

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

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента Пукаса Андрія Васильовича
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**
зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
галузі знань 12 «Інформаційні технології»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У сучасних проектах у сферах мультимедійних продуктів, відео-індустрії та індустрії ігор дедалі частіше виникає потреба в анімуванні сцен чи певних об'єктів на основі одного зображення. Тенденції розвитку мобільних платформ диктують умови для ринку по створенню проектів для мобільних пристроїв, що в свою чергу накладає на системи виконання операцій в умовах лімітованих ресурсів, тому виконання анімації на мобільних пристроях є актуальною темою досліджень.

Дослідження щодо розроблення анімації на основі одного зображення ведуться ще з 2005 року, наприклад анімації природних явищ, наприклад, руху води і вітру. Останні дослідження створення анімацій на основі 2D-сцен були направлені на використання ейлерових полів руху, а також анімації нерухомих природних зображень за допомогою викривлення (Preserve-Curve-Warping). Існуючі методи наразі мають недоліки ємнісної складності та довго часу виконання обчислень, що не дає в повному обсязі їх використовувати на мобільних платформах.

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 ефективніших методів та засобів,

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.

Автором вперше розроблено метод анімування статичних об'єктів на зображенні з використанням афінних перетворень, що забезпечило можливість зберігати пропорції об'єктів, що піддаються анімації.

Автором створено метод побудови кластерів об'єктів на основі виділення ознак об'єктів, що дає такому підходу стійкість до масштабування, повороту об'єктів та шумів на зображенні. Також вперше розроблено модель класифікації об'єктів з використанням лямбда-архітектурного підходу на основі згорткової нейронної мережі.

Автором було вдосконалено методи виділення границь об'єктів на зображенні з використанням оператора Собеля та Прюїтта шляхом врахування середньої яскравості зображення, що дає змогу опрацьовувати зображення з вибором найкращого алгоритму з урахуванням обчислювальної складності.

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* проаналізовано алгоритми пошуку об'єктів, а саме алгоритми контурного аналізу та методи на основі штучних нейронних мереж. Розглянуті існуючі підходи до кластеризації та класифікації даних. Розглянуто

алгоритми перетворення зображень та сучасні методи створення анімації на основі одного зображення.

У *другому розділі* було досліджено методи виділення границь об'єктів та проведено аналіз їх ємнісної складності. Також сформовано загальну структуру згорткової нейронної мережі. 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 та класифікації, алгоритм анімування статичних об'єктів. Усі алгоритми було зображено за допомогою блок-схем.

У *четвертому розділі* представлено розроблену архітектуру системи, обґрунтовано вибір технологій для реалізації системи. Також визначено функціонал та засоби розробки системи. Представлено готовий додаток. 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. обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, закріплені успішною реалізацією, ефективним впровадженням результатів досліджень, що підтверджує теоретичні дослідження практичними результатами.

Наукові положення та висновки, що сформульовані у дисертаційній роботі базуються на детальному аналізі джерел за даною темою, чіткій постановці задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також у аргументованому формулюванні висновків.

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

Наукові положення, висновки та рекомендації, що 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 реальному часі запропоновано використовувати лямбда-архітектуру, що забезпечує масштабованість пам'яті та зменшує навантаження на сервер у 2 рази. Результати роботи впроваджені в освітньому процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні освітньої компоненти «Системний аналіз». Результати дисертації 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. Алгоритм виділення контурів мав би бути розписаний детальніше.
2. Доцільно було б визначити часову складність анімування для різних типів об'єктів.
3. Архітектура системи могла б бути винесена в додатки.
4. Було б доцільно детальніше описати алгоритм кластеризації та виділити його відмінність від існуючих.
5. В тексті дисертації присутні граматичні та стилістичні помилки.

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 обгрунтовані результати. У дисертації було вирішено актуальну науково-прикладну задачу створення ефекту 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.

Тому 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.

Офіційний опонент –

доктор технічних наук, доцент,

завідувач кафедри комп'ютерних наук

Західноукраїнського національного

Університету



Андрій ПУКАС

Підпис	<i>А. Пукас</i>
Завіряю:	<i>А. Семен Монт</i>
НАЧАЛЬНИК ЗАГАЛЬНОГО ВІДДІЛУ	