

Д.Д. Пелешко, Ю.С. Іванов, Львів

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ КІЛЬКОСТІ І ОЦІНКИ РЕЖИМУ РУХУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕПУСКНИХ ПУНКТАХ

Abstract. We purpose an algorithm and software system that enables real-time analysis of videostreams from cameras at security checkpoints industrial facilities, to identify and compute the number of vehicles.

Вступ та постановка задачі

Автоматизація процесу аналізу кількості і оцінки режиму руху автотранспортних засобів на контрольно-перепускних пунктах є одним з важливих завдань, що ставляться до сучасних систем безпеки на основі відеоспостереження з використанням програмних засобів машинного зору. Одними з основних характеристик таких систем є правильність ідентифікації транспортного засобу (що є об'єктом інтересу), а також визначення його положення у кадрі в режимі реального часу. Незважаючи на те, що станом на сьогодні опубліковано багато наукових праць присвячених розробці алгоритмів обчислення кількості та аналізу напрямку руху автотранспортних засобів, переважна більшість з них призначені для використання в умовах шосейних автошляхів, на яких у полі зору камери відеоспостереження практично відсутні зміни швидкості і тимчасові зупинки рухомих об'єктів. Враховуючи це, такі алгоритми не можуть бути застосовані для правильності ідентифікації транспортних засобів на контрольно-перепускних пунктах.

Метою роботи є розробка алгоритму і програмної системи, що дає змогу в режимі реального часу аналізувати відеопотоки отримані з камер відеоспостереження, розміщених на контрольно-перепускних пунктах промислових об'єктів, виявляти, здійснювати супровід і обчислювати кількість автотранспортних засобів. Основною технічною вимогою до алгоритму є здатність враховувати зміну швидкості і часткові зупинки автотранспортних засобів в режимі реального часу.

В процесі роботи, система аналізує кадри зображення на наявність руху, створює бінарну маску кожного кадру на якому виявлено рух і аналізує положення і розміри кожного об'єкту. Створення бінарної маски виконано на основі адаптивного алгоритму виділення фону та застосування морфологічного фільтра для згладжування кадру із структурним елементом розміром 3. Це використовується для того, щоб отримати інформацію про наявність автотранспортних засобів. Далі для кожного сегментованого об'єкту, що є транспортним засобом відбувається побудова траєкторії руху і аналіз послідовності перетину траєкторією умовних ліній при в'їзді на територію або при виїзді.

Для отримання вхідного відеопотоку необхідно застосовувати плату апаратної компресії відеосигналу або IP-камеру, що мають вбудований апаратний детектор руху. Для реалізації системи використано плату компресії відео- та аудіо- сигналів моделі «DS-4004 HCI» виробництва «Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd». Цей пристрій має апаратний компресор відеосигналів стандарту H.264 та алгоритм декодування аудіосигналів «OggVorbis Audio» у реальному режимі часу (4CIF 25 кадрів/с PAL або 30 кадрів/с NTSC). Окрім того перевагою у використанні пристрою є такі функції як: динамічне налаштування бітрейту, контроль частоти кадрів, контроль режиму передачі кадрів, динамічний контроль якості зображення, контроль втрати сигналу, а також можливість задавати індивідуальні параметри для налаштування кожного з каналів декодування. Апаратний детектор руху пристрою «DS-4004 HCI» є незалежним від компресії відеопотоку. Його можна використовувати як при частоті 25 кадрів/с так і при інших нижчих частотах кадрів, які підтримує пристрій. При апаратному детектуванні руху кожен кадр поділяється на блоки розміром 32×32 пікселі. Завдяки використанню пристрою апаратної компресії відеосигналу і апаратного детектора руху, програмна система дасть змогу значно знизити використання системних ресурсів завдяки розвантаженню ЦП і тому, що стає відсутньою потреба аналізу кожного кадру відеопослідовності на наявність руху.

Важливим питанням є також розташування камери відеоспостереження. У даному випадку камера повинна бути розташована безпосередньо зверху від рухомих об'єктів. Висота розташування камери залежить від об'єктиву камери і від ширини в'їзду. При цьому розмір автотранспортних засобів повинен становити не менше 20-25% розміру кадру. Зображення кадру вхідного відеопотоку наведено на рис. 1(а).

Аналіз досліджень та публікацій

До методів супроводу рухомих об'єктів належать: методи, що базуються на моделі об'єктів, методи, що базуються на представленні об'єктів, методи, що використовують інформацію про контур та методи, що базуються на особливостях зображення.

Методи, що базуються на моделі об'єктів [1] використовують апріорну інформацію про форму типових об'єктів, що зустрічаються у кадрах відеопотоку. Визначення параметризованих моделей об'єктів дає змогу відслідковувати об'єкти, що частково перекриваються. Цей метод має високу обчислювальну складність і не дозволяє відслідковувати об'єкти, що не містяться у базі даних. Методи, що базуються на представленні об'єктів відслідковують зв'язані області, які приблизно відповідають зображенням об'єктів [2], [3]. Стратегія відслідковування оперує інформацією, що отримана для області загалом. Наприклад, такою інформацією може бути рух, колір або текстура. Методи, що використовують інформацію про контур переносять положення контуру об'єкту на наступні кадри і адаптують його

відповідно до положення об'єкту у кадрі [4]. Такий підхід має високу обчислювальну складність, а перенесення, пов'язані з деформаціями об'єкту, не можуть бути коректно оброблені. Одним з покращень даного методу є використання моделі деформованого об'єкту, як наприклад моделі активних контурів або сітки [5], [6]. Представлення об'єкту на основі контуру може зменшити обчислювальну складність алгоритму. Воно дає можливість відслідковувати жорсткі і деформовані об'єкти, але не має можливості відслідковувати об'єкти, що перекриваються. Щоб вирішити проблему часткового перекривання об'єктів можна застосовувати фільтр Калмана і вимірювання оптичного потоку [7]. Сітки також використовують для відслідковування об'єктів. Це представлення руху і форми об'єкту базується на припущенні, що початковий вигляд об'єкту можна визначити і рух об'єкту можна описати за допомогою кускового афінного перетворення.

До четвертої групи методів супроводу належать методи, що використовують особливості зображення об'єкту для відслідковування переміщення частин об'єкту. Таких методів розроблено декілька. Наприклад у методі, що наведений в [8] відслідковуються кути об'єктів.

Сегментація рухомих об'єктів. Побудова бінарної маски

Для виділення фону і рухомих об'єктів використовується метод біжучого середнього. Належність пікселя до фону або до рухомого об'єкту визначається на основі відхилення значення (яскравості) пікселя у поточному кадрі від його статистичної оцінки в моделі фону. При застосуванні методу біжучого середнього аналізується кожен піксель кадру відеопотоку. Модель фону складається з ймовірнісних моделей кожного пікселя кадру на основі нормального розподілу, що характеризується математичним очікуванням і дисперсією випадкової величини. Для кожного кадру відеопотоку виконується оновлення цих величин за виразами:

$$\begin{aligned}\mu_t &= \rho \cdot I_t + (1 - \rho) \cdot \mu_{t-1} \\ \sigma_t^2 &= \rho \cdot d^2 + (1 - \rho) \cdot \sigma_{t-1}^2 \\ d &= (I_t - \mu_t)^2\end{aligned}\tag{1}$$

де I_t – значення яскравості пікселя що аналізується; μ , σ^2 – значення математичного очікування і дисперсії Гаусового розподілу; ρ – ваговий коефіцієнт, що визначає швидкість оновлення (переважно приймається рівним 0.01); d – Евклідова відстань.

Значення інтенсивності кожного пікселя кадру оцінюється на належність до рухомого об'єкту за нерівністю:

$$|I_t - \mu_t| > k \sigma_t\tag{2}$$

де k – порогове значення (переважно приймається 2.5).

Якщо нерівність (2) виконується то піксель кадру з інтенсивністю I_t сегментується як передньоплановий, інакше – як піксель фону.

Також процес оновлення значення μ_t можна виконувати тільки для тих пікселів які класифікуються як фонові скориставшись замість нерівності (2)

виразом:

$$B_{t+1} = B_t + (\alpha_1 \cdot (1 - M_t) + \alpha_2 \cdot M_t) \cdot D_t \quad (3)$$

де B_t – модель фону у момент часу t ; D_t – різниця між поточним кадром і моделлю фону; M_t – бінарна маска; α_1, α_2 , – коефіцієнти, що залежать від швидкості зміни фону.

На етапі сегментації окремі пікселі бінарної маски M_t які були класифіковані як передньопланові необхідно об'єднати в регіони за допомогою морфологічної операції умовного нарощування. Структурним елементом S при цьому є вікно розміром 3. Позначимо через M_t^* результуюче зображення бінарної маски. Нехай $M_{t,0}^* = M_t^*$ і $M_{t,n}^* = (M_{t,n-1}^* \oplus S) \cap M_t^*$. Умовним нарощуванням M_t^* зображення структурним елементом S по відношенню до M_t є операція:

$$M_t^* \oplus_{M_t} S = M_{t,m}^* \quad (4)$$

де індекс m рівний найменшому значенню, при якому $M_{t,m}^* = M_{t,m-1}^*$.

Результати побудови бінарної маски і її обробки шляхом застосування операції умовного нарощування наведені на рис. 1(б) та рис. 1(в).

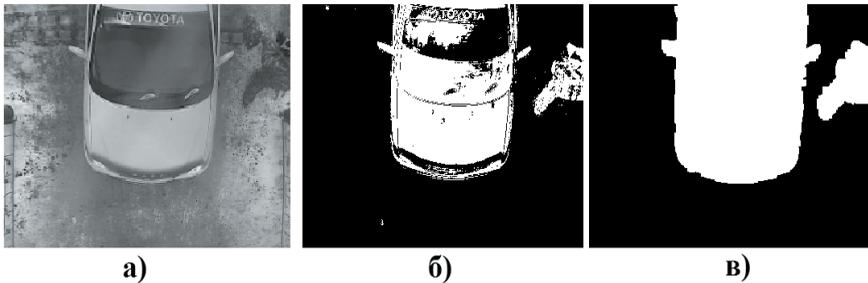


Рис. 1. Результат побудови бінарної маски: (а) – кадр відеопотоку, (б) – бінарна маска, (в) – застосування морфологічної операції умовного нарощування

Супровід рухомих об'єктів

Виділення сегментованих рухомих об'єктів, що представляють транспортні засоби виконано на основі обчислення зміни відношення площ кожного об'єкту на попередньому і поточному кадрах. Для обчислення площі рухомого об'єкту використано метод, що базується на ланцюгових кодах [9]:

$$A = \sum_{i=1}^n c_{ix} (y_{i-1} + \frac{1}{2} c_{iy}) \quad (5)$$

де n – довжина ланцюга, c_{ix}, c_{iy} – x та y -компоненти i -го елемента ланцюга c_i ($c_{ix}, c_{iy} \in \{1, 0, -1\}$), що вказують на зміну координат x та y ; y_{i-1} – y -координата початкової точки елемента ланцюга c_i у заданій системі координат.

Сегментований рухомий вважається виділеним, якщо відношення площі рухомого об'єкту на поточному кадрі до площі на попередньому не перевищує заданого порогового значення.

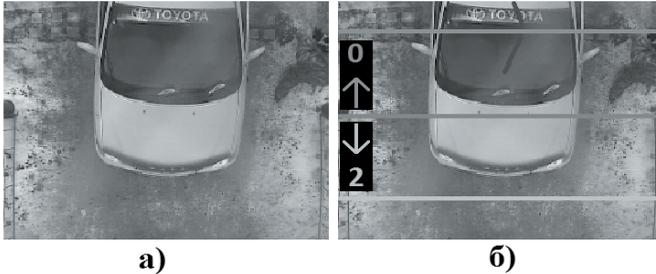


Рис.2. Результат обчислення кількості і визначення напрямку руху втомобілів: (а) – кадр відеопотоку, (б) - результат роботи алгоритму

Для супроводу рухомих об'єктів 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:

$$V_{i,t} = x_{i,t+1} - x_{i,t} \quad (6)$$

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 обчисливши скалярний добуток цих векторів, а також гладкість швидкості на основі порівняння середньоарифметичного та середньогометричного довжин цих векторів.

$$S_{i,k} = w \left(\frac{V_{i,t-1} \circ V_{i,t}}{|V_{i,t-1}| |V_{i,t}|} \right) + (1-w) \left(\frac{2\sqrt{|V_{i,t-1}| |V_{i,t}|}}{|V_{i,t-1}| + |V_{i,t}|} \right) \quad (7)$$

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

Результати експериментальних досліджень

Випробування програмної системи проводились на стенді, що максимально відтворює реальні умови відеоспостереження. Вхідний відеопотік складається із фрагментів що були записані з чотирьох камер відеоспостереження розмішених на контрольно-перепускних пунктах промислового об'єкту в різний час доби і за різних погодних умов. Сумарна тривалість відеопотоку - 10 годин. Джерело відеосигналу – стандартна камера відеоспостереження з аналоговим виходом PAL (704 x 576 x 12 кадрів/с). Налаштування алгоритму для усіх фрагментів тестової послідовності не змінювались. При заданих для обліку напрямках руху автотранспортних засобів робота алгоритму у реальному часі була безпомилковою. Розроблена програмна реалізація не містить жодних оптимізаційних процедур, що свідчить про певний запас швидкості у її фінальній реалізації.

1. D. Koller, K. Danilidis, and H. Nagel. Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes. *International Journal of Computer Vision*, 10-3, 1993. P.257-281.
2. T. Meier and K. Ngan. Automatic segmentation of moving objects for video object plane generation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, Issue: 5, 1998. P. 525- 538.
3. D. Wang. Unsupervised video segmentation based on watersheds and temporal tracking. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, Issue: 5, 1998. P. 539- 546.
4. C. Gu and M.-C. Lee. Semiautomatic segmentation and tracking of semantic video objects. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, Issue: 5, 1998. P. 572-584.
5. B. Gnsel, A. M. Tekalp, and P. J. van Beek. Content-based access to video objects: Temporal segmentation, visual summarization, and feature extraction. *Signal Processing*, Vol. 66, Issue 2, 1998, P. 261–280.
6. J.W. Zhao, P. Wang, and C.Q. Liu. An object tracking algorithm based on occlusion mesh model. In *Proceedings of International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, November 4-5, 2002, Beijing, China, Vol.4, P.: 0_1- 0_23.
7. N. Peterfreund. Robust tracking of position and velocity with Kalman snakes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.: 21 , Issue: 6, 1998. P.: 564- 569.
8. D. Beymer, P. McLauchlan, B. Coifman, and J. Malik. A real-time computer vision system for measuring traffic parameters. In *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 17-19 Jun 1997, San Juan, Puerto Rico, P.: 495- 501.
9. Luren Yang, Fritz Albrechtsen. Methods to estimate areas and perimeters of blob-like objects: a comparison. *IAPR Workshop on Machine Vision Applications Dec. 13-15, 1994*, Kawasaki, P.: 272- 276.

Поступила 18.02.2013г.

УДК 007:681.512.2

Ю.Р. Валькман, г.Киев

СЕМИОЗИС В КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССАХ

В работе показано, что семиотика и семиозис во многом имеют когнитивный характер. Обосновано, что знаки должны быть интерпретированы, чтобы быть знаками. Рассмотрена классификация знаков с ориентацией на построение схем семиозиса. С помощью этих схем производится интерпретация знаков. Исследованы принципы построения схем семиозиса с целью построения формального аппарата для реализации, далее, компьютерных технологий образного мышления.