



УДК 004.92

SOFTWARE FOR CREATING “LIVING” PAINTINGS ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ “ЖИВИХ” КАРТИН

Bushyn I.M. / Бушин І.М.*Cand. Sc. (Phys.-Math.), Associate Professor / к.ф.-м.н., доцент*

ORCID: 0000-0002-2783-7551

Bezridnyi V.I. / Безрідний В.І.*student of magistracy / студент магістратури*

ORCID: 0009-0003-1385-6924

*Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy**Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,**Черкаси, Бульвар Шевченка, 81, 18031*

Анотація. У статті описано методи візуалізації та створення анімації та ефектів для картин в реальному часі. Описано підходи для виділення намальованих об'єктів та регіонів картини. Описано реалізовані ефекти та анімацію, які можна створити для намальованих об'єктів картини. Було виявлено недоліки методів та підходів та знайдено можливі альтернативи. Представлено результати візуалізації.

Ключові слова: живопис, живий живопис, візуалізація картин, анімація картин.

Вступ. “Живі” картини — це зображення з анімаціями та візуальними ефектами, які надають їм динамічності. Такі картини використовують як короткі відео, елементи комп'ютерних ігор або для експонування в онлайн-галереях.

Основними завданнями при створенні «живих» картин є візуалізація та анімування елементів живопису, що візуалізуються з об'ємом і глибиною, створюючи ефект тривимірності, у реальному часі. Важливими аспектами є деталізація мазків пензля, створення тіней, а також анімація вибраних об'єктів або областей на полотні.

Візуалізація картин. Враховуючи важливість графічного представлення для користувачів, де ключовими можливостями є візуалізація у двовимірному просторі для створення відеороликів “живих” картин і тривимірна візуалізація для онлайн-галерей або комп'ютерних ігор, була розроблена програма для тривимірної візуалізації картин. У ній використовується камера, яка дозволяє оглядати картину у тривимірному або двовимірному просторі, а також освітлення з налаштуванням відтінку для картини та перцептивне сприйняття мазків пензля.

Для тривимірного об'єкта картини використовується чотирикутник, сторони якого відповідають розмірам зображення, а текстуровання базується на оригінальному зображенні картини.

Для освітлення використовується модель Гуча (англ. Gooch) [1], яка створює нефотореалістичне освітлення, формуючи градієнт між освітленими ділянками об'єкта з теплими відтінками та затіненими — з холодними. Вона не імітує реалістичний вигляд, але чудово передає геометрію, структуру та матеріали об'єкта, схоже на технічну ілюстрацію. Налаштовуючи джерело світла, можна керувати його позицією для освітлення картини з різних ракурсів та встановлення освітлення для експонування картин.



Камера підтримує ортогональну та перспективну проекцію для візуалізації у двовимірному та тривимірному просторі, що дозволяє оглядати картину з різних ракурсів.

Перцептивне сприйняття для мазків фарби досягається шляхом створення карти висот на основі зображення картини, використання рельєфного текстурування (англ. Bump Mapping) [2] та ефектом паралаксу або паралакським відображенням (англ. Parallax Mapping) з обмеженим зсувом [3]. Спочатку створюється карта висот, для якої обчислюється матрична згортка з використанням операторів Собеля як ядра згортки. Після цього виконується рельєфне текстурування: отримані нормальні вектори з карти висот застосовуються для освітлення, що додає тіні мазкам пензля. Оскільки використовується тільки рельєфне текстурування, головною проблемою є те, що чим більший кут огляду обернутого об'єкту, тим більше деталей може бути втрачено. Тому для вирішення даної проблеми використовуємо паралакське відображення.

Для точнішого відображення картини у тривимірному просторі використовується ефект паралаксу з обмеженим зсувом [3]. Цей ефект апроксимує коректні значення нерівних поверхонь використовуючи координати текстури картини, напрям огляду камери та значення зміщеної висоти, які використовують створену карту висот і параметр масштабування висоти для обчислення кожного пікселя та обмежує зсув для того, щоб він не міг стати більшим, ніж висота поверхні, що вирішує проблему мерехтіння пікселів характерну для звичайного методу створення ефекту паралаксу.

Для візуалізації картини було використано всі вище описані методи. Результати візуалізації продемонстровано у двовимірному просторі (рис. 1, а) та тривимірному просторі (рис. 1, б). При переміщенні та повороті картини в тривимірному просторі мазки пензля нагадують реальні мазки фарби. У двовимірній візуалізації видно, що мазки мають текстуру та висоту, що створює об'ємний вигляд.



Рисунок 1 - Результати візуалізації картини Ван Гога “Зоряна ніч” у двовимірному (а) та тривимірному просторі (б)



Виділення об'єктів та регіонів на картині. Наступним кроком є вибір об'єктів на картині для створення анімацій та ефектів. Це можна зробити шляхом вибору конкретних пікселів, за допомогою пензля, який виділяє регіон пікселів, або за допомогою спеціальної моделі штучного інтелекту, що здатна автоматично визначити пікселі, що відповідають окремому намальованому об'єкту.

Для реалізації першого підходу було налаштовано вибір регіону пікселів навколо миші та створено спеціальний курсор, який змінюється відповідно до параметрів розміру пензля. Управління виділенням пензлем здійснюється через клавіатуру: користувач активує режим вибору пікселів натисканням клавіші, а під час цього режиму виділяє пікселі лівою кнопкою миші або скасовує вибір правою кнопкою. Щоб уникнути постійного копіювання вибраних пікселів у маску під час вибору, всі пікселі будуть записуватись тільки після відпускання кнопки миші.

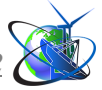
Другий підхід використовує модель Edge SAM [4], яка є оптимізованою версією моделі SAM [5] для роботи на граничних пристроях (англ. Edge devices) і застосовується для сегментації зображення. На вхід моделі подається зображення, яке обробляється, а на виході модель створює маски, які відповідають сегментам зображення. У цьому підході вибір об'єктів також здійснюється за допомогою миші, як і в першому підході, але достатньо одного натискання для виділення всього об'єкта.

Для обох підходів було реалізовано масив зображень масок виділених об'єктів, які використовуються для створення анімацій та ефектів. Ці маски накладаються на головну текстуру картини для візуального відображення виділених об'єктів і регіонів. Колір масок було поєднано з текстурою картини (рис. 2), а користувач може налаштовувати їх відображення через інтерфейс, щоб вмикати чи вимикати відображення виділених об'єктів та регіонів на картині.



Рисунок 2 - Виділення вибраних регіонів та об'єктів у картині

При накладанні багатьох масок білого кольору виділення може стати занадто яскравим. Для вирішення цієї проблеми можна створити контур, використовуючи результат обчислень матричної згортки для всіх масок. Однак



цей підхід вимагатиме вдвічі більше текстур, ніж кількість масок, і споживатиме більше ресурсів GPU.

Крім того, це може призвести до нової проблеми: контур закриватиме пікселі, які знаходяться біля краю вибраного об'єкта, ускладнюючи або перешкоджаючи вибору пікселів на межі об'єктів, оскільки межі мазків чи намальованих об'єктів будуть невидимі для користувача. Тому даний підхід не був реалізований, оскільки він може негативно вплинути на досвід користувача.

Створення анімацій та ефектів. Всі анімації та ефекти були реалізовані у шейдері фрагментів із використанням масок, що містять вибрані об'єкти.

Було розроблено ефекти підсвічування та мерехтіння. Для реалізації цих ефектів використовується лінійна інтерполяція між кольором вибраного фрагменту та іншим кольором, з використанням синусоїдальної функції часу та значення шуму. Це надає блимання кольору для різних регіонів об'єкта.

Ефект мерехтіння відрізняється від підсвічування тим, що використовується той самий колір, що є у фрагменті, але з підвищеною інтенсивністю, тоді як підсвічування може використовувати різні кольори. Ефект підсвічування позначено червоним кольором, а ефект мерехтіння — блакитним (рис. 2).

Відповідно до вибраних фрагментів (пікселів) були використані координати текстури для створення анімації гойдання пелюстків квітки та води під впливом вітру у картині. Для реалізації цієї анімації застосовано градієнтний шум [6], який використовувався для зміщення координат текстури, з можливістю регулювання параметра розміру шуму. Для підтримки постійної анімації використовувалась синусоида часу. Анімація позначена зеленим кольором (рис. 2). Результати застосування анімації та ефектів для картини можна побачити на рис. 3.



Рисунок 3 - Результати візуалізації картини у двовимірному просторі з використанням створеної анімації та ефектів

Недоліком такого підходу є те, що об'єкти для анімації не можна переміщувати. Щоб реалізувати рухомі анімації для об'єктів, які повинні переміщуватися по картині, необхідно створити новий тривимірний об'єкт, що



має таку ж форму, як і вибраний об'єкт. Для цього можна застосувати метод Альфа форм [7], який будує полігональну сітку, використовуючи точки об'єкта, що є вибіркою вибраних пікселів маски. Потім створюється і використовується нова текстура, де створений об'єкт було замальовано. Тепер для цього об'єкту можна створювати рухомі анімації.

Висновки. Отже, описаний метод візуалізації картин може бути використаний для візуалізації картин з перцептивно сприятливими мазками фарби в реальному часі в двовимірному та тривимірному просторі. Хоча цей метод не є фотореалістичним, він дозволяє чітко відображати деталі картини та налаштовувати її відтінок.

Також розглянуто виділення намальованих об'єктів та регіонів на картині, що використовувалось для створення анімацій та ефектів для виділених фрагментів. Виявлено недоліки звичайного підходу до виділення об'єктів та регіонів, а також підходу з використанням контурів.

Оглянуто різні методи для анімації об'єктів на картині, описано реалізацію анімації та ефектів для картин. У результаті було створено програмне забезпечення, яке можна використовувати для оживлення картин.

Література:

1. Gooch, A.A. et al. (1998) 'A non-photorealistic lighting model for automatic technical illustration'. Available at: <https://doi.org/10.1145/280814.280950>.
2. Blinn, J.F. (1978) 'Simulation of wrinkled surfaces', SIGGRAPH Comput. Graph., 12(3), pp. 286–292. Available at: <https://doi.org/10.1145/965139.507101>.
3. Welsh, Terry. (2004). Parallax Mapping with Offset Limiting: A Per-Pixel Approximation of Uneven Surfaces.
4. Zhou, C. et al. (2024) 'EdgeSAM: Prompt-In-the-Loop Distillation for On-Device Deployment of SAM', arXiv [cs.CV] [Preprint]. Available at: <http://arxiv.org/abs/2312.06660>.
5. Kirillov, A. et al. (2023) 'Segment Anything', arXiv [cs.CV]. Available at: <http://arxiv.org/abs/2304.02643>.
6. Ebert, D. S. et al. (2002) Texturing and Modeling: A Procedural Approach. 3rd edn. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
7. Edelsbrunner, H. (1992) 'Weighted alpha shapes', Dept. Comput. Sci., Univ. Illinois [Preprint].

Abstract. This article explores methods for visualizing and creating real-time animations and effects for paintings. It discusses approaches to highlighting painted objects and regions within a picture. The article also describes the effects and animations implemented for painted objects, identifies the shortcomings of these methods, and suggests possible alternatives. Finally, it presents the visualization results.

Keywords: painting, living painting, painting visualisation, painting animation.

Article sent: 06.10.2024

© Bushyn I.M., Bezridnyi V.I.