

## АНАЛІЗ ЕТАПІВ ВИКОНАННЯ МОРФІНГУ ЗОБРАЖЕНЬ

**Романюк Оксана**, к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення,  
**Кушнір Максим**, студент групи ІПІ-15мс  
 Вінницький національний технічний університет, Україна

Морфінг широко зустрічається в ігровому і телевізійному кіно, в телевізійній рекламі [1]. Найчастіше цей ефект використовується для відображення процесу перетворення однієї особи в іншу. Також морфінг часто використовується для створення анімації, для отримання ефекту перетворення одного об'єкта в інший і потрібно лише побудувати проміжні зображення між двома і більше ключовими положеннями анімованого об'єкта [2].

Виділяють чотири основні етапи виконання морфінгу [3]: знаходження опорних точок на вихідному та кінцевому зображеннях; побудова полігональних сіток на основі знайдених опорних точок; деформація сітки морфу; анімація зображення.

Для знаходження опорних точок спочатку необхідно виділити чіткі контури об'єкта, а у випадку морфінгу людських облич ще й визначити такі характерні точки, як очі, ніс, рот і брови. Виконання цієї операції може здійснюватись з використанням методів фільтрації Превіта, Собеля чи Робертса [3].

Побудова полігональних сіток на основі знайдених опорних точок найчастіше відбувається з використанням триангуляції Делоне [4], яка розбиває множину точок  $S$  на трикутники так, що для будь-якого трикутника всі точки з  $S$ , крім точок, які є його вершинами, лежать поза колом, описаним навколо цього трикутника. Це дозволяє уникнути побудови трикутників з дуже гострими і тупими кутами, що найкраще підходить для рішення задачі інтерполяції внутрішніх точок полігону.

Деформація сітки морфу передбачає вирішення задачі встановлення відповідності між внутрішніми точками полігонів вихідного та кінцевого зображень. В роботі [5] запропоновано розв'язати систему з 6 лінійних рівнянь

$$\begin{cases} k_x^{(1)} x_1 + k_x^{(2)} y_1 + k_x^{(3)} = x'_1 \\ k_x^{(1)} x_2 + k_x^{(2)} y_2 + k_x^{(3)} = x'_2 \\ k_x^{(1)} x_3 + k_x^{(2)} y_3 + k_x^{(3)} = x'_3 \end{cases}, \begin{cases} k_y^{(1)} x_1 + k_y^{(2)} y_1 + k_y^{(3)} = y'_1 \\ k_y^{(1)} x_2 + k_y^{(2)} y_2 + k_y^{(3)} = y'_2 \\ k_y^{(1)} x_3 + k_y^{(2)} y_3 + k_y^{(3)} = y'_3 \end{cases} \quad (1)$$

де  $x$  та  $y$  – відомі координати вершин полігона вихідного зображення;  
 $x'$  та  $y'$  – координати вершин відповідного полігона кінцевого зображення;

$k_x$  і  $k_y$  – коефіцієнти деформації, розрахунок яких дозволить встановити відповідність між внутрішніми точками полігонів.

Інший підхід до вирішення такої задачі запропоновано в роботі [6]. Він базується на використанні пар відповідних направлених рядків у вихідному та кінцевому зображеннях, які задаються парами координат пікселів  $PQ$  і  $P'Q'$  відповідно (рис.1).

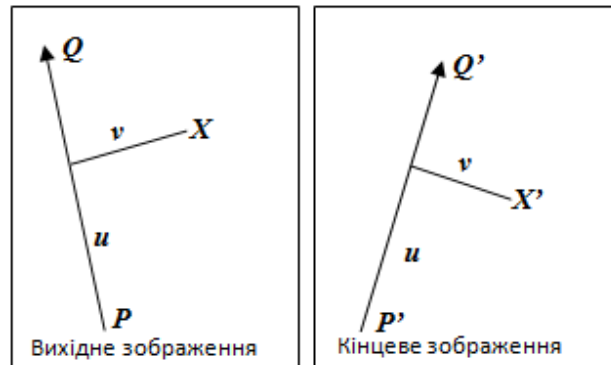


Рисунок 1 - Параметри для розрахунку за методом пар рядків

Щоб встановити відповідність між поточною точкою  $X$  вихідного зображення з точкою  $X'$  у кінцевому зображенні, необхідно обчислити такі формули

$$u = \frac{(X-P) \cdot (Q-P)}{\|Q-P\|^2}, \quad (2)$$

$$v = \frac{x-p \cdot \text{Perpendicular}(Q-P)}{\|Q-P\|}, \quad (3)$$

$$X' = P' + u(Q' - P') + \frac{v \cdot \text{Perpendicular}(Q' - P')}{\|Q' - P'\|}, \quad (4)$$

де  $u$  – це позиція вздовж направленою рядка, значення якої змінюється від 0 до 1 у напрямку руху від точки  $P$  до точки  $Q$ ,  $v$  – довжина перпендикуляра, опущеного з точки  $X$  на рядок,  $\text{Perpendicular}()$  – вектор, перпендикулярний до рядка.

Маючи безліч опорних точок на вихідному і кінцевому зображенні можна скласти для кожної точки рівняння її руху. В результаті трансформуючи кожен полігон в залежності від часу можна отримати плавну анімацію.

#### Список використаних джерел:

1. Морфінг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Морфинг>
2. Технологія морфінгу зображень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Морфінг-Технологія>
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс — М: Техносфера, 2005 – 1007 с.
4. Триангуляція Делоне [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Триангуляция\\_Делоне](https://ru.wikipedia.org/wiki/Триангуляция_Делоне)
5. Лёзин И.А. Морфинг растровых изображений / И.А. Лёзин, С.А. Кирьяков // МНТК «Перспективные информационные технологи». – 2014. – С. 52-54.
6. Beier T. Feature-based image metamorphosis / T. Beier, S. Neely // Proc. SIGGRAPH 92 Computer Graphics (2002). – 1992. – V. 26/2. – pp. 35-42.