

## ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

*Описано ефективний метод виявлення ознак диму та вогню на початковому етапі в будівлях та на відкритому просторі в реальному часі.*

**Ключові слова:** детекція пожежі, вейвлет-перетворення, фрактальна розмірність, відеопотік, відеоспостереження.

Пожежа може завдати великої шкоди, якщо її не виявити на початковому етапі. Тому своєчасне та достовірне виявлення пожежі в будівлях та на відкритому просторі є однією з найважливіших вимог для сучасних систем протипожежного захисту. Оскільки на сьогодні більшість систем протипожежного захисту засновано на датчиках, які залежать від певних характеристик пожежі (дим, тепло або випромінювання), такі системи не в змозі швидко попереджати та не забезпечують додатковою інформацією (наприклад, розміщення, поширення вогню або диму та ступінь горіння). Також застосування датчиків не є надійним рішенням для об'єктів, розташованих на відкритому просторі.

Раннє виявлення та точне розміщення пожежі може забезпечити система на основі відеоспостереження. Сучасні системи відеоспостереження з допомогою відеокамер дають можливість отримувати послідовність зображень (їх називають динамічними зображеннями) гарної якості. Існує низка алгоритмів обробки динамічних зображень, які спрямовані на автоматичне виявлення основних ознак пожежі – вогню та диму [2; 3; 6–8]. Проте виявлення ознак пожежі залишається складним завданням, оскільки багато природних об'єктів мають подібні характеристики (наприклад, рух хмар, тіні, частинки пилу, відбиття світла).

Більшість відомих алгоритмів базуються на пошуку однієї з ознак пожежі – диму або вогню, частіше диму, оскільки пожежа на початковому етапі найчастіше проявляється саме у вигляді диму.

Для розв'язання вказаної задачі було розроблено алгоритм, який дає змогу виявити дим, вогонь або їх сукупність у будівлях та на відкритому просторі на динамічних зображеннях. Запропонований алгоритм включає такі основні кроки: знаходження рухомих об'єктів,

колірний аналіз, морфологічні операції відкриття та закриття, контурний аналіз, аналіз однорідності, вейвлет-аналіз та аналіз темпу зростання.

### Детекція об'єктів

Знаходження відповідності між двома зображеннями, пошук у кадрі всіх рухомих об'єктів та їх відокремлення від фону або сцени є складовою частиною багатьох систем аналізу візуальної інформації, зокрема автоматизованих систем відеоспостереження. Для цього широко використовуються методи віднімання фону «Background subtraction», також відомі як методи детекції переднього фону «Foreground Detection». Лише бібліотека `bgslibrary` нині пропонує 35 алгоритмів віднімання фону.

При розв'язанні задачі детекції об'єктів у відеопотоці часто стикаються з проблемою пошуку компромісу між якістю розпізнавання та швидкістю.

Для нашого дослідження було обрано один із поширених методів віднімання фону на основі гаусових розподілів (Gaussian Mixture Models, GMM) [9]. Переваги цього алгоритму такі: відсутність помилкової класифікації, швидке усунення артефактів, добра сегментація об'єктів, гарна адаптація до раптової зміни фону, автоматична адаптація до шуму, низька обчислювальна вартість. Особливість цього методу полягає в здатності виявляти повільний рух об'єкта, що характерно для диму та вогню.

### Колірний аналіз

Однією з найважливіших характеристик зображення для людини є колір. Колір області полум'я та диму може бути визначений шляхом встановлення порогових значень у колірному просторі RGB для значень величин трьох

основних колірних складових – червоної, зеленої й синьої. Умови в колірному просторі RGB такі:

для вогню:

$$(R > \text{THRESH}) \ \&\& \ (R > B \ \&\& \ R > G);$$

для диму:

$$(R > M\_THRESH \ \&\& \ G > M\_THRESH \ \&\& \ B > M\_THRESH) \ || \ (R \geq R\_THRESH \ \&\& \ \text{abs}(R - G) \leq \text{DEV\_R\_G} \ \&\& \ \text{abs}(rR - b) \leq \text{DEV\_R\_B}).$$

**Дискретне вейвлет-перетворення**

Вейвлети – математичні функції, які розкладають дані на різні частотні складові і дозволяють аналізувати кожну складову. Це швидке, лінійне, обернене перетворення з основною ідеєю визначення представлення сигналу відносно часу-масштабу шляхом розкладання його на набір базисних функцій, які називаються вейвлетами.

Неперервне вейвлет-перетворення:

$$f(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int (t) \psi * \left( \frac{t-b}{a} \right) dt,$$

де  $\psi(t)$  називається материнською функцією,  $a$  – параметр часового масштабу, який відповідає за ширину вейвлета (стиснення або розширення);  $b$  – параметр зсуву, визначає положення вейвлета на осі часу. Множник нормалізації  $1/a$  (корінь з  $a$ ) гарантує, що перетворений сигнал має однакову енергію на кожному рівні, тобто не залежить від  $a$ .

Усі вейвлет-функції отримуються з однієї материнської функції  $\psi(t)$ .

Дискретне вейвлет-перетворення (ДВП) базується на кодуванні піддіапазонів (sub-bands coding). ДВП забезпечує представлення цифрового сигналу відносно часу-масштабу на основі цифрових методів фільтрації. Розклад вейвлет-перетворення обчислюється шляхом послідовного застосування низько- і високочастотної фільтрації дискретного сигналу в часовій області на основі «алгоритму Маллат» або розкладання «Маллат дерева» [5]. На кожному рівні сигнал розкладається на 4 піддіапазони частот.

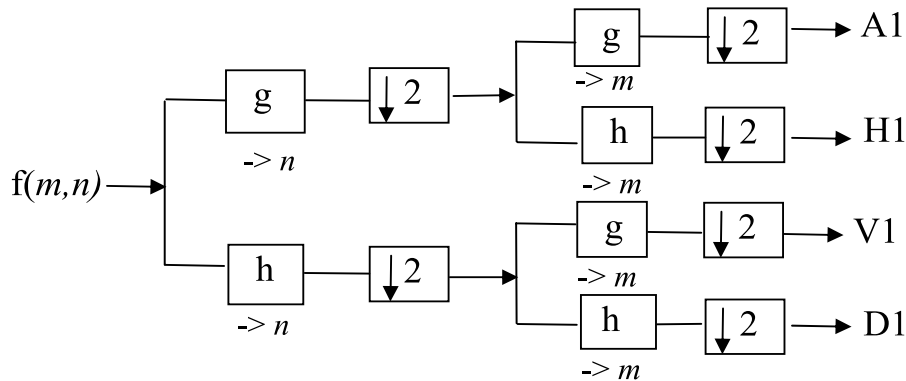
Вейвлет-перетворення виконується таким чином: до зображення послідовно застосовується низько- і високочастотний фільтр, з вихідних зображень вибираються тільки парні елементи.

У результаті вейвлет-розкладу отримуємо коефіцієнти в рівнях апроксимації і деталізації.

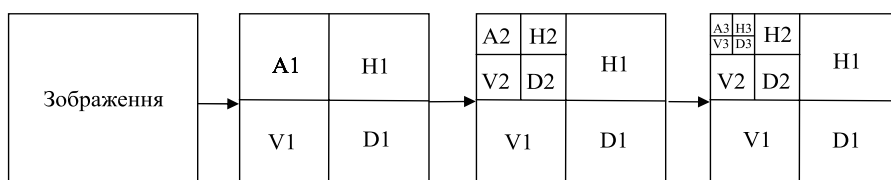
$$[A_k, (H_i, V_i, D_i)_{i=1, \dots, k}],$$

де  $A_k$  – підзображення, наближене до вихідного зображення, містить коефіцієнти апроксимації (низькочастотна складова);  $H_i, V_i, D_i$  – вейвлет-підзображення, що містять деталі зображення (коефіцієнти деталізації, високочастотні складові) в горизонтальному, вертикальному і діагональному напрямках у розкладі на  $i$ -му рівні. Алгоритм вейвлет-розкладу сигналу по 1 рівню показано на рис. 1. Вейвлет-розклад по 3 рівнях показано на рис. 2.

У цій роботі використовується параметр рішення  $\nu_4$ , який визначається через підзображення вейвлет-перетворення по 1 рівню розкладу. Обраховується параметр лише для досліджуваної області, а не для цілого зображення.



**Рис. 1.** Алгоритм вейвлет-розкладу сигналу:  $h$  – високочастотний фільтр;  $g$  – низькочастотний фільтр; (стрілка вниз) 2 – операція вибірки парних елементів;  $A1$  – коефіцієнти апроксимації сигналу  $f(m,n)$  на 1 рівні;  $H1, V1, D1$  – коефіцієнти деталізації в горизонтальному, вертикальному і діагональному напрямках на 1 рівні



**Рис. 2.** Структура декомпозиції зображення: 3-рівневий вейвлет-розклад

$$v_4 = \frac{1}{N} \sum_{k,l} \left( |H1[k,l]|^2 + |V1[k,l]|^2 + |D1[k,l]|^2 \right),$$

де  $N$  – кількість пікселів досліджуваної області.

Якщо параметр рішення перевищує поріг, то цілком імовірно, що область відповідає області пожежі.

### Фрактальний аналіз

Контур області полум'я та диму має досить складну форму. Складність контуру об'єкта може бути описано не цілим значенням фрактальної розмірності.

Фрактальна розмірність (ФР) описує морфологічну складність об'єктів, показує, як об'єкт відображається в межах масштабування і самоподібності. Знаходиться ФР співвідношенням між вимірним розміром – периметром, поверхнею, об'ємом (кількістю елементів) і масштабом (елемент об'єкта), в якому цей показник вимірюється.

Для обрахунку фрактальної розмірності використовується метод дільника.

### Аналіз однорідності

При аналізі об'єктів на зображенні вагоме значення має текстура. Для кожної області

полум'я та диму обраховується значення однорідності, середня яскравість, дисперсія та гладкість [1, с. 948–950].

### Висновки

У цій статті запропоновано алгоритм, який дає змогу виявити дим, вогонь або їх сукупність у будівлях та на відкритому просторі у відеопотоці. Алгоритм включає такі основні кроки: знаходження рухомих об'єктів, колірний аналіз, морфологічні операції відкриття та закриття, контурний аналіз, аналіз однорідності, вейвлет-аналіз та аналіз темпу зростання. Якщо умова колірного аналізу не виконується, тоді наступні кроки аналізу не виконуються, аналогічно відбувається контурний аналіз та аналіз однорідності. Якість роботи відповідної програмної реалізації розробленого алгоритму було перевірено для різних умов яскравості, контрастності та рівня зашумленості кадрів. Швидкодія роботи алгоритму залежить від розміру області кадру та кількості рухомих об'єктів, що аналізуються.

Алгоритм ефективно використовується в рамках програмного комплексу автоматизованого відеоспостереження, рівень помилкових тривог обмежується до 15 %.

### Список літератури

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1070 с.
2. Bogush R. An Efficient Smoke Detection Algorithm for Video Surveillance Systems Based on Optical Flow [Electronic resource] / R. Bogush, N. Brovko. – Mode of access: [http://www.psu.by/images/stories/fit/personal/bogush/84\\_prip\\_2011.pdf](http://www.psu.by/images/stories/fit/personal/bogush/84_prip_2011.pdf). – Title from the screen.
3. Fujiwara N. Extraction of a smoke region using fractal coding / N. Fujiwara, K. Terada // IEEE International Symposium on Communications and Information Technology. – 2004. – Vol. 2. – P. 659–662.
4. Gubbi J. Smoke detection in video using wavelets and support vector machines / J. Gubbi, S. Marusic, M. Palaniswami // Fire Safety Journal. – 2009. – Vol. 44, № 8. – P. 1110–1115.
5. Mallat S. G. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation / S. G. Mallat // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1989. – Vol. 11, № 7. – P. 674–693.
6. Ojo J. A. Video-based Smoke Detection Algorithms: A Chronological Survey / J. A. Ojo, J. A. Oladosu // Computer Engineering and Intelligent Systems. – 2014. – Vol. 5, № 7. – P. 38–50.
7. Vicente J. An image processing technique for automatically detecting forest fire / J. Vicente, P. Guillemant // International Journal of Thermal Sciences. – 2002. – Vol. 41, № 12. – P. 1113–1120.
8. Toreyin B. U. Wavelet based real-time smoke detection in video / B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. E. Cetin // 13th European Signal Processing Conference EUSIPCO. – 2005. – P. 1–4.
9. Zivkovic Z. Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction / Z. Zivkovic // Pattern Recognition: Proceedings of the 17th International Conference. – 2004. – Vol. 2. – P. 28–31.

*O. Buchko*

## OBJECTS DETECTION ALGORITHM IN AUTOMATED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

*The paper proposes an effective method of smoke and fire detection at the initial stage in the buildings and in an open space in real time.*

**Keywords:** fire detection, wavelet transform, fractal dimension, video stream, video surveillance.

*Матеріал надійшов 01.10.2015*