

DOI: [10.18372/2225-5036.25.13842](https://doi.org/10.18372/2225-5036.25.13842)

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ОБРАЗІВ В СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Руслан Грищук, Ігор Гуменюк, Володимир Охрімчук

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Україна



ГРИЩУК Руслан Валентинович, д.т.н., професор

Рік та місце народження: 1981 рік, с. Піщаниця, Овруцький р-н, Житомирська обл., Україна.
Освіта: Житомирський військовий інститут радіоелектроніки імені С. П. Корольова, 2003 рік, слухач Національного університету оборони України імені Івана Черняховського, 2019 рік.
Посада: начальник кафедри захисту інформації та кібербезпеки Житомирського військового інституту імені С. П. Корольова з 2019 року.
Наукові інтереси: інформаційна та кібернетична безпека держави.
Публікації: більше 200 наукових публікацій, серед яких монографії, підручники, навчальні посібники, наукові статті та патенти на винаходи.
E-mail: Dr.Hry@i.ua.
Orcid ID: 0000-0001-9985-8477.



ГУМЕНЮК Ігор Володимирович, к.т.н.

Рік та місце народження: 1988 рік, смт. Іванопіль, Чуднівський р-н, Житомирська обл., Україна.
Освіта: Житомирський військовий інститут Національного авіаційного університету, 2010 рік.
Посада: старший викладач кафедри захисту інформації та кібербезпеки Житомирського військового інституту імені С. П. Корольова з 2018 року.
Наукові інтереси: комп'ютерні мережі та компоненти, технічний захист інформації.
Публікації: більше 30 наукових публікацій, серед яких наукові статті, матеріали та тези доповідей на конференціях, патенти на корисні моделі.
E-mail: ig_gum@ukr.net.
Orcid ID: 0000-0001-5853-3238.



ОХРИМЧУК Володимир Васильович

Рік та місце народження: 1984 рік, м. Житомир, Україна.
Освіта: Житомирський військовий інститут радіоелектроніки імені С. П. Корольова, 2006 рік.
Посада: старший викладач кафедри захисту інформації та кібербезпеки Житомирського військового інституту імені С. П. Корольова з 2019 року.
Наукові інтереси: інформаційна та кібернетична безпека держави.
Публікації: більше 20 наукових публікацій, серед яких наукові статті, матеріали та тези доповідей на конференціях, патент на корисну модель.
E-mail: okhrimchuk84@ukr.net.
Orcid ID: 0000-0001-7518-9993.

Анотація. Встановлено, що ефективність функціонування об'єктів критичної інфраструктури суттєво залежить від високого рівня інформатизації систем відеоспостереження. Разом з тим постійне удосконалення технічного оснащення даних систем вимагає створення нових та удосконалення існуючих методів виявлення рухів на відеозображенні. Одним із перспективних підходів вважається розроблення методів виявлення рухів на статичному фоні зображення в інтелектуальних системах відеоспостереження. Своєчасне виявлення несанкціонованого доступу на територію об'єктів критичної інфраструктури є необхідною складовою забезпечення високої стійкості та надійності їх функціонування, особливо, в умовах загрози скоєння терористичних актів та обумовлює необхідність розроблення методів виявлення рухів та несанкціонованого доступу на режимну територію. З цією метою у статті запропоновано метод ідентифікації динамічних образів, в основу якого покладено алгоритм віднімання фону. Наведено результати верифікації методу для різних типів кореляційного виділення, їх порівняльні характеристики, проаналізовано переваги та недоліки. Показано, що застосування запропонованого методу дозволяє оперативно виявляти факти проникнення на режимну територію об'єктів критичної інфраструктури та своєчасно запобігати несанкціонованій доступ до них в умовах відсутності засобів детекції руху.

Ключові слова: динамічний образ; відеоспостереження; об'єкт критичної інфраструктури; ідентифікація; несанкціонований доступ.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями

Об'єкти критичної інфраструктури держави завжди були, є і будуть цілком з боку терористичних та екстремістських організацій [1]. До них завжди привертала увагу усіх спецслужб світу та інших силових структур. Прикладом тому є скоординовані серії нападів біля "Стад де Франс" (листопад 2015 року, Франція); вибух у мечеті Бадр (березень 2015 року, Ємен); вибух у момент проходження автоколонни, що перевозила військовослужбовців у центрі міста Анкара (лютий 2016 року, Туреччина); вибухи в аеропорті Брюсселя та метрополітені на станції "Малбек" (березень 2016 року, Бельгія); теракт на території левошища Атаюрка (червень 2016 року, Туреччина); вибух пристрою у фойє концертного залу (травень 2017 року, Лондон).

В Україні в умовах складної та недостатньо стабільної політико-економічної ситуації такі випадки також мають місце. Наприклад, вибух на газопроводі "Уренгой-Ужгород" (червень 2014 року, Полтавська область); вибух біля будівлі представництва президента України у Криму (вересень 2015 року, Херсон); вибух біля будинку волонтерських організацій і штабу місцевої самооборони (травень 2017 року, Одеса); серія вибухів на військових складах боєприпасів 65-ї бази зберігання у Балаклії (березень 2017 року, Харківська область); займання на стратегічних складах боєприпасів 48-го арсеналу Збройних Сил України під Калинівною (вересень 2017 року, Вінницька область). Тому в умовах, що склалися актуальним є модернізація існуючих технологій захисту та охорони об'єктів критичної інфраструктури від несанкціонованого доступу. Одним з перспективних напрямів технічного захисту інформації на об'єктах критичної інфраструктури на сьогодні є використання інтелектуальних систем захисту інформації, які реалізують функції відеоспостереження. Однак, не зважаючи на інтелектуалізацію процесів в таких системах, рівень вимог щодо оперативності обробки зображень й надалі зростає. Це обумовлено потребою, в першу чергу, своєчасного виявлення несанкціонованого доступу на режимну територію об'єктів критичної інфраструктури у разі відсутності інших додаткових систем захисту, наприклад детекторів руху. Саме тому для підвищення стійкості та надійності їх функціонування достатньо актуальним є наукове завдання, яке полягає в ідентифікації руху в інтелектуальних системах відеоспостереження.

Виходячи з даних передумов, сформульовано мету даної статті, яка полягає у розробленні методу ідентифікації динамічних образів в системах відеоспостереження об'єктів критичної інфраструктури і його застосування при вирішенні завдань своєчасного виявлення несанкціонованого доступу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогодні вже розроблено й реалізовано ряд методів ідентифікації динамічних образів систем відеоспостереження. Наприклад, у [2] описано метод визначення областей змін на зображенні та детекції руху у стиснутому відеопотоці; у [3] запропоновано

алгоритм віднімання фону з використанням блокових класифікаторів для сегментування відео на передній та фоновий план, за допомогою машинного навчання здійснюється виявлення найінформативніших ознак для кожного конкретного блоку; у [4] запропоновано підхід до виявлення та фіксації рухомих об'єктів на відеозображенні, що ґрунтується на використанні на обчислень та детекції контурів динамічних об'єктів; у [5] запропоновано модифіковані методи класифікації та ведення рухомої цілі на основі гістограмних оцінок та метод ідентифікації рухомих точок на відео на основі міжкадрової різниці; у [6] встановлено функціональну можливість застосування систем відеоспостереження у якості охоронних систем, на підставі чого зроблено висновок про можливість використання систем відеоспостереження для запобігання витоку інформації матеріально-речовим каналом; у [7] на основі аналізу відомих методів виявлення рухомих об'єктів запропоновано адаптивний до дестабілізуючих факторів алгоритм виявлення, що ґрунтується на паралельному використанні двох методів: методу віднімання фону та методу міжкадрової різниці, а також наведено результати його моделювання; у [8] подано результати огляду існуючих систем інтелектуального оброблення відеоданих в системах охоронного відеонагляду, зокрема, представлений опис та аналіз двох алгоритмів детекторів руху, що базуються на міжкадровій різниці.

Таким чином, як видно з аналізу проведених джерел для вирішення завдань виявлення динамічних образів розроблено достатню кількість методів, однак для забезпечення своєчасного виявлення несанкціонованого доступу на режимну територію об'єктів критичної інфраструктури жодного.

Викладення основного матеріалу дослідження

Нехай для типової системи відеоспостереження послідовності кадрів I_1, I_2, \dots, I_N вхідного відеопотоку (рис. 1 а):

$$I_k = \{I_k(x, y), 0 \leq x < \text{width}, 0 \leq y < \text{height}\}, k = \overline{1, N}; \quad (1)$$

де width - ширина, height - висота кадру; $I_k(x, y)$ - у загальному вигляді вектор інтенсивності пікселя (x, y) фіксованої розмірності; необхідно визначити сукупність областей відеозображення для кожного кадру послідовності $\{I_k\}$, у яких відбуваються зміни динаміки одного та більше об'єктів, тобто:

$$M_k(x, y) = \begin{cases} 255, & (x, y) - \text{піксель об'єкта} \\ 0, & (x, y) - \text{піксель фону} \end{cases}, k = \overline{1, N}. \quad (2)$$

У результаті оброблення відеопотоку необхідно сформулювати послідовність бінарних зображень, в яких білим пікселям (інтенсивність рівна 255) відповідають пікселі, що належать рухомих об'єктам, а чорні (інтенсивність 0) - пікселям фону. В основу дослідження розробленого методу покладено відомий блоковий алгоритм [9]. При цьому прийнято при одноканальному відеопотоці розмірність $I_k(x, y)$ рівною 1.

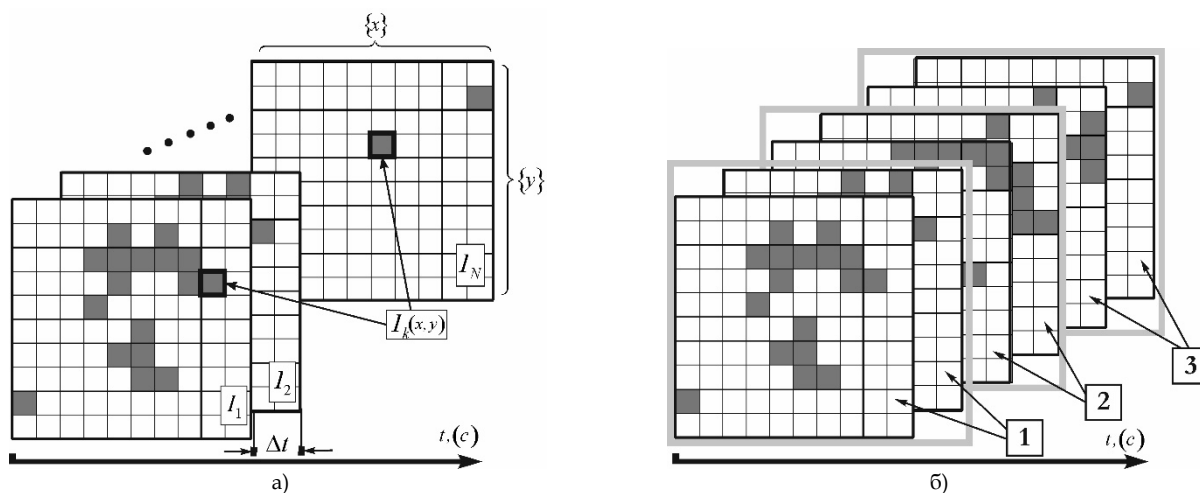


Рис. 1. Відеопотік системи відеоспостереження: а) розкадрований; б) розбитий на пари кадрів

Якщо вихідне зображення задано у форматі RGB, розмірність вектору $I_k(x, y) = 3$ (кожна компонента визначає інтенсивність пікселя відповідного каналу).

Завдання визначення руху (областей руху) на сукупності послідовних кадрів розглядається в умовах нерухомості камери відносно постійного фону, яке, як правило, виникає при розробці охоронних систем спостереження для виявлення несанкціонованого доступу на територію закритого об'єкту.

Найефективніший підхід рішення такого завдання полягає у використанні механізму віднімання фону кадру відеопотоку (**background subtraction**) [10, 11]. Процедура передбачає, що для послідовності вхідного відеопотоку побудована математична модель фону:

$$F = \{F(x, y), 0 \leq x < \text{width}, 0 \leq y < \text{height}\}. \quad (3)$$

Для монохромного (**grayscale**) зображення, тобто $I_k(x, y), F(x, y) \in \{0, \dots, 255\}$, процедуру віднімання фону розділяють на два етапи:

Етап 1. Віднімання фонового зображення з поточного кадру відеопотоку. Суть етапу полягає у попіксельному відніманні інтенсивностей кадру відеозображення та фону:

$$D_k(x, y) = \text{abs}(I_k(x, y) - F(x, y)). \quad (4)$$

Етап 2. Побудова бінарної маски (виділення пікселів, які належать фону та об'єкту). За умови, що різниця інтенсивності фону поточного кадру для пікселя перевищує деяке граничне значення τ вважається, що він належить об'єкту та має білий колір маски, у іншому випадку – фону:

$$M_k(x, y) = \begin{cases} 255, & D_k(x, y) \geq \tau \\ 0, & D_k(x, y) < \tau \end{cases}, k = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Окрім цього з метою підвищення точності пошуку додатково можливе застосування фільтрації кадрів відеопотоку або його бінарної маски, конвертація кольорового зображення в монохромне тощо.

Розроблений метод ідентифікації динамічних образів включає такі кроки:

Крок 1. Розкадрування вхідного потоку системи відеоспостереження на послідовності кадрів I_1, I_2, \dots, I_N з інтервалом $\Delta t = 1$ с.

Крок 2. Формування сукупності пар кадрів – попереднього та поточного (рис. 1 б).

Крок 3. Формування вектору інтенсивності пікселів відеозображення та реалізація процедури віднімання фону. У даній роботі застосовано нерекурсивний метод віднімання фону, зокрема *метод віднімання поточного та попереднього кадру*, особливість якого полягає у такому: за умови, що для кадру I_k модель фону F_k збігається з попереднім, тобто $F_k = I_{k-1}$, на першому етапі обчислюється різниця пари кадрів (рис. 1 б) послідовності відеопотоку:

$$D_k(x, y) = \text{abs}(I_k(x, y) - I_{k-1}(x, y)), \quad k = \overline{2, N}. \quad (6)$$

Основними перевагами таких методів є простота їх реалізації, висока швидкість оновлення моделей фону при переході від попереднього кадру до поточного, при цьому їх ефективність залежить від швидкості об'єктів (повільні об'єкти майже не виявляються), зміни освітлення, наявності динамічного фону тощо. Для усунення факторів впливу на роботоспроможність методу оновлену модель фону для кадру опишемо:

$$F_k(x, y) = \alpha I_k(x, y) + (1 - \alpha) F_{k-1}(x, y). \quad (7)$$

Крок 4. Вибір типу кореляційного виділення динамічних образів: піксельне, контурне та блокове.

Верифікацію запропонованого методу проведено з використанням розробленого авторами спеціалізованого програмного забезпечення [12] на монохромних відеозображеннях, отриманих за допомогою охоронної відеокамери *Infinity SR-DN530SD* з роздільною здатністю 800x600 пікселів.

Результати верифікації наведено у табл. 1 та програмної реалізації – на рис. 2.

Таблиця 1

Характеристика типів кореляційного виділення об'єктів відеоспостереження

Тип кореляційного виділення	Об'єкти відеоспостереження ([-] – не виявлено; [+] – виявлено)			
	дрібномасштабні		великомасштабні	
	малорухомі	динамічні	малорухомі	динамічні
<i>у світлу пору доби</i>				
піксельний	-	-	-	+
контурний (тип № 1)	-	+	-	+
контурний (тип № 2)	-	+	-	+
контурний (оптимізований)	+	+	+	+
блоковий	-	+	+	+
<i>у темну пору доби</i>				
піксельний	-	-	-	-
контурний (тип № 1)	-	-	-	+
контурний (тип № 2)	-	-	-	+
контурний (оптимізований)	+	+	+	+
блоковий	-	+	-	+



а)



б)

Рис. 2. Виявлення динамічних образів відеоспостереження:
 а) світла пора доби (блокове виділення); б) темна пора доби (контурне виділення)

Висновки та перспективи подальших досліджень

Аналіз отриманих результатів (табл. 1) свідчить про те, що блоковий та контурний типи ідентифікації динамічних образів дозволяють найефективніше виконувати завдання щодо виявлення руху об'єктів в системах відеоспостереження критичної інфраструктури, однак другий може фіксувати "хибні" несанкціоновані доступи до об'єктів інформаційної діяльності. Запропонований метод доцільно застосовувати в умовах відсутності засобів детекції руху та проникнення на територію об'єктів критичної інфраструктури, з метою забезпечення оперативності виявлення та своєчасного запобігання несанкціонованого доступу до них.

У подальшому планується налаштування порогу чутливості ідентифікації динамічних образів, що забезпечить більш точне, порівняно з відомими методами, виявлення об'єктів відеоспостереження.

Література

[1]. Р. Грищук, Ю. Даник, *Основи кібернетичної безпеки. Монографія*, Ж.: ЖНАЕУ, 2016. 636 с.

[2]. О. Бучко, Р. Свченко, Д. Яковенко, "Детекція руху у стиснутому відеопотоці в реальному часі", *Наукові записки НАУКМА. Комп'ютерні науки*, Т. 163, С. 48-52, 2014.

[3]. О. Elharrouss, A. Abbad, D. Moujahid Jamal Riffi, H. Tairi, "A block-based background model for moving object detection", *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 15 (3), pp. 17-31, 2016.

[4]. M. Yokoyama, T. Poggio, "A contour-based moving object detection and tracking", *14th Conference (International) on Computer and Networks Proceedings. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society*, pp. 271-276, 2005.

[5]. П. Приставка, А. Рогатюк, "Математичне забезпечення розпізнавання та супроводу рухомого об'єкта в режимі реального часу для відео", *Вісник Національного авіаційного університету*, № 2, С. 141-148, 2013.

[6]. А. Котенко, "Запобігання витоку інформації з обмеженим доступом матеріально-речовим каналом за рахунок використання систем відеоспостереження", *Сучасний захист інформації*, № 1, С. 48-52, 2017.

[7]. А. Гривачевський, І. Прудіус, "Адаптивний алгоритм виявлення рухомих об'єктів під час відеомоніторингу", Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації, № 849, С. 168-172, 2016.

[8]. Д. Береза, "Програмне моделювання алгоритмів інтелектуальної обробки відеоданих в системах охоронного відеонагляду", Штучний інтелект, № 4, С. 159-165, 2011.

[9]. І. Гуменюк, К. Білоус, В. Вороніков, "Алгоритм блокового квантування даних відеопотоку на основі кореляційного аналізу", Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем: зб. наук. праць. Житомир: ЖВІ НАУ, № 6, С. 170-175, 2012.

[10]. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, "Image Processing, Analysis and Machine Vision", Thomson-Engineering, 866 p., 2008.

[11]. B. Thind, T. Thind, "Background Subtraction Techniques-Review", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering ISSN: 2278-3075, Vol. 2, Iss 3, pp. 166-168. 2013.

[12]. "Спеціалізоване програмне забезпечення реєстрації динамічних образів зображення систем відеоспостереження", Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 86076, Дата реєстрації 19.02.2019.

УДК 004.932.2

Гришук Р., Гуменюк І., Охримчук В. Метод ідентифікації динамічних образів в системах відеонаблюдения об'єктів критической інфраструктури

Аннотация. Установлено, что эффективность функционирования объектов критической инфраструктуры существенно зависит от высокого уровня информатизации систем видеонаблюдения. Вместе с тем постоянное совершенствование технического оснащения данных систем требует создания новых и усовершенствования существующих методов обнаружения движений развертки. Одним из перспективных подходов считается разработка методов обнаружения движений на статичном фоне изображения в интеллектуальных системах видеонаблюдения. Своевременное выявление несанкционированного доступа на территорию объектов критической инфраструктуры является необходимой составляющей обеспечения высокой устойчивости и надежности их функционирования, особенно в условиях угрозы совершения террористических актов и обуславливает необходимость разработки методов обнаружения движений и несанкционированного доступа на режимную территорию. С этой целью в статье предложен метод идентификации динамических образов, в основу которого положен алгоритм вычитания фона. Приведены результаты верификации метода для различных типов корреляционного выделения, их сравнительные характеристики, проанализированы преимущества и недостатки. Показано, что применение предложенного метода позволяет оперативно выявлять факты проникновения на режимную территорию объектов критической инфраструктуры и своевременно предотвращать несанкционированный доступ к ним в условиях отсутствия средств детекции движения.

Ключевые слова: динамический образ; видеонаблюдение; объект критической инфраструктуры; идентификация; несанкционированный доступ.

Hryshchuk R., Humeniuk I., Okhrimchuk V. Method of dynamic image's identification in videosurveillance systems of critical infrastructure

Abstract. It is established that the efficiency of critical infrastructure depends on the high level of video surveillance systems informatization. At the same time, continuous improvement of technical equipment of these systems requires the creation of new and improvement of existing methods of detection of scan movements. One of the promising approaches is the development of motion detection methods on a static image background in intelligent video surveillance systems. Timely detection of unauthorized access to the territory of critical infrastructure is a necessary component of ensuring high stability and reliability of their functioning, especially in the face of the threat of terrorist acts and necessitates the development of methods of detection of movements and unauthorized access to the sensitive territory. To this end, the article proposes a method of identification of dynamic images, which is based on the algorithm of background subtraction. The results of verification of the method for different types of correlation allocation, their comparative characteristics are given, advantages and disadvantages are analyzed. It is shown that the application of the proposed method makes it possible to quickly identify the facts of penetration of critical infrastructure objects into the territory of the regime and to prevent unauthorized access to them in the absence of means of motion detection.

Keywords: dynamic image; video surveillance; critical infrastructure object; identification; unauthorized access.

Отримано 11 червня 2019 року, затверджено редколегією 5 липня 2019 року