
МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОФІ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

УДК 615.47: 616–072.7

С.В. ПАВЛОВ, О.Н. РОМАНЮК, С.О. РОМАНЮК

ВИКОРИСТАННЯ МОРФІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ У МЕДИЦИНІ

*Вінницький національний технічний університет,
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна*

Анотація. Розглянуто питання використання морфінгу зображень в медицині. Запропоновано використовувати морфінг для задач ринопластики, дослідження, дослідження динаміки розвитку голови людини. Запропоновані методи зміни густини полігональної мережі.

Ключові слова: тривимірні моделі, морфінг, вікові зміни, ринопластика триангуляційна мережа

Abstract. The question of the use of image morphing in medicine is considered. It is suggested to use morphing for the tasks of rhinoplasty, research, study of the dynamics of human head development. Methods for changing the density of a polygonal network are proposed.

Key words: three-dimensional models, morphing, age-related changes, rhinoplasty triangulation network

DOI: 10.31649/1681-7893-2019-38-2-5-9

ВСТУП

Тривимірні моделі [1] 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. Використання тривимірного моделювання в медицині дозволяє підвищити ефективність діагностування та подальшої реабілітації.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Морфінг [2] полягає у формуванні проміжних значень зображень від початкової моделі до кінцевої. Для цього, як правило, виконують модифікацію триангуляційної моделі [1] об'єкта. Морфінг дає можливість отримати інтерпольовані значення поверхонь зображень, в той час як інтерполювання від початкового до кінцевого операнда тільки проміжні значення. Ця властивість дає можливість ефективного використання морфінгу в медицині, зокрема, для аналізу розвитку патологій, прогнозування вікових змін і т. д.

На даному етапі комп'ютерної графіки морфінг [2] отримав поширення в кінематографії, комп'ютерній анімації та іграх.

Сьогодні раціональним є використання морфінгу і в медицині, зокрема, для аналізу вікових патологій та проведення пластичних операцій.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Для дослідження використання морфінгу для медицини авторами було розроблено програмний модуль морфологічних перетворень зображень. Програма дозволяє завантажити початкове та кінцеве зображення, модифікувати їх полігональні моделі, задавати кількість проміжних зображень (кадрів) і їх час відображення, а також виконувати морфінг. Програму можна налаштувати

Програму морфінгу можуть ефективно використовувати пластичні хірурги для визначення оптимальної форми деяких ділянок обличчя. На рис. 1 зображено морфінг для задач ринопластики [3, 4, 5]. Початковим зображенням є вихідна тривимірна модель обличчя людини з виділенням ділянки носа. Кінцеве зображення формує хірург з естетичних міркувань. Кінцеве зображення може модифікуватися за рахунок зміни полігональної моделі. За допомогою програми формуються проміжні зображення, згідно з яким вибирається оптимальний варіант [6,7,8].

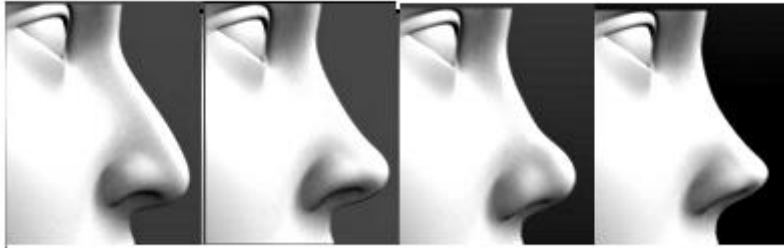


Рисунок 1 – Морфінг зображення носа

Зрозуміло, що при цьому необхідно враховувати форму носа на фоні обличчя (рис. 2), що забезпечить прийняття правильного рішення з естетичної точки зору.



Рисунок 2 – Морфінг зображення обличчя для ринопластики

Запропоновано метод аналізу відповідності вікових змін розвитку дитини встановленим нормам. Згідно з методом формується тривимірна модель голови дитини з використання тривимірного сканера чи методів фотометрії. Генерується кінцеве зображення шляхом (рис. 3) зміни форми та розмірів голови дитини відповідно до рекомендованих нормативних значень [9, 10, 11].

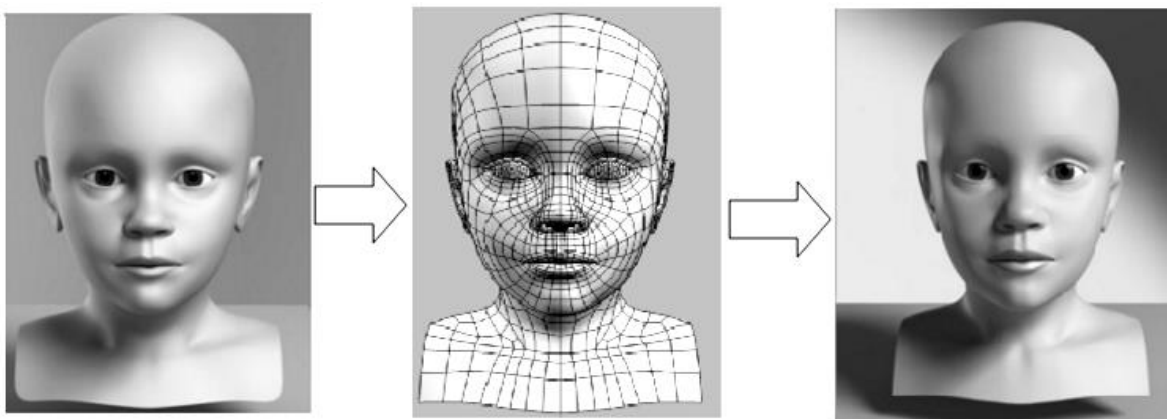


Рисунок 3 – Морфінг зображення голови дитини

Проводиться морфінг між початковим та кінцевим зображеннями. При цьому формуються проміжні зображення. По проміжних значеннях проводиться аналіз динаміки зміни розміру голови дитини.

Встановлюється відповідність розмірів голови дитини параметрам, отриманих від згенерованих зображень на основі морфінгу, до встановлених норм.

У табл. 1 наведено зміну розміри голови дитини протягом першого року розвитку [5].

Таблиця 1 – Вікові зміни діаметру голови дитини

ВІК	Діаметр голови, см	
	Хлопчики D_x	Дівчатка $D_{\ddot{a}}$
На момент народження	35	34
1 місяць	37	36
2 місяць	39	38
3 місяці	41	40
4 місяці	42	41
5 місяців	43	42
6 місяців	44	43
9 місяців	46	45
10 місяців	46.5	45.5
11 місяців	47	46
12 місяців	47	46

На основі наведених у таблиці 1 отримано такі рівняння на основі логарифмічної функції

$$D_x = 5,4376 \cdot \ln(x) + 32,803 ,$$

$$D_{\ddot{a}} = 5,4376 \cdot \ln(x) + 33,803 .$$

Запропоновану методику можна використати і для оцінки вікових змін людини (рис. 4.9)



Рисунок 4 – Морфінг зображення для оцінки вікових змін

Для реалізації морфінгу зображення обличчя людини важлива адаптивна зміна густини триангуляційної мережі. При цьому важливо досягти збалансованої завантаженості відеокарти. Це можливо реалізувати шляхом поділу трикутників на складові приблизно однакової площі, які визначають кількість пікселів.

Розглянемо прості з обчислювальної точки зору процедури розбиття трикутника на складові (рис. 5). Якщо у трикутнику вибрати внутрішню точку з координатами $x = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$,

$y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}$ (рис. 5, а) і з'єднати отриману точку з вершинами трикутника, то утворюється

три трикутники однакової площею. Дійсно площі $\Delta P_1 P_2 O$, $\Delta P_2 P_3 O$, $\Delta P_3 P_1 O$ мають такі значення:

$$S_1 = \frac{1}{2} \left(x_1 y_2 + y_1 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} + x_2 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} - y_2 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} - x_2 \cdot y_1 - x_1 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right),$$

$$S_1 = (x_1 y_2 - x_1 y_3 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 \cdot y_1 - x_3 y_2) / 6 ;$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \left(x_2 y_3 + y_2 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} + x_3 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} - y_3 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} - x_3 \cdot y_2 - x_2 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right),$$

$$S_2 = (x_1 y_2 - x_1 y_3 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 \cdot y_1 - x_3 y_2) / 6 ;$$

$$S_3 = \frac{1}{2} \left(x_3 y_1 + y_3 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} + x_1 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} - y_1 \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} - x_1 \cdot y_3 - x_3 \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right),$$

$$S_3 = (x_1 y_2 - x_1 y_3 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 \cdot y_1 - x_3 y_2) / 6.$$

З наведених формул видно, що площі складових трикутників рівні.

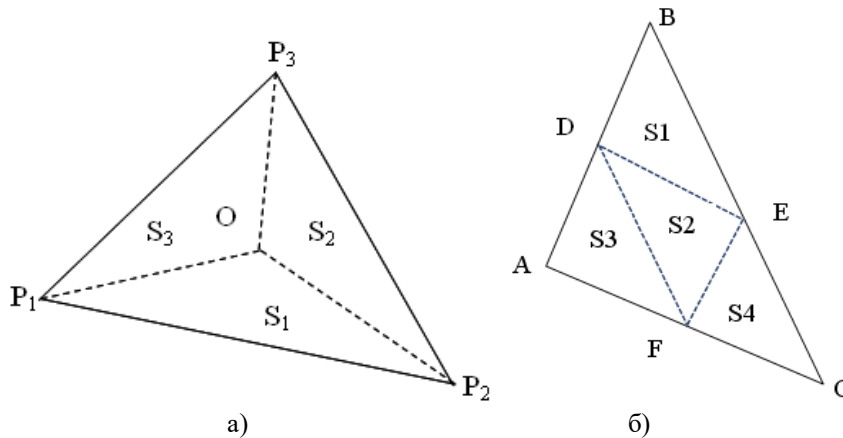


Рисунок 5 – Розбиття трикутника на складові

Якщо трикутник розбити на чотири (рис.5б), які утворюються шляхом поділу ребер трикутника пополам, то отримані трикутники однакової площі. Важливо, що для отриманих трикутників легко визначити вектори до вершин.

Наведені пропозиції по використанню морфінгу зображень обличчя людини можуть бути використанні в медичній діагностиці та планування і проведення пластичних операцій.

ВИСНОВКИ

Наведені пропозиції по використанню морфінгу зображень обличчя людини можуть бути використанні в медичній діагностиці та планування і проведення пластичних операцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О. Н. Романюк, та А. В. Чорний, *Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів*. Вінниця, Україна: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006.
2. Д. А. Дивеев, и Е. Г. Хозе, “Современные технологии трансформации изображений в изучении восприятия человека по выражению его лица”, *Экспериментальная психология*, том 2, № 4, с. 101–110, 2009
3. “Пластика лица: виды, особенности процедуры”, [Электронный ресурс]. Доступно: <https://www.kp.ru/guide/plastika-litsa.html>. Дата обращения: сент.18, 2017.
4. В. М. Соколов, та Д. С. Аветіков, “Комп’ютерне прогнозування і можливості косметичної ринопластики при деформаціях зовнішнього носа”, *Актуальні проблеми сучасної медицини*. т. 2, № 2 (4), с. 71–73, 2002.
5. “Размер головы и возраст ребенка: нормы” [Электронный ресурс]. Доступно: <https://nashidetki.net/vospitanie-detej/razmer-golovy-rebenka-po-vozrastu.html>. Дата обращения: Янв. 09, 2019. Надійшла до редакції 12.02.2019.

6. Olexander N. Romanyuk; Sergii V. Pavlov; Olexander V. Melnyk; Sergii O. Romanyuk; Andrzej Smolarz, et al. Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981617 (December 18, 2015).
7. S. O. Romanyuk; S. V. Pavlov; O. V. Melnyk. New method to control color intensity for antialiasing. Control and Communications (SIBCON), 2015 International Siberian Conference. - 21-23 May 2015.
8. N. Romanyuk; S. V. Pavlov; R. Yu. Dovhaliuk; N. P. Babyuk; M. D. Obidnyk, et al. Microfacet distribution function for physically based bidirectional reflectance distribution functions, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980L (January 11, 2013).
9. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
10. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
11. Sergey I. Vyatkin, Sergii A. Romanyuk, Sergii V. Pavlov, and etc. Using lights in a volume-oriented rendering // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104450U;

REFERENCES

1. O.N. Romanyuk and AV Chorny, High-performance methods and means of painting three-dimensional graphic objects. Vinnytsia, Ukraine: UNIVESUM-Vinnytsia, 2006.
2. D.A. Diveev, and EG Hose, “Modern Image Transformation Technologies in the Study of Human Perception on the Expression of His Face,” *Experimental Psychology*, Volume 2, No. 4, p. 101-110, 2009
3. “Facial plasticity: types, features of procedure”, [Electronic resource]. Available at: <https://www.kp.ru/guide/plastika-litsa.html>. Release Date: Sep 18, 2017.
4. V.M. Sokolov and DS Avetikov, “Computer Prediction and Possibilities of Cosmetic Rhinoplasty in External Nose Deformities”, *Topical Issues in Modern Medicine*. Vol. 2, No. 2 (4), p. 71-73, 2002.
5. “Head Size and Child Age: Norms” [Electronic resource]. Available: <https://nashidetki.net/vospitanie-detej/razmer-golovy-rebenka-po-vozzrastu.html>. Date of issue: Jan. 09, 2019. Received February 12, 2019.
6. Olexander N. Romanyuk; Sergii V. Pavlov; Olexander V. Melnyk; Sergii O. Romanyuk; Andrzej Smolarz, et al. Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981617 (December 18, 2015).
7. S. O. Romanyuk; S. V. Pavlov; O. V. Melnyk. New method to control color intensity for antialiasing. Control and Communications (SIBCON), 2015 International Siberian Conference. - 21-23 May 2015.
8. N. Romanyuk; S. V. Pavlov; R. Yu. Dovhaliuk; N. P. Babyuk; M. D. Obidnyk, et al. Microfacet distribution function for physically based bidirectional reflectance distribution functions, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980L (January 11, 2013).
9. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
10. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
11. Sergey I. Vyatkin, Sergii A. Romanyuk, Sergii V. Pavlov, and etc. Using lights in a volume-oriented rendering // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104450U;

Надійшла до редакції: 22.08.2019р.

ПАВЛОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи, професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

РОМАНЮК ОЛЕКСАНДР НИКИФОРОВИЧ – д.т.н., професор, завідувач кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

РОМАНЮК СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ – к.т.н., директор фірми Аштар.