

Сергій РОМАНЮК
Наталія ТИТОВА
Вальдемар ВУЙЦІК
Олександр РОМАНЮК
Леонід КОВАЛЬ

Оптико-електронна система формування 3–d зображень обличчя людини для планування операцій

Вінницький національний технічний університет
Національний університет «Одеська Політехніка»
Люблінський технологічний університет

Анотація

Проведено експериментальні дослідження розроблених ДФВЗ, адаптивного методу зафарбовування обличчя людини. Отримані значення нормованих середньоквадратичних похибок показали, що розроблені моделі та методи забезпечують високу якість формування тривимірних зображень обличчя людини. Розроблено структурну схему системи формування тривимірних зображень кінцевої візуалізації для різних застосувань.

Ключові слова: 3D-зображення обличчя, пластична та реконструктивна медицина, відбивна здатність шкіри, морфінг, експрес-діагностування, морфологічний аналіз обличчя, медичні прилади і системи.

Вступ

Тривимірні моделі обличчя людини є найреалістичнішими, відображають анатомічну структуру, точно передають рельєфні та кольорові особливості об'єкта, підлягають модифікації для зміни зовнішності. 3D- модель обличчя є багатофакторним джерелом інформації про пацієнта, дозволяє істотно знизити необхідний обсяг взаємодії з користувачем порівняно з існуючими методами.

Натурне тривимірне моделювання для задач пластичної та реконструктивної медицини є неприйнятним, оскільки отримана модель є суб'єктивною. В цьому випадку доцільно розробка біомедичних засобів, які дозволять розробити реалістичні об'єкти, які є адекватними реальним.

У багатьох випадках пластичні хірурги при плануванні хірургічних втручань покладаються на аналіз фотографій обличчя пацієнта [1], [2,3]. Такий підхід має суттєві обмеження, обумовлені просторовими спотвореннями, неможливістю відтворити зовнішній вигляд пацієнта після хірургічного втручання. Невідповідність очікуваного розміру або форми може призвести до повторного хірургічного втручання. За світовою статистикою в 20-40 % випадків пацієнти не задоволені результатами пластичної операції. Цей ризик можна суттєво зменшити за рахунок попередньої розробки 3D-моделі обличчя, яку може оцінити пацієнт до і після операції і висловити свої побажання [4,5]

Метод

Для оцінки продуктивності формування тривимірних зображень з використанням нових дистрибутивних функцій використовувалось кількість тактів процесора для виконання складових інструкцій.

Візуальну відмінність між двома зображеннями оцінювалось за нормованою середньоквадратичною похибкою (NMSE) [5], [6] :

$$NMSE = \frac{\sum_i (R_1(i) - R_2(i))^2 + (G_1(i) - G_2(i))^2 + (B_1(i) - B_2(i))^2}{\sum_i R_1(i)^2 + G_1(i)^2 + B_1(i)^2},$$

де i - кількість складових пікселів графічного об'єкта; $(R_1(i), G_1(i), B_1(i))$, $(R_2(i), G_2(i), B_2(i))$ - інтенсивності складових кольору i -го пікселя зображень для тестового (еталонного) та сформованого об'єкта зображень.

Якщо значення $NMSE \leq 0,0001$, то зображення візуально не відрізняються; якщо $0,0001 < NMSE \leq 0,00025$ то зображення мають несуттєві відмінності; якщо $0,00025 < NMSE < 0,001$, то зображення мають візуально помітні відмінності; якщо $NMSE > 0,001$, то має місце суттєва відмінність зображень [5].

Розширено функціональні можливості комп'ютерної програми для формування зображень 3D-об'єктів у статичному та динамічному режимах за рахунок інтеграції нових програмних модулів по візуалізації зображень облич.

Комп'ютерна програма виконує такі функції [5]: рендеринг за вибраним методом зафарбовування; визначення за $NMSE$ візуальних відмінностей між двома зображеннями, сформованими за різними методами; вибір для моделювання різних моделей освітлення, значень коефіцієнтів спекулярності, інтенсивностей розсіяного та точкового джерел світла, коефіцієнтів розсіяної, дифузної та спекулярної складових кольору; зміна інтенсивності джерел світла; реконструкція зображення обличчя людини; робота з текстурами [1-3], визначення часу формування графічних об'єктів у статичному режимі; визначення кількості кадрів у секунду при формуванні динамічних зображень із виділенням окремо часу, який витрачено на процедуру зафарбовування; визначення загальної кількості трикутників у триангуляційній мережі, якою задано графічний об'єкт.

Реалізація, експериментальні дослідження

Відповідно до теоретичних напрацювань було розроблено комп'ютерну систему формування зображень обличчя людини для планування операцій.

Розроблено панорамний тривимірний сканер (рис. 3), який включає спеціальні камери та інтегровані проектори для отримання точної 3D-моделі обличчя людини. Розроблене програмне забезпечення 3D реконструює 3D-модель обличчя, використовуючи отримані складові з урахуванням кольорів і текстур.

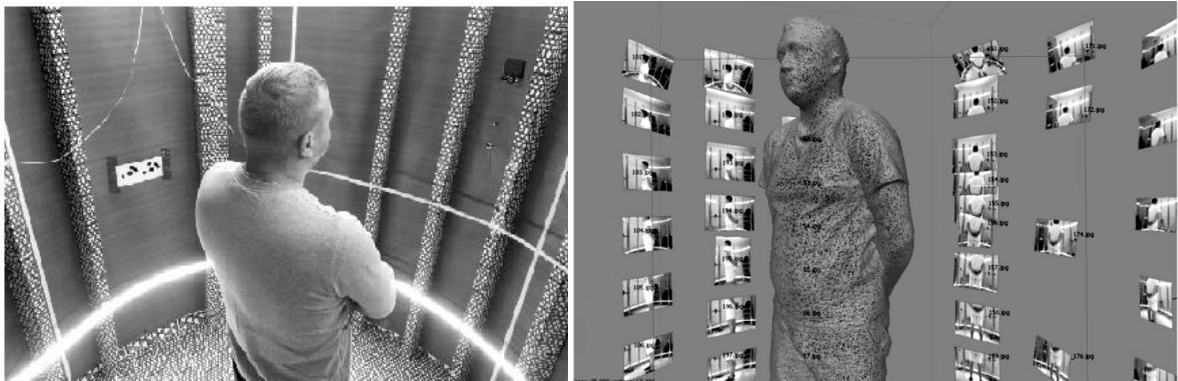


Рис. 3. Панорамний тривимірний сканер

Розроблені в роботі моделі, методи та засоби дозволяють підвищити ефективність проведення пластичних і реконструктивних операцій за рахунок високореалістичного, високопродуктивного відтворення обличчя людини.

Висновки

Розглянуто практичну реалізація запропонованих моделей і методів формування тривимірних зображень обличчя людини для медичних систем. Розроблено програмні засоби для моделювання та тестування розроблених методів зафарбовування тривимірних об'єктів із використанням графічного конвеєра та різних моделей освітлення. Проведено експериментальні дослідження розроблених ДФВЗ, адаптивного методу зафарбовування обличчя людини. Отримані значення нормованих середньоквадратичних похибок показали, що розроблені моделі та методи забезпечують високу якість формування тривимірних зображень обличчя людини. Розроблено структурну схему системи формування тривимірних зображень кінцевої візуалізації для різних застосувань.

Список літератури

1. Д. С. Аветіков, В. М. Соколов, С. О. Ставицький, В. Д. Ахмеров, та О. П. Буханченко. *Пластична та реконструктивна хірургія*. Полтава: ТОВ "АСМІ", 2013.
2. ISAPS Global Statistics. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.surgery.org/media/statistics>. Дата звернення: Грудень, 2018.
3. S. O. Romanyuk, "Approximation of bidirectional reflectance distribution function for highly efficient shading", in Monography *Information Technology in Medical Diagnostics*, W. Wójcik and A. Smolarz, London: England: CRC Press, 2017, chapter 2, pp. 27-49. doi:10.1201/9781315098050.
4. A. Maier, S. Steidl, V. Christlein, and J. Hornegger. *Medical Imaging Systems*, Erlangen-Nürnberg, Germany: Springer, 2016.
5. S. O. Romanyuk, "Approximation of bidirectional reflectance distribution function for highly efficient shading", in Monography *Information Technology in Medical Diagnostics*, W. Wójcik and A. Smolarz, London: England: CRC Press, 2017, chapter 2, pp. 27-49. doi:10.1201/9781315098050.
6. S. O. Romanyuk, O. N. Romanyuk, S. V. Pavlov, O. V. Melnyk, A. Smolarz, and M. Bazarova, "Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model", *Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications*, 2015. doi: 10.1117/12.2229013.
7. S. O. Romanyuk., S. V. Pavlov, and O. V. Melnyk, "New method to control color intensity for antialiasing", in *International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON*, 2015. doi: 10.1109/sibcon.2015.7147194.
8. S. O. Romanyuk, O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, S. P. Moskovko, A. Kotyra, and S. Smailova, "Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain", *Przegląd Elektrotechniczny*, Vol. 93, Issue 5, pp. 102-105, 2017. doi: 10.15199/48.2017.05.20.
9. S. O. Romanyuk, S. I. Vyatkin, O. N. Romanyuk, and A. Smolarz, "Texturing method of the full pixel dynamic range", *Proc. SPIE*, Vol. 10808, 2018. doi: 10.1117/12.2500789.
10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. pp. 336.
11. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press. pp. 210.

Романюк Сергій - к.т.н., доцент, Національний університет «Одеська Політехніка», e-mail: tnv.titova@gmail.com, rom8591@gmail.com

Титова Наталія - д.т.н., професор, Національний університет «Одеська Політехніка», e-mail: tnv.titova@gmail.com,

Вуйцік Вальдемар - д.т.н., професор, Люблінський технологічний університет, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Романюк Олександр - д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, e-mail: rom8591@gmail.com

Коваль Леонід - к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: koval.l@vntu.edu.ua

OPTICAL AND ELECTRONIC FORMATION SYSTEM 3D HUMAN FACE IMAGE FOR SURGERY PLANNING

Abstract. Experimental studies of the developed DFVZ, an adaptive method of painting the human face, were conducted. The obtained values of normalized root mean square errors showed that the developed models and methods ensure high quality of formation of three-dimensional images of human faces. A structural diagram of the system of formation of three-dimensional images of the final visualization for various applications was developed.

Keywords: 3D face imaging, plastic and reconstructive medicine, skin reflectivity, morphing, express diagnosis, morphological analysis of the face, medical devices and systems.

Romaniuk Sergii- candidate of technical sciences, associate professor, Odesa Polytechnic National University, e-mail: tnv.titova@gmail.com, rom8591@gmail.com

Titova Nataliya- Ph.D., Professor, Odesa Polytechnic National University, e-mail: tnv.titova@gmail.com,

Wojcik Waldemar - Professor, Lublin University of Technology, e-mail: waldemar.wojcik@pollub.pl

Romaniuk Oleksandr - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: rom8591@gmail.com

Koval Leonid- Ph.D., associate professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: koval.l@vntu.edu.ua