розділі* розроблено архітектуру системи, обґрунтовано вибір технологій для реалізації системи, визначено функціонал системи та засоби розробки системи. Наведено результати дослідження.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Шамуратова О. Ю. обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, закріплені успішною реалізацією, ефективним впровадженням результатів досліджень, що підтверджує теоретичні дослідження практичними результатами.

На основі аналізу змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування можна зробити висновок про належну обґрунтованість отриманих 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.

Практична цінність та обґрунтованість використаних методів і засобів підтверджено результатами експериментальних досліджень.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертації, логічно впливають 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 розроблені архітектури мобільно-орієнтованої системи для анімації статичних об'єктів, побудованих алгоритмах, розробленому програмному забезпеченні та отриманих результатах. Для застосування алгоритмів у режимі реального часу, здобувачем запропоновано використовувати лямбда-архітектуру, що забезпечує масштабованість пам'яті та зменшує навантаження на сервер у два рази. Результати роботи впроваджені у освітньому процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні дисципліни «Системний аналіз». Результати дисертації отримані під час роботи здобувача в межах виконання держбюджетної науково-дослідної теми 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 вимогам.

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, що 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. 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. У вступі в “Особистий внесок здобувача” варто зазначити публікації, у яких опубліковано матеріали усіх чотирьох пунктів наукової новизни.
2. У другому розділі розроблено модель класифікації та кластеризації об'єктів, але відсутні дані щодо точності, області адекватності розроблених моделей та економічні параметри.
3. У другому розділі описано моделі кластеризації та класифікації об'єктів, а у висновках – метод кластеризації та класифікації. У роботі розроблено метод чи моделі?
4. В третьому розділі описано алгоритми, але не дотримані вимоги до подання алгоритмів у формі блок-схем (рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.6).
5. Для кращого розуміння роботи, варто чіткіше описати метод пошуку об'єкта на зображенні з використанням оператора Собеля, окреслити вхідні та вихідні дані, область адекватності. Подати алгоритм реалізації методу пошуку об'єкта на зображенні у формі блок-схеми чи іншій широко використовуваній формі подання алгоритмів. Дане зауваження стосується і методу пошуку об'єкта на зображенні з використанням оператора Собеля і Прюїтта.
6. В четвертому розділі в роботі присутній параграф “4.1. Архітектура системи”, яку, на мою думку, варто чіткіше описати (додати схемне представлення архітектури).
7. У висновках, на мою думку, варто додати кількісні показники переваг розроблених моделей та методів.
8. В дисертаційній роботі використано посилання на літературні джерела двадцяти річної давності та використано різні стилі оформлення джерел у списку використаних джерел.
9. В тексті дисертації присутні граматичні та стилістичні помилки (ст.14, ст.18, ст.19, ст. 29, ст. 37 та ін.), не коректні вирази: “...вирішувати задачу...” – “...розв'язувати задачу...”, “Це дозволяє...” – “Це дає змогу...” ст.30 та ін.

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

Дисертація на тему «Методи та засоби опрацювання зображень для анімації статичних об'єктів» є завершеною науково-дослідницькою працею, що містить нові науково обгрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальне завдання розроблення методів та засобів опрацювання об'єктів на зображенні для їх анімування.

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

Враховуючи актуальність теми дисертації, обгрунтованість 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 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 Олексій Юрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Рецензент:

Доктор технічних наук, професор,
завідувач каф. автоматизованих систем
управління Національного університету
"Львівська політехніка"

Теслюк В.М.

Підпис д.т.н., професора Теслюка В.М.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету
«Львівська Політехніка»

«19» серпня 2022 р.



Брилинський Р.Б.