

**К.т.н., доцент Соколова Н.А., магістрант Лішко А.Л.**

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

## **АЛГОРИТМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРОЕКЦІЙ ЗОБРАЖЕННЯ**

### **Вступ**

Більшість методів відновлення тривимірних сцен, пошуку відповідних точок вимагають для своєї роботи визначення вікна, в межах якого шукаються відповідності [1]. При обробці знімків, отриманих фотоапаратом, відмінність між ними може бути значною, що призводить до великого вікна пошуку і значно збільшує час роботи алгоритму. У зв'язку з цим, актуальною проблемою є пошук перетворення для зображень в рамках певної простої моделі, подібної до афінних або проекційних перетворень.

Розроблено кілька методів поєднання зображень [2, 3]. Алгоритм [2] здатний визначити зсув, поворот і зміну масштабу зображення, але часто виявляється непрацездатним, якщо на зображенні присутні значні перспективні спотворення. Алгоритм [3] шукає афінне перетворення у відео, тобто припускає, що відмінності між зображеннями не є великими. У даній роботі пропонується алгоритм, який здійснює пошук проекційного перетворення, використовуючи прямі лінії знайденої на зображеннях.

### **Постановка задачі**

Метою роботи є розробка алгоритму проекційного перетворення, який переводить зображення сцени в зображення цієї ж сцени, але виконаного з іншої точки. При цьому значна увага акцентується на швидкості роботи алгоритму.

### **Алгоритм поєднання зображень**

Алгоритм пошуку проекційного перетворення можна умовно розбити на декілька основних кроків. Мета кроку 1 виділити межі на зображенні, використовуючи алгоритм модуля градієнта [4]. Метою наступного кроку є видобуток із зображень параметрів прямих. Для цієї мети

використовувався алгоритм швидкого перетворення Хафа [4]. Крок 3 в якості вхідних даних приймає параметри знайдених на зображенні прямих, а результатом його роботи є можливі проєктивні перетворення. На четвертому кроці відшукується результуюче перетворення з найменшою середньоквадратичною інтенсивністю різниці кадру між другим зображенням і перетвореним першим. Тобто, пошук проєктивного перетворення зводиться до мінімізації функціоналу в багатовимірному параметричному просторі.

### Пошук гіпотез

Припустимо, що сцена складається з єдиної площини з прямими лініями  $\sigma$  (рис. 1). Поставимо наступну задачу: маючи параметри прямих на двох зображеннях, знайти проєктивні перетворення  $P$  першого зображення, що переводить його в друге зображення.

Під проєктивним перетворенням  $P$  мається на увазі перетворення зображення за наступними формулами:

$$x_2 = \frac{P_{11}x_1 + P_{12}y_1 + P_{13}}{P_{31}x_1 + P_{32}y_1 + P_{33}} \quad (1)$$

$$y_2 = \frac{P_{21}x_1 + P_{22}y_1 + P_{23}}{P_{31}x_1 + P_{32}y_1 + P_{33}} \quad (2)$$

$x_1, y_1$  - координати точки на першому зображенні,  
 $x_2, y_2$  - координати точки на другому зображенні,  
 $P_{ij}$  - коефіцієнти матриці  $3 \times 3$ .

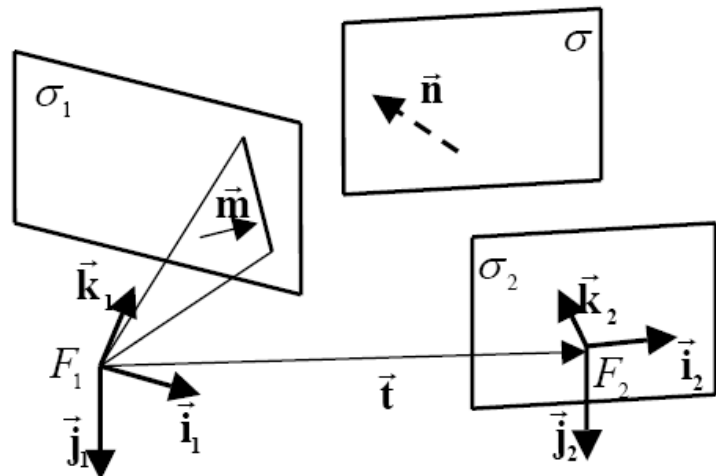


Рис. 1. Сцена, що складається з площини та знімається двома камерами. З кожною камерою пов'язана власна система координат

### Параметризація проєктивного перетворення та прямих ліній

В даній роботі проєкційне перетворення параметризується взаємним положенням камер та площини з прямими, що може бути отримана виходячи з геометричних міркувань:

$$\mathbf{P} = \mathbf{R}^T \left( \mathbf{I} - \frac{\bar{\mathbf{t}}\bar{\mathbf{n}}^T}{d} \right), \quad \mathbf{R} \langle \bar{\mathbf{j}}_1 \bar{\mathbf{k}}_1 \rangle \cong \langle \bar{\mathbf{j}}_2 \bar{\mathbf{k}}_2 \rangle \quad (3)$$

Матриця обертання  $\mathbf{R}$  переводить першу камеру в положення другої, вектор  $\bar{\mathbf{t}}$  - зсув від фокусу першої камери до фокусу другої, вектор  $\bar{\mathbf{n}}$  -

нормаль до площини  $\sigma$ ,  $d$  - відстань від фокусу першої камери до площини. Зображення сцени першою камерою переводиться в зображення сцени другою камерою перетворенням (3) за формулам (1) та (2).

Перейдемо до параметризації прямих. В даній роботі пряма задається нормальним вектором  $\vec{m}$  до площини, що проходить крізь фокус камери та прямою, що розглядається (рис. 1). Позначимо  $\vec{m}_1$  та  $\vec{m}_2$  - параметри прямих на першому та другому зображенні, що є образами однієї прямої у просторі. Тоді між векторами легко встановити зв'язок:

$$\vec{m}_2 = \frac{\Lambda \vec{m}_1}{|\Lambda \vec{m}_1|}, \quad \Lambda = \mathbf{P}^{-1 \text{ T}} \quad (4)$$

Підставляючи (3) в (4) та використовуючи формулу Шермона-Моррісона отримуємо:

$$\Lambda = \mathbf{R}^T \left( \mathbf{I} + \frac{\vec{n} \vec{t}^T}{d - \mathbf{C} \cdot \vec{n}} \right) \quad (5)$$

### Побудова та мінімізація функціоналу

Визначимо функціонал  $F$ , що залежить від параметрів знайдених прямих та матриці проєкційного перетворення  $\mathbf{P}$ . Нехай  $\vec{m}_{1,i}$ ,  $i=1 \dots N_1$  та  $\vec{m}_{2,i}$ ,  $i=1 \dots N_2$  - параметри прямих з першого та другого зображення. Використовуючи (5) введемо величину:

$$F_{ij} = -\exp \left( -\frac{|\vec{m}_{2,j} \times \Lambda \vec{m}_{1,i}|^2}{2\sigma^2} \right) \quad (6)$$

Значення параметра  $\sigma$  поки-що не конкретизується, але воно лежить в межах  $\sigma = 0.01 \div 0.2$ . Величину  $F_i$  визначимо наступним чином:

$$F_i = \sum_{j=1}^{N_2} F_{ij} \quad (7)$$

Величина  $F_i$  відмінна від нуля лише тоді, коли серед векторів  $\vec{m}_{2,j}$  знайдеться такий, що синус кута між векторами  $\Lambda \vec{m}_{1,i}$  та  $\vec{m}_{2,j}$  не перевищує  $\sigma$ . Тобто можна визначити мінімізований функціонал:

$$F = \sum_{i=1}^{N_1} F_i \quad (8)$$

Обмежимо можливі повороти камери лише кутом  $\theta$  навколо орта  $\vec{k}_1$ . Це дозволить зменшити кількість параметрів, від яких залежить  $\Lambda$ :

$$\Lambda(\mathbf{t}) = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ \frac{t_x}{1-t_z} & \frac{t_y}{1-t_z} & \frac{1}{1-t_z} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Об'єднанням (9), (8), (7) та (6) отримуємо явний вираз для мінімізації функціоналу. Пошук локальних мінімумів здійснюється методом спряжених градієнтів, з яких за формулами (9) та (4) можна розрахувати матрицю перетворення.

## Висновки

У роботі представлено алгоритм грубого поєднання зображень, що спирається на параметри знайдених прямих ліній. Область застосування пропонованого алгоритму обмежується сценами, які містять прямі лінії, такими як міські пейзажі, знімки приміщень тощо. Перевагою алгоритму є, по-перше, те, що він використовує тільки інформацію про знайдені прямі лінії. По-друге, алгоритм здатний поєднувати зображення, якщо площа загальної області знімків менша за 50% площі знімка. Подальшим удосконаленням алгоритму є врахування інформації про яскравість і колір прямих та прилеглих до них областей зображення.

## Література

1. *Carlo Tomasi, Takeo Kanade*. Shape and Motion from Image Streams: a Factorization Method, Part 3, Detection and Tracking of Point Features // Tech. Report CMU-CS-91-132 / School of Computer Science, Carnegie Mellon University. — April 1991.
2. *B.S. Reddy and B.N. Chatterji*. An fft-based technique for translation, rotation, and scale-invariant image registration, 5 (1996), no. 8, P. 1266-1271.
3. *Jianbo Shi and Carlo Tomasi*. Good features to track, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'94) (Seattle), June 1994.
4. *Di Zenzo S*. A note on the gradient of multi-image // Comput. Vision Graphics Image Process. 1986. V. 33. P. 116-125.
5. *Н. В. Свешникова, Д. В. Юрин*. Априорный и апостериорный расчет погрешностей восстановления трехмерных сцен алгоритмами факторизации // Программирование 2004, Т.30, № 5, С. 48-68.