

**МОДИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМУ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ КАМЕРИ****В.В. Кордюк, О.Ю. Лебедєва**Національний університет «Одеська політехніка»,  
пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: o.y.lebedieva@op.edu.ua,

Відеоаналіз – дуже необхідний інструмент у системах відеоспостереження з однією або великою кількістю камер. Серед найбільш перспективних функцій при цьому є відстеження переміщень об'єктів – трекінг. У роботі розглядається сучасний стан розробок в області трекінгу. Існує кілька типів трекінгу. Pixel tracking – це відстеження руху конкретної точки (пікселя) або групи точок на вихідній відеопослідовності. В результаті цього процесу виходить траєкторія руху пікселя, відповідного руху якогось об'єкта в кадрі. Matchmoving – це складний процес, який дозволяє за наявності відеопослідовності створити тривимірну сцену з цифровою камерою, яка в точності повторює рух реальної знімальної камери. Motion capture – це технологія, призначена для визначення позиції і орієнтації реального об'єкта в віртуальному середовищі, визначення позиції і орієнтації реального об'єкта в просторі здійснюється за допомогою спеціальних датчиків та маркерів. Кожен з означених типів трекінгу може використовуватися як сам по собі, так і бути частиною більш складних процесів. У роботі розроблено модифікацію алгоритму виявлення руху камери, який працює в області pixel tracking. Наводиться опис основних підходів до оцінки руху, а саме рекурсивні растрові алгоритми, алгоритми частотної області, алгоритми оптичного потоку та методи відповідності блоків. Наводяться актуальність роботи, її мета та задачі. В роботі описується спосіб розташування блоків в кадрі відеопослідовності, які використовуються для обчислення руху камери. В якості оцінки подоби блоків використовуються метрики подоби, а саме коефіцієнт кореляції. В роботі описуються кроки розробленої модифікації алгоритму виявлення руху камери. Наводяться результати роботи модифікації алгоритму виявлення руху камери. Результат роботи це показник візуальної якості трекінгу у вигляді 2d-зображення вектору руху камери.

**Ключові слова:** цифрова відеопослідовність, цифрове зображення, трекінг, метрики подоби, виявлення руху камери.

**Вступ**

Питання безпеки будинку, офісу, підприємства дуже актуальне у сучасному світі. У зв'язку з цим виникає життєва важлива потреба в охоронних підприємствах, службах безпеки та охоронцях. Але технічний прогрес не стоїть на місці, і на допомогу охоронцям надходить відеоспостереження. Системи відеоспостереження стають невід'ємною частиною охоронних комплексів. Завдяки таким системам охорона може своєчасно відреагувати на дії зловмисників та припинити їх. За останнє десятиліття відеоспостереження набуло широкого поширення і сьогодні залишилося мало об'єктів, не обладнаних системами відеоспостереження.

Від швидкого прогресу в технології автономних систем та засобів для відеоспостереження до більш повсякденних функцій допомоги оператору в сучасних системах безпеки, відеоспостереження майбутнього все більше покладається на досягнення в області комп'ютерного зору для більшої безпеки та зручності.

Досягнення в області комп'ютерного зору відіграють вирішальну роль у вирішенні проблем в системах безпеки все більш ефективними способами. Привабливість комп'ютерного зору для цих цілей передусім пов'язана з економічною ефективністю цих

технологій, а також із широким спектром застосувань, які може підтримувати комп'ютерний зір. Тому дана робота є актуальною.

*Метою* роботи є розробка модифікації алгоритму виявлення руху відеокамери шляхом аналізу чотирьох блоків у кожному кадрі відео.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Проаналізувати стан сучасних розробок в області трекінгу;
- Проаналізувати та виявити слабкі місця розробленого алгоритму виявлення руху відеокамери;
- Розробити основні кроки модифікації алгоритму виявлення руху відеокамери;
- Розробити програмний продукт для розробленої модифікації алгоритму виявлення руху відеокамери; провести експерименти, спрямовані на порівняння показника візуальної якості трекінгу.

Під показником візуальної якості трекінгу будемо розуміти 2D-зображення вектору руху камери.

### **Основна частина**

Відеоаналітика – технологія, що використовує методи комп'ютерного зору для автоматизованого отримання різних даних на підставі аналізу послідовності зображень, що надходять із відеокамер у режимі реального часу або з архівних записів. Відеоаналітика є програмним забезпеченням (ПЗ) для роботи з відеоконтентом. В основі програмного забезпечення лежить комплекс алгоритмів машинного зору, що дозволяють вести відеомоніторинг та проводити аналіз даних без прямої участі людини. Алгоритми відеоаналітики можуть бути інтегровані в різні бізнес-системи, які найчастіше використовуються у відеоспостереженні та інших сферах безпеки.

Відстеження відео – це процес виявлення об'єкта, що рухається, з часом за допомогою камери. Він має безліч застосувань, у тому числі: взаємодія людини з комп'ютером, безпека та спостереження, відеозв'язок і стиснення, доповнена реальність, управління трафіком, отримання медичних зображень і т. д. Відстеження відео може зайняти багато часу через велику кількість даних, що містяться у відео. Ще більше ускладнює ситуацію можлива необхідність використання методів розпізнавання об'єктів для відстеження, що є складним завданням.

Мета відстеження відео – пов'язати цільові об'єкти у послідовних відеокадрах. Асоціація може бути особливо складною, коли об'єкти швидко рухаються щодо частоти кадрів. Ще одна ситуація, що ускладнює проблему, - це коли об'єкт, що відстежується, з часом змінює орієнтацію. Для цих ситуацій системи відеоспостереження зазвичай використовують модель руху, яка описує, як зображення мети може змінитися при різних можливих рухах об'єкта.

Трекінгом називається визначення розташування об'єкта, що рухається в часі за допомогою камери. Алгоритм аналізує кадри відео і видає положення цільових об'єктів, що рухаються, відносно кадру.

Існує кілька типів трекінгу [1]:

- Pixel Tracking;
- Matchmoving;
- Motion Capture.

Кожен з типів трекінгу може використовуватися як сам по собі, так і бути частиною більш складних процесів.

Pixel Tracking – це відстеження руху конкретної точки (пікселя) на вихідному відео ряді. В результаті цього процесу виходить траєкторія руху пікселя, відповідного руху

якогось об'єкта в кадрі. Причому, в залежності від завдання можна відстежувати як одну точку, так і цілу групу точок.

Matchmoving (з англ. повторення руху) – це складний процес, який дозволяє за наявним відео-ряду створити тривимірну сцену з цифровою камерою, яка в точності повторює рух реальної знімальної камери.

Motion Capture (з англ. захоплення руху) – це технологія, призначена для визначення позиції і орієнтації реального об'єкта (наприклад, руки, голови або спеціального пристрою) в віртуальному середовищі. Визначення позиції і орієнтації реального об'єкта в просторі здійснюється за допомогою спеціальних датчиків та маркерів.

У різних публікаціях запропоновано такі підходи до оцінки руху: рекурсивні растрові алгоритми, алгоритми частотної області, алгоритми оптичного потоку та методи відповідності блоків.

Рекурсивні растрові алгоритми використовують ітеративне вдосконалення оцінки руху для окремих елементів растрових зображень, які виконуються градієнтними методами, для передбачення рекурсивного усунення кожного елемента растру від його сусідніх елементів. Ці алгоритми мають більшу обчислювальну складність і менше піддаються налаштуванню, тому їх важко використовувати в апаратних засобах.

Частотні методи оцінки руху застосовуються для глобальної оцінки руху кадру (Global Motion). Найбільш відомим із цих методів є фазовий метод кореляції на основі перетворення Фур'є. Існуючі алгоритми визначення глобального руху кадру використовуються як для стиснення, так і для обробки відеоматеріалів, наприклад, задачах побудови панорамного зображення або стабілізації відео з тремтіння кадру.

Алгоритми визначення глобального руху кадру можна розділити на три групи [2]:

- Алгоритми, які використовують особливі точки (Feature Points), наприклад, алгоритм 2D Ridge Motion;
- Алгоритми, які використовують вектори руху (Motion Vector);
- Алгоритм глобального пошуку.

Алгоритми з кожної групи мають характерні сильні і слабкі сторони. Так, застосування апарату особливих точок потребує значних тимчасових витрат на вибір спеціальних точок (Feature Points Selection) та на їх відстеження (Feature Points Tracking). Перевагою цих алгоритмів є висока надійність визначення зсувів.

Використання векторів руху (Motion Estimation) дає нижчу надійність визначення зсувів, ніж особливі точки. Але алгоритми визначення векторів руху мають велику перевагу – високу швидкість.

Під алгоритмами глобального пошуку розуміються алгоритми, що визначають глобальний рух по всьому кадру без застосування проміжних перетворень.

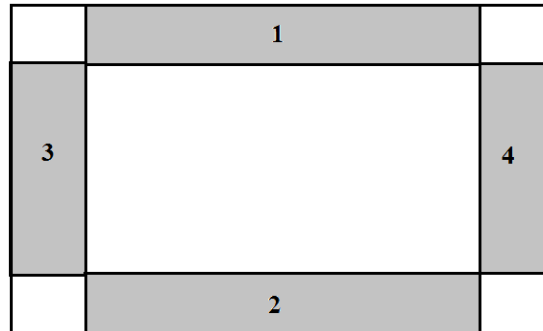
Алгоритми відповідності блоків оцінюють рух на підставі прямокутних блоків та обчислюють один вектор руху для кожного блоку. Ці алгоритми є найбільш підходящими для такої апаратної реалізації через їх продуману модифікацію і простоту.

Цифрове відео є впорядкованим набором зображень, або кадрами. Саме тому стосовно нього часто використовують термін відеопослідовність. При послідовному виведенні цих кадрів на екран створюється імітація «живого» зображення. Для здобуття злитого, плавного руху без ривків, використовується особливість людського зору. Людський зір володіє інертністю, тобто око продовжує бачити предмет ще деякий час після того, як предмет перемістився або зник з поля зору в інше місце. Таким чином, якщо змінювати кадри на екрані з достатньою швидкістю, людина бачитиме наступний кадр в той час, як попередній ще не потухнув остаточно.

Вважатимемо, що маємо відео, яку зняла цифрова відеокамера. Цифрове відео при обробці представлено набором кадрів. Кадрами є статичні зображення. Вважатимемо, що можна отримати будь-які кадри з відео. Отриманий кадр це зображення в моделі RGB.

Кожний кадр перетворюється до моделі YUV і в подальшому огляді ми будемо використовувати для аналізу тільки складову Y.

Нехай є відеопослідовність, що складається з безлічі кадрів  $F = F_1 \cup F_2 \dots \cup F_n$ , де  $n$  – кількість кадрів,  $F_i$  -  $i$ -ий кадр. Кожний кадр має розмір  $M \times N$ . Розглянемо два сусідніх кадру  $F_i$  та  $F_{i+1}$ . Кадр  $F_i$  розіб'ємо на чотири не пересічні блоки  $P^i = \{P_1^i, P_2^i, P_3^i, P_4^i\}$ , які розташуються по периметру кадру (рис. 1).



**Рис. 1.** Блоки периметру, що аналізуються

Тоді модифікація алгоритму виявлення руху відеокамери має наступні кроки:

1. Маємо відео  $V$ , яке складається з кадрів  $F_1, F_2, \dots, F_t$ . Нехай  $F_i$  – це  $i$  – кадр, цифрове зображення розміром  $n \times m$ .

2. Для кожної пари кадрів  $F_i$  та  $F_{i+1}$ :

2.1 Кадр  $F_i$  розіб'ємо на чотири блоки  $P^i = \{P_1^i, P_2^i, P_3^i, P_4^i\}$ , які розташуються по периметру кадру. Нехай  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_4, y_4)$  – координати лівої верхньої вершини блоків  $P^i$ . Нехай  $f$  – зміщення для пошуку.

2.2 Розбити кадр  $F_{i+1}$  на множину пересічних блоків  $S^{i+1} = \{s_1^{i+1}, \dots, s_q^{i+1}\}$ , для кожного з чотирьох блоків, починаючи с координати  $(x_i - f, y_i - f)$  до координати  $(x_i + f, y_i + f)$ , де  $(x_i, y_i)$  – координати лівої верхньої вершини блоку  $P_j^i$ .

2.3 Для кожної пари блоків  $P_j^i$  та  $s_k^{i+1}$  обчислити коефіцієнт метрики між двома блоками. Нехай  $mk_w$  – значення коефіцієнту метрики подібності для пари блоків  $P_j^i$  та  $s_k^{i+1}$ . Нехай після розглядання всієї множини пересічних блоків маємо послідовність значень коефіцієнту метрики подібності  $MK = \{mk_1, mk_2, \dots, mk_q\}$ .

2.4 Серед значень  $MK = \{mk_1, mk_2, \dots, mk_q\}$  знайдемо екстремум та координати лівої верхньої вершини блоку  $s_k^{i-1}$ , якому відповідає екстремум. Нехай ці координати є  $(x_r, y_r)$ , позначимо їх, як вектор руху як вектор руху блоку  $P_j$ ,  $\overline{v_j} = (-x_r, -y_r)$ .  $\overline{v_z} = (-x_r, -y_r)$ .

2.5 Аналізуємо отримані вектори для кожного блоку  $P^i = \{P_1^i, P_2^i, P_3^i, P_4^i\}$  на  $i$ -кадрі. Результатом аналізу є вектор руху  $\overline{v_z}$  між двома кадрами  $F_i$  та  $F_{i-1}$ .

3. Після проходження усіх кадрів маємо вектор руху камери для відео:  
 $\overline{v} = \{\overline{v}_1, \overline{v}_2, \dots, \overline{v}_i\}$ .

Для оцінки подоби блоків використовується метрика кореляція Пірсона. Кореляція обчислюється за формулою

$$Correlation = \frac{\sum_{ij} \left( Y_{ij} - \frac{1}{MN} \sum_{ij} Y_{ij} \right) \left( Y_{ij}' - \frac{1}{MN} \sum_{ij} Y_{ij}' \right)}{\sqrt{\sum_{ij} \left( Y_{ij} - \frac{1}{MN} \sum_{ij} Y_{ij} \right)^2 \cdot \sum_{ij} \left( Y_{ij}' - \frac{1}{MN} \sum_{ij} Y_{ij}' \right)^2}}$$

де  $Y_{ij}$  - значення яскравості пікселя k-го кадру, що перебуває на перетині i строки та j стовпця;

$Y_{ij}'$  - значення яскравості пікселя k-1 -го кадру, що перебуває на перетині i строки та j стовпця.

Коефіцієнт кореляції може приймати значення від мінус одного до плюс одного. При цьому негативний коефіцієнт кореляції дозволяє прийняти гіпотезу про наявність лінійного негативного зв'язку.

Зазвичай, кореляція цифрових зображень ґрунтується на максимізації коефіцієнта кореляції, який визначається інтенсивністю масиву розглянутих пікселів на двох і більше відповідних зображеннях.

Для проведення експериментів, спрямованих на оцінку ефективності розробленого алгоритму та порівняння показника візуальної якості трекінгу використовувалось 50 відеопослідовностей.

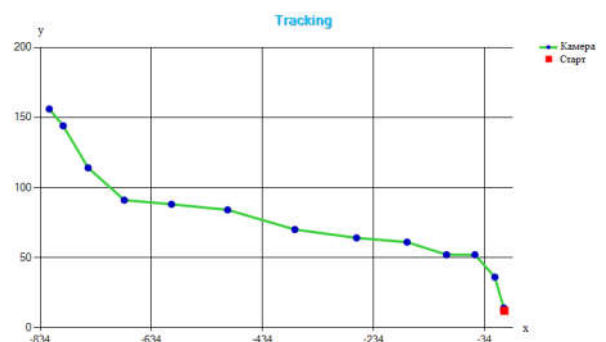
Під показником візуальної якості трекінгу розуміємо 2D-зображення вектору руху камери.

Для перевірки розробленої модифікації алгоритму виявлення руху відеокамери, здійсненої шляхом використання в алгоритмі коефіцієнта кореляції.

Експеримент проводився над відео з різним розташуванням камери: всередині або поза об'єктом руху. Приклади результатів з використанням коефіцієнту кореляції зображені на рис. 2.



Рис. 2а. Результати трекінгу



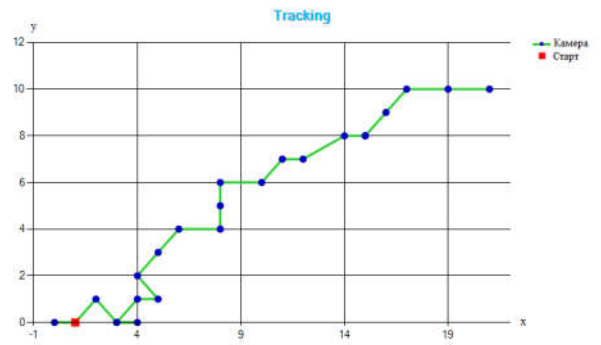


Рис. 26. Результати трекінгу

## Висновки

Проведено аналіз стану сучасних розробок в області трекінгу. Розглядалися підходи до оцінки руху. Розроблено модифікацію алгоритму виявлення руху відеокамери шляхом аналізу чотирьох блоків у кожному кадрі відео. У розробленій модифікації алгоритму виявлення руху відеокамери розглядались чотири блоку, що в сукупності складають периметр кадру, крім кутових блоків, що дозволяє обчислити рух камери, коли вона розташована в середині або на об'єкті, що рухається.

## Список літератури

1. Трекінг. URL: [http://maskedbrothers.ru/articles/tracking\\_basic](http://maskedbrothers.ru/articles/tracking_basic)
2. Буряченко В.В. Стабілізація відео для статичної сцени на базі модифіцированного метода соответствия блоков. *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева.* – 2012. – С. 10-15.

## MODIFICATIONS OF THE CAMERA MOTION DETECTION ALGORITHM

V.V. Kordyuk, O.Yu. Lebedieva

National Odessa Polytechnic University  
1, Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine, e-mail: o.y.lebedieva@op.edu.ua,

Video analysis is a very important tool in video surveillance systems with one or more cameras. Among the most promising features are tracking the movement of objects - tracking. The current state of development in the field of tracking is considered in the work. There are several types of tracking. Pixel Tracking is the tracking of the movement of a specific point (pixel) or group of points on the original video sequence. The result of this process is the trajectory of the pixel, corresponding to the movement of an object in the frame. Matchmoving is a complex process that allows you to create a three-dimensional scene with a digital camera based on the available video sequence, which exactly repeats the movement of a real camera. Motion Capture is a technology designed to determine the position and orientation of a real object in a virtual environment, determining the position and orientation of a real object in space is carried out using special sensors and markers. Each of these types of tracking can be used on its own or as part of more complex processes. The paper develops a modification of the camera motion detection algorithm, which works in the field of Pixel Tracking. The description of the main approaches to motion estimation is given, namely recursive raster algorithms, frequency domain algorithms, optical flow algorithms and block matching methods. The urgency of the work, its purpose and objectives are given. The paper describes a method of arranging blocks in a video sequence frame, which are used to calculate the movement of the camera. Similarity metrics are used to estimate the similarity of the blocks, namely the correlation coefficient. The paper describes the steps of the developed modification of the camera motion detection algorithm. The results of the modification of the camera motion detection algorithm are presented. The result of this work is an indicator of the visual quality of tracking in the form of a 2D image of the camera motion vector.

**Keywords:** digital video sequence, digital image, tracking, similarity metrics, camera motion detection.