

В. О. КОЛБАСІН, канд. техн. наук, доц. каф. САіУ, НТУ «ХПІ»;
А. А. ГАРЬКУША, магістрант каф. САіУ, НТУ «ХПІ»

МЕТОД ВИДІЛЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА НЕСТАБІЛІЗОВАНОМУ ВІДЕОЗОБРАЖЕННІ

Запропоновано метод виділення об'єктів, що рухаються, у нестабілізованому відеозображенні, заснований на використанні вирахування послідовних кадрів. Метод передбачає виконання стабілізації зображення, виділення областей руху й власне об'єктів, що рухаються. За рахунок використання однієї й тієї ж матриці міжкадрової різниці при стабілізації та виділенні об'єктів, що рухаються, зменшено час обробки даних.

Предложен метод выделения движущихся объектов в нестабилизированном видеоизображении, основанный на использовании вычитания последовательных кадров. Метод предполагает выполнение стабилизации изображения, выделение областей движения и собственно движущихся объектов. За счет использования одной и той же матрицы межкадровой разницы при стабилизации и выделении объектов достигается уменьшение времени обработки данных.

The method for distinguishing moving objects in unstabilized video based on frame subtraction techniques was proposed. It includes several stages: image stabilization, motion areas detection and moving objects selection. Due to using the same matrix of interframe difference in stabilization and motion object detection stages time of data processing was reduced.

Вступ. Відеоспостереження почало розвиватися як простий охоронний телевізійний контроль. Першу пропозицію про контроль над громадським порядком у публічних місцях запропонувала поліція США в 1965 році і вже у 1969 році охоронні камери були встановлені в будівлі Нью-Йоркського муніципалітету біля мерії. Ця практика швидко поширилася на інші міста, і за допомогою систем телевізійного відеоспостереження співробітники поліції вели постійне спостереження за порядком.

Однак системи спостереження того часу мали серйозні недоліки. По перше, було необхідно вчасно міняти плівки, на які виконувався запис, бо через певний проміжок часу вони зношувалися. По друге, було дуже складно виконувати пошук потрібних фрагментів і при багаторазовому перегляді плівки вона також робилася непридатною для подальшого використання.

З появою цифрових засобів відео спостереження проблему зношування плівок для запису було якоюсь мірою вирішено, але не вирішеною залишається проблема аналізу величезного об'єму інформації, отриманої у результаті відеоспостереження. Зазвичай оператор має переглядати ділянки запису, на яких об'єкт входить до зони спостереження, або виходить з неї, і оператор має визначити характеристики об'єкту – чи є він шуканим, небезпечним та чи порушує він певні правила. Розвиток методів автоматичного розпізнавання зробив можливим створення систем, які порівнюють зображення людей на відеозображенні з фотографіями шуканих

осіб – відомих терористів або злочинців. Але для використання цих методів потрібно виділити об'єкт, який рухається, і тому проблема виділення рухомих об'єктів на відеозображенні у режимі реального часу в умовах дії різного роду перешкод залишається актуальною.

Треба зазначити, що у якості перешкод можуть виступати як фактори, що спотворюють лише зображення об'єкта, що рухається, так і фактори, які спотворюють усе зображення в цілому. До останньої групи факторів для значної групи систем відеоспостереження, яка зокрема включає системи спостереження за рухом транспорту, відноситься коливання камери. Одночасний рух камери і об'єкту спостереження суттєво ускладнює процес виділення рухомого об'єкту і погіршує результати ідентифікації об'єкту. Тому дана робота присвячена вирішенню задачі виявлення рухомого об'єкту при використанні камери спостереження без апаратної стабілізації.

Виділення рухомих об'єктів на зображенні. Зазвичай для детекції руху та виділення рухомих об'єктів використовується метод міжкадрової різниці [1, 2]. Суть даного методу полягає в наступному. Припустимо, що параметри і положення камери, так само як і освітлення не змінюються протягом двох послідовних кадрів. Тоді кадри можуть відрізнитися тільки за рахунок руху об'єктів у кадрі. Отже, проаналізувавши зміни зображення між сусідніми кадрами можна визначити наявність руху й оцінити характеристики об'єктів, що рухаються.

Зазвичай у якості міри зміни зображення між двома кадрами $S1$ і $S2$ використовується матриця міжкадрової різниці P , яка знаходиться як

$$P_{i,j} = |S1_{i,j} - S2_{i,j}|, \quad i = \overline{1, W}, j = \overline{1, H} \quad (1)$$

де W , H – ширина та висота кадру.

Якщо група пікселів відповідає нерухомому елементу, то для них значення елементів P буде дорівнювати або буде наближено до нуля. Якщо ж у деякій області відбувається рух, у кадрі пікселі об'єкта заміщуються пікселями заднього фону і навпаки. За рахунок цього значення відповідних елементів матриці міжкадрової різниці P буде значно більше нуля.

Далі визначаються межі прямокутних областей, що містять достатню кількість точок міжкадрової різниці, значення яких більше граничного значення T , та не стикаються одна одної. Ці області попередньо розглядаються як межі об'єктів. Вибираючи різні значення порогу T , можна зробити метод більш або менш чутливим до впливу цифрового шуму та руху малих предметів, таких як листя або птахи. З урахуванням апріорного знання про розміри об'єктів інтересу частина виділених областей відсікається, а частина – об'єднується.

Для уточнення параметрів руху об'єкту та його зображення інформація по виділених зонах може бути усереднена по послідовності кадрів. Також

усереднення може бути використане для захисту від артефактів – помилково визначених об'єктів.

Приклад роботи даного методу представлений на рисунку нижче.



Два сусідніх кадри вихідного відеозображення в градації яскравості (а, б) та інвертована матриця міжкадрової різниці між ними (в)

Але цей метод може бути використаний лише тоді, коли матриця міжкадрової різниці P залежить виключно від руху об'єктів у кадрі. Якщо ж камера коливається або змінюється освітлення, елементи матриці P можуть бути більшими за нуль для елементів, що відповідають нерухомим об'єктам. У цьому випадку потрібно виконати компенсацію зміни освітлення або попередню стабілізацію зображення.

Стабілізація відеозображення. Для стабілізації послідовності кадрів відеозображення потрібно знайти траєкторію руху камери і зсунути зображення на кадрах у відповідності до руху камери так, щоб статичні нерухомі об'єкти на відеозображенні були в одній і тій же позиції. Якщо припустити що кадр S_1 було знято у правильному положенні камери, то для стабілізації кадру S_2 треба знайти такі значення зсуву зображення dx, dy , щоб різниця між цими кадрами була найменшою

$$(dx, dy) = \arg \min_{\substack{dx=-MW, MW \\ dy=-MH, MH}} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H v_{i,j} \cdot |S1_{i,j} - S2_{i+dx, j+dy}|, \quad (2)$$

де MW, MH – розміри інтервалів пошуку;

$v_{i,j}$ – вагові коефіцієнти, $v_{i,j} \in [0,1]$.

Вагові коефіцієнти можуть бути використані у разі, якщо певна частина кадру зазвичай зайнята рухомими об'єктами і її не треба використовувати для прив'язки кадру під час стабілізації зображення. Такою ділянкою кадру може бути листя на дереві, або сильно завантажена автомобільним потоком частина траси. Для подібних ділянок коефіцієнти $v_{i,j}$ мають бути близькими до 0, а для ділянок, де знаходяться нерухомі об'єкти – близькими до 1.

Після знаходження значень зсуву, треба змістити зображення на кадрі S_2 протилежно напрямку зсуву, тобто на $-dx, -dy$ пікселів. Порожні межі

кадру, що виникли у результаті зсуву зображення можуть бути заповнені різним чином, у залежності від характеру відеозображення, що стабілізується.

Реалізація виділення рухомих об'єктів з попередньою стабілізацією.

У випадку, коли камера коливається, перед пошуком рухомих об'єктів на відеозображенні потрібно виконати стабілізацію відео. Але незалежно виконання стабілізації та пошуку відео потребує значних обчислювальних ресурсів. Якщо поглянути на формули (1) та (2) можна побачити, що як стабілізація, так і пошук рухомих об'єктів використовують ту саму міжкадрову різницю. На підґрунті цього у даній роботі пропонується наступний алгоритм спільного виділення рухомих об'єктів та стабілізації відеозображення.

На першому етапі обчислюється зображення кадру у градаціях яскравості за формулою

$$c_{i,j} = 0.3 \cdot r_{i,j} + 0.59 \cdot g_{i,j} + 0.11 \cdot b_{i,j}, \quad (3)$$

де $r_{i,j}, g_{i,j}, b_{i,j}$ – значення червоного, зеленого та синього каналів зображення пікселя з координатами i, j ;

$c_{i,j}$ – значення яскравості пікселя з координатами i, j .

Це перетворення дозволяє зменшити об'єм даних, що обробляються, без суттєвої втрати ефективності.

На другому етапі виконується стабілізація відеозображення. Для пришвидшення цього процесу використовується пірамідальний принцип обробки зображень [3]. Відповідно до нього спочатку пошук зсуву виконується для зменшених кадрів, а потім уточнюється для збільшених кадрів. Враховуючи те, що камери спостереження можуть коливатися у відносно малому діапазоні, та відносно малий розмір кадрів у даній роботі пошук зсуву виконується на основі зменшених у 4 та 2 рази кадрів та вихідного повнорозмірного кадру. Відповідно до ступеню зменшення кадру, зменшуються і розміри інтервалів пошуку MW, MH .

При виконанні уточнення величини зсуву для кожного розміру зображення формується і запам'ятовується матриця міжкадрової різниці. При знаходженні поточного мінімуму міжкадрової різниці разом з ним запам'ятовується і матриця міжкадрової різниці. Таким чином після знаходження параметрів зсуву набір матриць міжкадрової різниці для кожного з розмірів кадру виявляється вже обчисленим і може бути використаний на подальших етапах.

На третьому етапі на основі обчисленої матриці міжкадрової різниці виконується пошук ділянок областей зображення, що відповідають рухомим об'єктам. Для цього вибираються точка матриці міжкадрової різниці, значення яких більше порога T і виконується групування дотичних до неї точок, значення яких також більше порога. У якості меж ділянки використовується прямокутник, який включає в себе усі точки групи.

Далі на основі апріорної інформації о розмірах об'єктів відкидаються або приєднуються до інших ділянки об'єкти малого розміру.

Заключним етапом у процесі виділення об'єкта є знаходження його в областях руху. Для цього необхідно відокремити в області групу пікселів, які є елементами фону, від групи пікселів, які є елементами об'єкта. У якості маски об'єкту може бути використаний фрагмент матриці міжкадрової різниці, після використання над його елементами граничної функції

$$Th(x) = \begin{cases} 0, & x < T \\ 1, & x \geq T \end{cases} \quad (4)$$

Але якщо декілька об'єктів розташовані близько один до одного, вони можуть переплутатись. Тому необхідно перевірити, якому з рухомих об'єктів відповідає кожна ділянка руху. Для цього з використанням отриманого раніше набору зменшених зображень для кожної ділянки руху виконується пошук якої з знайдених для попереднього кадру ділянок вона відповідає. Пошук починається з найближчої ділянки руху і закінчується у разі, якщо відповідна різниця між ділянками буде менше порогу.

Якщо виконати дану процедуру для всіх кадрів, то можна буде виділити групу об'єктів, які рухалися за час зйомки, а також визначити час руху, а при деяких відомих даних, визначити швидкість і форми об'єктів.

Висновки. Запропонована реалізація дозволяє зменшити затрати обчислювальних ресурсів для пошуку об'єктів, що рухаються, у разі використання камери без стабілізації, і забезпечує обробку даних з чотирьох камер спостереження у режимі реального часу. Якість виділення об'єктів є задовільною і для її покращення можна використовувати більш складні методи аналізу ділянок руху. В цілому запропонований метод може бути використаний для створення систем відеоспостереження, зокрема для систем спостереження за рухом на автошляхах.

Список літератури: 1. Wang L. Recent developments in human motion analysis / L. Wang, W. Hu, T. Tan // Pattern Recognition. – 2003. – Vol. 36, № 3. – P. 585–601. 2. Haritaoglu I. W4: A Real-Time System for Detecting and Tracking People / I. Haritaoglu, D. Harwood, L.S. Davis // Lecture Notes in Computer Science. Computer Vision and Pattern Recognition. – 1998. – P. 962–967. 3. Adelson E. H. Pyramid methods in image processing / E. H. Adelson, C. H. Anderson, J. R. Bergen, P. J. Burt, J. M. Ogden // RCA Engineer. – 1984. – № 29-6. – P. 33-41.

Надійшла до редколегії 20.05.2011