

УДК 004.421

К.т.н., доцент Орлова М.М., студент Кукарека О.Б.

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

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУХУ

Abstract

*Mariia M. Orlova, assoc. prof., PhD; Oleg Kukareka, student
Use of computer vision in motion tracking solutions*

This paper concerns the tasks of computer vision and motion tracking. The Lucas-Kanade and Horn-Schunck methods are studied and discussed. The comparative analysis of both algorithms is fulfilled. The ways for further research are proposed as well.

Вступ

Із ростом потужності обчислювальних систем відбувається інтенсивний розвиток технологій комп'ютерного бачення (*Computer vision*). Задачі, які раніше потребували побудови спеціальних апаратно-програмних комплексів, зараз можуть вирішуватися ресурсами портативного комп'ютера або мобільного телефона. Це відкриває можливості для розв'язку великої кількості задач, які раніше не досліджувалися через неможливість реалізації на існуючій апаратній базі. Зокрема, особливо вимогливими до системних ресурсів залишаються технології розпізнавання руху (*Motion tracking*). Раніше їх розвиток стримувався вартістю і габаритами якісних відеокамер, а також апаратними вимогами до засобів цифрової обробки відеопотоку високої роздільної здатності. Зараз такі задачі можуть вирішуватися на базі недорогого і компактного серійного обладнання.

Актуальність

Основні сфери застосування методів розпізнавання руху - системи відеоспостереження, системи контролю якості, безпілотні зонди, медична апаратура.

Застосування методів комп'ютерного бачення і, зокрема, розпізнавання руху є важливою задачею для багатьох сфер, оскільки дозволяє мінімізувати втручання людини і забезпечити постійний і

безвідмовний контроль з боку автоматики за перебігом різноманітних процесів.

Мета роботи

Стаття присвячена дослідженню і порівнянню сучасних методів розпізнавання руху. З цією метою вирішуються наступні задачі:

1. Дослідження і аналіз сучасних методів розпізнавання руху.
2. Порівняння методів по області використання в різних задачах та по швидкодії для різних умов роботи.
3. Оцінка можливостей сучасних програмних і апаратних засобів для розв'язку прикладної задачі з розпізнавання руху.

Теоретичні відомості

Загальна інформація

Розрізняють два види розпізнавання руху:

1. Спостереження за певними відомими об'єктами, які рухаються у полі зору. Параметри, початкове положення і діапазон швидкості руху відомі заздалегідь. Такий вид розпізнавання руху називають *sparse-трекінгом*.
2. Спостереження за рухом узагалі будь-яких об'єктів у полі зору. Параметри, положення і швидкості руху об'єктів заздалегідь невідомі. Такий вид розпізнавання руху називають *dense-трекінгом*.

В обох випадках першочергова проблема полягає у розпізнаванні положення одного і того ж об'єкта в різних кадрах. Розпізнавання об'єкта базується на визначенні візуально виразних ключових точок (*Corner finding*) цього об'єкта і слідкуванні за ними, замість пошуку цілого об'єкта в кожному кадрі.

Пошук ключових точок

Найпоширеніше визначення ключових точок було запропоноване британськими вченими Крісом Гаррісом (*Chris Harris*) та Майком Стівенсом (*Mike Stephens*) у 1988 р. Це визначення базується на матриці похідних другого порядку від яскравості кожної точки зображення. Така матриця формує нове "зображення другого порядку" (*Second-derivative image*) або (інша назва) зображення Гесса (*Hessian image*). Цей термін базується на визначенні матриці Гесса навколо точки (*Hessian matrix*), яка у двовимірному просторі задається наступним чином:

$$H \approx \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 I}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \end{bmatrix},$$

де I – яскравість зображення у точці (x, y) .

Для визначення ключових точок використовується автокореляційна матриця (*autocorrelation matrix*) зображень другого порядку у невеликій зоні навколо кожної точки:

$$M(x, y) \approx \begin{bmatrix} \sum_{-K \leq i, j \leq K} w_{i,j} I_x^2(x+i, y+j) & \sum_{-K \leq i, j \leq K} w_{i,j} I_x(x+i, y+j) I_y(x+i, y+j) \\ \sum_{-K \leq i, j \leq K} w_{i,j} I_x(x+i, y+j) I_y(x+i, y+j) & \sum_{-K \leq i, j \leq K} w_{i,j} I_y^2(x+i, y+j) \end{bmatrix}$$

Ключовими точками є зони зображення, де автокореляційна матриця зображень другого порядку має два великих власних числа. Це означає, що у цій зоні присутні, як мінімум, два виразні контури, які направлені у різних напрямках і перетинаються в даній ключовій точці. Тобто, у цій точці знаходиться "кут" певного об'єкта.

Оптичний потік

Розрахунок оптичного потоку — це визначення математичної різниці (величини зсуву) між двома кадрами. Він використовується у алгоритмах dense-трекінгу для визначення усіх зон руху в кадрі. В найпростіших випадках цього достатньо для пошуку рухомих об'єктів. Проте, якщо уявити в кадрі вертикальний рух білого аркушу паперу, то розрахунок оптичного потоку не виявить рух середньої частини аркушу, яка залишається білою в наступних кадрах. Він покаже лише рух верхньої і нижньої сторін (два маленьких рухомих об'єкта замість одного великого). Та сама проблема виникає при спостереженні потоку машин. Різниця між кадрами показує загальну зону руху, але не виділяє в ній окремі машини.

Для виявлення руху окремих об'єктів у спільній зоні руху використовуються методи Лукаса-Кенета (*Lucas-Kanade*) і Хорна-Шанка (*Horn-Schunck*).

Метод Лукаса-Кенета

Метод Лукаса-Кенета базується на трьох припущеннях:

1. *Постійність яскравості.* Точки об'єкту не змінюють свою яскравість між кадрами в процесі руху.

$$f(x, t) \equiv I(x(t), t) = I(x(t+dt), t+dt)$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial t} = 0$$

2. *Неперервність часу.* Частота кадрів достатньо велика, щоб рух об'єкта від кадру до кадру був незначним. Для одновимірного

простору:

$$\underbrace{\frac{\partial I}{\partial x}}_{I_x} \underbrace{\left(\frac{\partial x}{\partial t} \right)}_v + \underbrace{\frac{\partial I}{\partial t}}_{I_t} = 0 \quad (1)$$

3. *Просторова когерентність.* Сусідні точки сцени належать одній поверхні, рухаються разом і проєктуються на сусідні точки зображення.

Для одновимірного простору рух кожної точки визначається через похідні від яскравості по координаті і по часу:

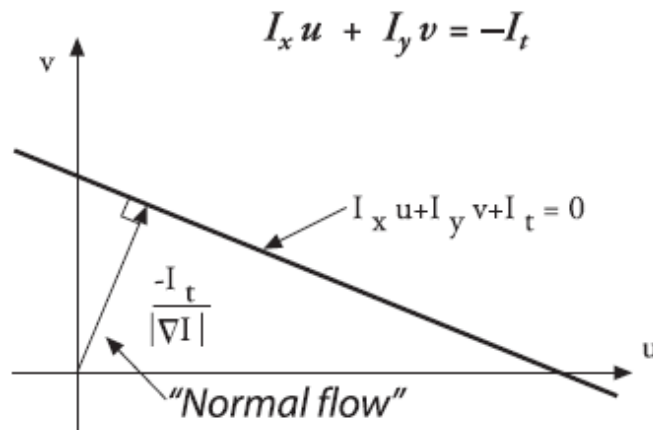
$$v = -\frac{I_t}{I_x},$$

де v – модуль вектора руху точки (x, y) , а I_t та I_x – значення похідних від яскравості в даній точці по часу і по координаті (визначені у формулі 1).

Для двовимірного простору розв'язується рівняння з двома невідомими:

$$I_x u + I_y v + I_t = 0$$

Із усіх розв'язків обирається один, який знаходиться на нормалі:



Метод Лукаса-Кенеда може застосовуватися також для sparse-трекінгу, оскільки його можна використати окремо для довільної сукупності точок зображення.

Метод Хорна-Шанка

Метод Хорна-Шанка також базується на принципі постійності яскравості і розв'язанні системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{1}{\partial} I_y \partial_x v_x \partial I_y v_y \partial I_t \cong 0$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial v_y}{\partial y} - \frac{1}{\partial} I_y \partial_x v_x \partial I_y v_y \partial I_t \cong 0$$

Змінна α - це ваговий коефіцієнт, збільшення якого згладжує вектори руху.

На відміну від метода Лукаса-Кенеда, метод Хорна-Шанка не можна застосувати для окремої ділянки зображення. Також він не підходить для вхідного потоку великої роздільної здатності через низьку швидкодію.

Висновки та результати роботи

Для порівняння методів розпізнавання руху була створена тестова програма із графічним інтерфейсом користувача, яка може зчитувати та аналізувати відеопотік у різних форматах і виділяти у ньому рухомі об'єкти. Програма ідентифікує кожен рухомий об'єкт і підраховує їх загальну кількість. Із деякими доопрацюваннями вона може використовуватися для статистичного аналізу транспортного потоку, підрахунку кількості випущеної продукції тощо.

В програмі було використано декілька методів розпізнавання руху, зокрема метод Лукаса-Кенеда, метод Хорна-Шанка та пірамідальний метод Лукаса-Кенеда. Були отримані наступні результати:

1. Метод Лукаса-Кенеда забезпечує найвищу швидкодію і велику точність обчислень для об'єктів, що рухаються із незначною швидкістю. Для великих швидкостей руху потрібно використовувати пірамідальний метод Лукаса-Кенеда.
2. Метод Хорна-Шанка має меншу швидкодію і точність, ніж метод Лукаса-Кенеда, але може застосовуватися у задачах dense-трекінгу для потоків з невеликою роздільною здатністю.
3. При використанні метода Лукаса-Кенеда серійний одноплатний комп'ютер на базі плати Intel D945GCLF2 забезпечував достатню швидкодію для аналізу в реальному часі відеопотоку із камери спостереження за транспортним потоком на трьохполосній автомагістралі.

Література

1. *G. Bradski, A. Kaehler. Learning OpenCV / O'Reilly Media, Inc., 2008.*
2. *B. D. Lucas, T. Kanade. An iterative image registration technique with an application to stereo vision // Proceedings of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop, 1981.– pp. 121–130.*
3. *B. K. P. Horn, B. G. Schunck. Determining optical flow // Artificial Intelligence 17, 1981.– pp. 185–203.*
4. *K. Fukunaga. Introduction to Statistical Pattern Recognition / Boston: Academic Press, 1990.*