

Ю. Іванов, Д. Пелешко, А. Ковальчук, М. Пелешко*
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних технологій видавничої справи
*Державний університет безпеки життєдіяльності

ПОШУК ТРАЄКТОРІЙ РУХОМИХ ОБ’ЄКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

© Іванов Ю., Пелешко Д., Ковальчук А., Пелешко М., 2012

З розвитком інформаційних технологій до систем відеоспостереження висуваються все нові завдання, які полягають у розробці алгоритмів оброблення відеоданих для автоматизованих режимів роботи систем. Це зумовлено двома потребами: зменшення людського фактора у процесах, які забезпечують відеонагляд та безпеку. Виявлення найбільшої кількості інформативних характеристик для забезпечення безпеки чи усунення наслідків несанкціонованого порушення безпеки. Розроблено алгоритм, що дає змогу здійснювати супровід і обчислювати кількість транспортних засобів у відеопослідовності.

Ключові слова: зображення, траєкторія руху, бінарна маска, ерозія, відео послідовність, відеоряд, математична морфологія, системи відеоспостереження.

With the development of information technologies to the surveillance systems are put forward new tasks that lie in the development of algorithms for automated processing videodanyh modes of operation of systems. This is due to two needs: reducing human factor in the processes which provide videonahlyad and security. Identifying the greatest quantity informatyvnyh characteristics for security or unauthorized removal of the consequences of a security breach. In this paper, the algorithm that provides the support and calculate the number of vehicles in the video sequence.

Key words: image trajectory, binary mask erosion, video sequence video series, mathematical morphology, CCTV.

Вступ

Системи відеоспостереження є одними із ключових елементів сучасних систем відеоспостереження. Якість їх роботи безпосередньо впливає на роботу систем захисту та організації безпеки.

Серед основних вимог, які висуваються до сучасних систем відеоспостереження, є інтелектуалізація. Її суть полягає у тому, що система повинна не лише фіксувати відеопотік, а і здійснювати задану цільову обробку. Технічними вимогами до цієї обробки є її функціонування у автоматичному (або автоматизованому) режимі реального часу. При цьому вплив оператора повинен бути мінімальним.

Вочевидь розробка таких систем вимагає розроблення нових методів групових методів. Контекст групового методу тут стосується процедури декомпозиції задачі системи відеоспостереження. Залежно від цільового призначення основне завдання системи розбивається на підзадачі, кожна з яких розв’язують власними методами, зазвичай штучного інтелекту або DataMinig. Виділення і розв’язання найбільш інтелектуально ємних підзадач є основною запорукою успішного розроблення систем відеонагляду.

Аналіз і супровід рухомих об’єктів є одним з ключових завдань сучасних систем відеоспостереження. Оскільки такі системи постійно удосконалюються, то для підвищення їх рівня інтелектуалізації та адекватності важливою є побудова нових і модернізація існуючих алгоритмів, що призначені для супроводу рухомих об’єктів у полі зору камер відеоспостереження. У цій публікації реалізовано алгоритм супроводу, що базується на побудові морфологічної моделі.

Постановка задачі

Основним завданням роботи є розроблення моделі для визначення траєкторії руху об'єктів у відеопослідовностях реального часу. Об'єктом дослідження виступають процес руху у відеорядах. Основним засобом дослідження є морфологічні методи теорії цифрового оброблення зображень [2].

Математична модель системи пошуку траєкторій рухомих об'єктів. Виділення передньопланових об'єктів і побудова бінарної маски кадру відеопослідовності відбувається шляхом визначення абсолютного значення різниці збережено попереднього кадру $B(x, y)$ відеопослідовності з наступним $I(x, y)$. Отримане значення різниці порівнюється з пороговим значенням δ . Якщо різниця $|B(x, y) - I(x, y)|$ перевищує порогове значення, то піксель бінарної маски приймається як передньоплановий, інакше – фоновий (рис. 1, б).

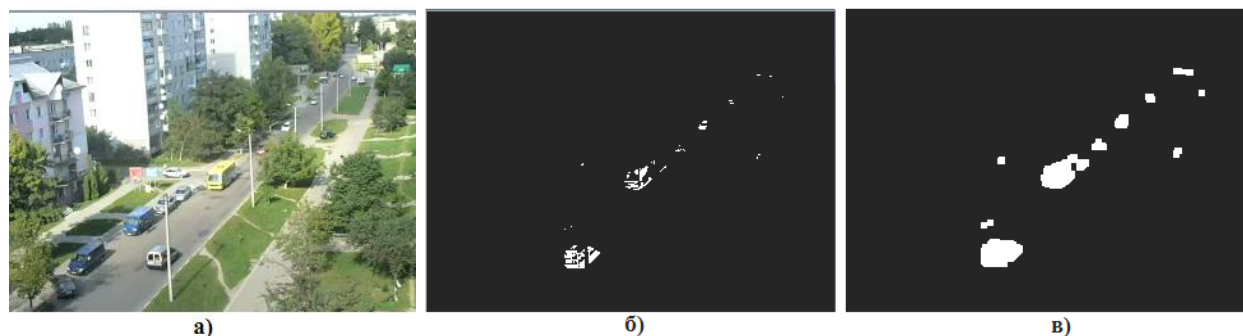


Рис. 1. Результат морфологічної обробки бінарної маски:
а – кадр відеопотоку; б – бінарна маска; в – морфологічна обробка бінарної маски

У практичній реалізації методологічна схема є такою.

Спочатку здійснюється мінімізація впливу шуму шляхом згладжування за допомогою фільтра Гауса з ядром розміром 3×3 кожного кадру відеопослідовності.

Надалі для початкового кадру відеопотоку приймаємо: $B_0 = I_0$, і для кожного наступного генеруємо бінарну маску $M_n(x)$, на якій нанесені усі пікселі, що належать рухомих об'єктам:

$$M_n(x) = \begin{cases} 1, & |I_n(x) - B_{n-1}(x)| > T; \\ 0, & |I_n(x) - B_{n-1}(x)| \leq T, \end{cases} \quad (1)$$

де T – порогове значення для виділення пікселя.

Для усіх пікселів кадру, що належать задньому плану, застосовуємо фільтр з нескінченним імпульсним відкликом:

$$B_n(x) = \begin{cases} B_{n-1}(x), & M_n(x) = 1; \\ \alpha I_n(x) + (1 - \alpha) B_{n-1}(x), & M_n(x) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де α – стала часу фільтра.

Пошук траєкторій рухомих об'єктів. До зображення бінарної маски послідовно застосовуються такі операції математичної морфології, як розширення та ерозія. Застосування цих операцій дає можливість згладити зображення. Структурним елементом для операцій розширення і ерозії є множина пікселів, які розташовані навколо опорного пікселя:

$$\begin{aligned} \delta_B(S) &= S \oplus B = \{s + b \mid s \in S; b \in B\}; \\ \varepsilon_B(S) &= S - B = \{B_h \subseteq S \mid h \in E\}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\delta_B(S)$ – розширення підмножини пікселів зображення S із структурним елементом B , $\varepsilon_B(S)$ – ерозія підмножини пікселів зображення S із структурним елементом B , E – дискретна площина, \mathbf{h} – вектор, що визначає позицію B на E , $B_h = \{b + h \mid b \in B\}$ перенесення елемента B вздовж вектора \mathbf{h} .

Коректний вибір конфігурації структурного елемента є для кожної відеопослідовності і окремих частин бінарної маски оптимізаційним завданням, і залежить від кількох умов та рекомендацій. Зокрема це такі:

- 1) бажано звільнити зображення бінарної маски від дефектів, наскільки це дають змогу зробити методи математичної морфології;
- 2) однією з основних умов є збереження топології представлених на зображенні маски об'єктів,
- 3) час опрацювання зображення повинен бути достатньо малим.

Приклад поетапного опрацювання кадру відеопослідовності за допомогою бінарної маски наведений на рис. 1.

Ініціалізація проводиться за першими двома кадрами відеопослідовності на основі принципу найближчого сусіда, тобто коли кожній точці траєкторії на наступних кадрах ставиться у відповідність найближча точка траєкторії на попередньому кадрі. Для будь-яких точок траєкторії можна визначити вектор різниці:

$$V_{i,t} = x_{i,t+1} - x_{i,t}, \quad (4)$$

де t – момент часу, коли спостерігається i -та точка траєкторії ($x_{i,t}$).

На основі різниці векторів, що входять і виходять з точки траєкторії $x_{i,t}$, можна визначити:

- гладкість напрямку у цій точці шляхом обчислення скалярного добутку цих векторів,
- гладкість швидкості на основі порівняння середньоарифметичного та середнього геометричного довжин цих векторів.

$$S_{i,k} = w \left(\frac{V_{i,t-1} \bullet V_{i,t}}{|V_{i,t-1}| |V_{i,t}|} \right) + (1-w) \left(\frac{2\sqrt{|V_{i,t-1}| |V_{i,t}|}}{|V_{i,t-1}| + |V_{i,t}|} \right), \quad (5)$$

де w – ваговий коефіцієнт, що приймається у межах від 0 до 1.

Алгоритм пошуку траєкторій. Алгоритм пошуку траєкторій на основі морфологічної моделі є таким:

КРОК 1. Створити k частин траєкторії за допомогою з'єднання найближчих сусідніх точок. Для першого кадру задати мітки вихідного масиву траєкторій. Для наступних кадрів присвоїти кожній траєкторії

$$T[i, t] = n, \quad (6)$$

де n – точка i -го об'єкта на кадрі t .

КРОК 2. Для усіх пар (i, k) визначити приріст гладкості. Циклічно виконувати обмін точок для досягнення максимального значення гладкості. Якщо обмін точок відбувся, то встановити прапорець обміну.

КРОК 3. Якщо на попередньому кроці відбувся обмін, то скинути прапорець обміну і повторити цикл.

Результати експериментів

Приклад роботи у програмній реалізації алгоритму наведено на рис.2. За еталонний приклад обрано аматорське відео. Основною мотивацією такого вибору було те, що така відеопослідовність буде не найкращої якості.

На наведеному рисунку у чорному прямокутнику визначаються траєкторії для відслідковування руху, але лише ті які є сутністю відеоспостереження. За розробленим алгоритмом відслідковуються траєкторії усіх рухомих об'єктів. Але частина їх відсівається як такі, що не потрапляють у список облікових. Цифри у цьому прямокутнику засвідчують кількість об'єктів, які рухались у зоні уваги за певною траєкторією.

Зона уваги (спостереження) визначається її прямокутними границями. Жодних обмежень на їх встановлення немає. Це означає, що зоною спостереження може бути увесь кадр відеопослідовності.

Обліковість траєкторії визначається напрямом і границями початку та кінця зони уваги. Тут допускаються будь-які варіації. В області чорного прямокутника на наведених рисунка кольоровими лініями із стрілками вказано обрані для обліку траєкторії.

Об'єкт вважається таким, який рухався за певною траєкторією, якщо він у визначеному напрямі перетнув обидві границі. Інакше він не облікується, а його траєкторія руху видаляється із списку облікових.

Траєкторія руху об'єкта, який пересік границю області спостереження, не відслідковується. І це незважаючи на те, що він продовжує рухатись.

За таких умов додатково з'являється можливість визначення ще однієї характеристики, а саме середньої швидкості руху об'єктів всередині зони спостереження. Хоча у цьому програмному рішенні визначення швидкості об'єктів не реалізоване, проте додати таку можливість не становить істотних труднощів.

Висновки

За заданих для обліку напрямів відслідковування робота алгоритму у реальному часі була безпомилковою. Експериментальне моделювання на інших аматорських відеоматеріалах також засвідчили успішне функціонування системи. Визначення залежності від освітленості та роботи алгоритму не проводили. Також не досліджували залежність ефективності роботи алгоритму від максимальної швидкості руху об'єктів всередині зони спостереження.

Програмна реалізація не містила жодних оптимізаційних процедур, що свідчить про певний запас швидкості у її фінальній реалізації.

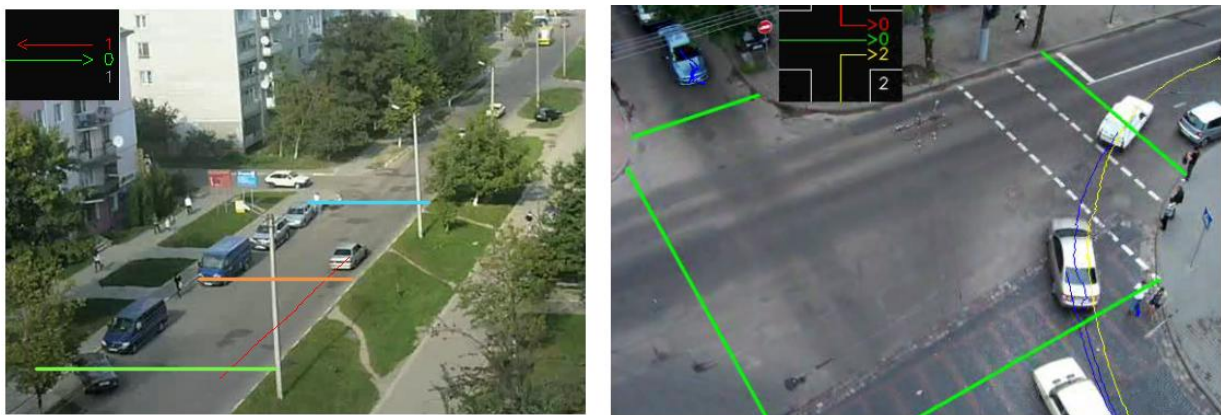


Рис. 2. Результат роботи алгоритму супроводу і обчислення кількості рухомих об'єктів

Запропонований метод визначення траєкторії рухомих об'єктів з достатньою точністю дає можливість визначати траєкторії рухомих об'єктів у відеопослідовностях. Водночас вимагається мінімальна кількість налаштувань, що спрощує використання на практиці програмно-апаратного рішення.

Достатня простота алгоритму забезпечує його повну реалізацію на апаратному рівні. Це, своєю чергою, дає можливість побудови програмно-апаратних, або повністю апаратних систем для розв'язання задач відеоспостереження у реальному часі.

1. Emilio Maggio, Andrea Cavallaro 'Object tracking. Theory and practice', A John Willey and Sons, Ltd. Publication, 2011. 2. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с. 3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 399 с. 4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.