

Висновки

Аналіз спектральних густин потужностей фазового шуму, як неперервного та дискретного у часі випадкових процесів забезпечить якісне та кількісне оцінювання ФД в сучасних ЦСП.

Запропоновані спектральні моделі оцінювання складових ФД забезпечують високу точність при визначенні параметрів ФД ЦСП за рахунок використання тестових послідовностей, що адекватно імітують реальні умови функціонування ЦСП. Такий підхід дає можливість ефективно виконати оцінювання впливу високочастотних та низькочастотних складових ФД на цифровий тракт ЦСП.

Отримані моделі ФД інформаційних сигналів дають можливість виконувати моделювання ЦСП з необхідною точністю у заданій смузі частот.

Література

1. Айфичер Э.С. Цифровая обработка сигналов: / Э.С.Айфичер, Б.У.Джервис. – [пер. с англ.]. – М. : ИД „Вильямс”, 2008. – 992 с.
2. Бакланов И.Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях / Бакланов И.Г. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2007. – 354 с.
3. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Марпл-мл. С.Л. – [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1990. – 584 с.
4. Лысиков А.В. Спектральный метод измерения фазового дрожания / А.В. Лысиков, Б.В. Султанов, М.А. Щербаков // Датчики и системы. – 2005. – № 6. – С. 31–35.

Надійшла 11.11.2011 р.
Рецензент: д.т.н. Кичак В.М.

УДК 551.501.793

Є.В. ПРОКОПЕНКО

Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького

РОЗРОБКА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТОРОННІХ ОБ'ЄКТІВ НА ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯХ

В статті запропоновані алгоритми виявлення та вимірювання параметрів сторонніх об'єктів на відеозображеннях. Запропоновані в даній роботі алгоритми дають змогу, при не значних обчислювальних затратах, реалізувати ефективно виявлення як рухомих так і статичних сторонніх об'єктів на відео зображеннях.

The algorithms for identifying and measuring the parameters of external objects on the video are proposed in this article. The proposed algorithms enable to realize an effective identification of both moving and static objects on the video at low computational cost.

Ключові слова: об'єкт, спостереження, алгоритм, відеозображення, сторонні об'єкти.

Вступ

Обов'язковою вимогою при реалізації підсистем відеоспостереження в системі інженерно-технічного контролю охорони державного кордону, є автоматизація процесу виявлення рухомих об'єктів в зоні спостереження при значному динамічному діапазоні. При цьому, важливим критерієм ефективності функціонування таких підсистем, являється висока ймовірність правильного виявлення сторонніх об'єктів при низькій ймовірності хибних спрацювань.

На сьогоднішній день, достатньо успішно реалізуються системи відеоспостереження з автоматичним виявленням рухомих об'єктів, проте враховуючи особливості застосування таких систем в охороні кордону, особливо на відкритих ділянках кордону, цього недостатньо. За цих умов, також важливим є виявлення сторонніх об'єктів, що можуть з'являтися в невидимих секторах зони спостереження при скануванні місцевості. Для реалізації цього, необхідно застосовувати дещо інші підходи, що полягають в більш глибокому аналізі саме статичних зображень а не аналізу їх динамічних складових.

Основна частина

Широке застосування цифрових технологій при реалізації систем відеоспостереження, практично зняло обмеження на їх динамічний діапазон у відношенні освітленості об'єктів спостереження [1, 2]. При цьому, застосування відеокамер з вбудованими модулями аналогово-цифрового перетворення дало змогу значно підвищити завадостійкість каналів передачі відеоінформації на відстань і як наслідок усунути зашумленість зображень, що з'являється при їх передачі. Найчастіше такі камери забезпечуються також вбудованими схемами керування чутливістю, фокусуванням та іншими параметрами, які можуть контролюватися як самим вбудованим модулем, так і ЕОМ. Структурна схема системи відеоспостереження в цьому випадку буде мати вигляд, що показаний на рис. 1.

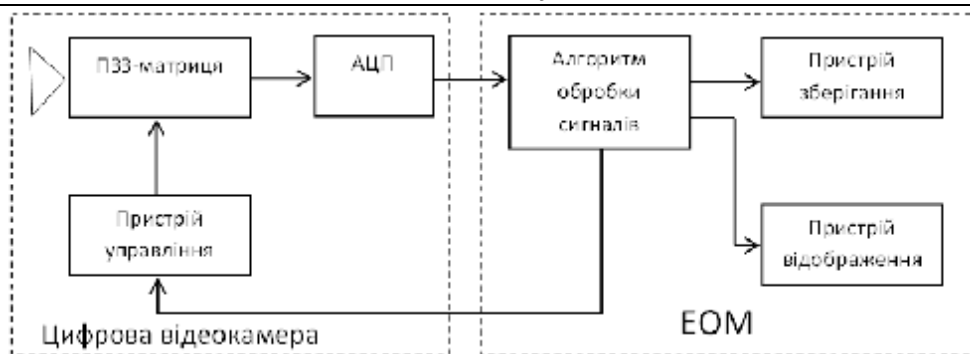


Рис. 1. Структурна схема системи відеоспостереження із цифровою камерою

Для формалізації зображення об'єктів, що перебувають в полі зору відеокамери і формуються на поверхні світлочутливого елементу у вигляді плоского дискретного світлового поля, в довільний момент часу, можна представити у вигляді кінцевого набору величин освітленості елементів ПЗЗ-матриці [1]. У випадку використання монохромних відеокамер зображення представляється у вигляді функції яркісної компоненти:

$$Y = Y(x, y). \quad (1)$$

При використанні кольорових відеокамер необхідно характеризувати значення величин трьох основних колірних складових – червоної, зеленої й синьої:

$$\begin{aligned} R &= R(x, y) \\ G &= G(x, y) \\ B &= B(x, y) \end{aligned} \quad (2)$$

У силу того, що вимірювання зазначених величин проводиться за допомогою аналого-цифрового перетворювача, значення функцій (1), (2), так само як і їхні аргументи будуть дискретними. Зазвичай, значеннями є цілі числа в діапазоні $0..2^n - 1$, де n – кількість розрядів АЦП.

Розрядність АЦП, що використовується визначається загальними вимогами до точності системи, зокрема ймовірним динамічним діапазоном освітленості.

Задача визначення точок зображення, у яких присутній сторонній об'єкт, є першочерговою а якість її розв'язку багато в чому визначає ефективність подальшої обробки сигналу. Основним принципом попередньої оцінки присутності стороннього об'єкту на зображенні є порівняння освітленості в деякій точці поточного зображення з освітленістю тієї ж точки на еталонному зображенні [2].

Зміни візуальної обстановки в полі зору відеокамери викликають зміни яскравості зображення на світлочутливому елементі. Внаслідок цього змінюється вигляд функцій, що характеризують отримане зображення. Найбільш ймовірними причинами зазначених змін і їх особливостями є:

- поява в полі зору стороннього об'єкту – у цьому випадку ймовірна зміна освітленості в точках, що належать самому об'єкту. Не можна однак, стверджувати, що така зміна буде зареєстрована у всій області зображення, у якій об'єкт реально присутній. Будуть виявлені лише елементи об'єкту, що мають великий контраст значно відрізняються яскравістю або кольором від фону;
- зміна положення елементу фону – у даній ситуації зміна зображення може бути зареєстрована як в області, де спочатку перебував об'єкт, так і в тій області, куди він перемістився. Ймовірність визначення таких змін також залежить від цілого ряду факторів;
- наявність об'єктів, що періодично рухаються або мерехтливих джерел – до перших можна віднести, наприклад, маятник годинника, до других – працюючий монітор з електронно-променевою трубкою. Такі джерела можуть бути причиною значних змін освітленості, але як правило, локалізованих у невеликих по площі областях зображення;
- зовнішня зміна освітленості – може бути викликана рядом причин, таких як зміна погодних умов, добовий хід освітлення, спалахи блискавок, включення-виключення штучної підсвітки. Діапазон зміни освітленості в даних випадках може суттєво відрізнятися, але як правило, це стосується всього зображення або більшої його частини.

Крім зазначених причин зміна зображення може бути викликана шумами світлочутливої матриці і помилками квантування АЦП.

У всіх випадках рішення про зміну освітленості передбачає порівняння характеристик поточного зображення з деяким еталонним зображенням. Завдання вибору еталонного зображення – це важливий етап, сутність якого полягає в наступному.

Нехай еталонне зображення обране за деяким критерієм і описується набором функцій $Y_0(x, y)$, $U_0(x, y)$, $V_0(x, y)$. Поточне зображення описується аналогічним набором функцій $Y(x, y)$, $U(x, y)$, $V(x, y)$. Будемо вважати критерієм присутності об'єкта в обраній точці (x_0, y_0) , виконання хоча б однієї з наступних умов:

$$\begin{aligned} |Y(x_0, y_0) - Y_0(x_0, y_0)| &\geq T_Y \\ |U(x_0, y_0) - U_0(x_0, y_0)| &\geq T_U, \\ |V(x_0, y_0) - V_0(x_0, y_0)| &\geq T_V \end{aligned} \quad (3)$$

При цьому вираз критерію присутності запишемо в наступній формі:

$$R_{n,n_0}(x_0, y_0) = \begin{cases} 1, R_{Y_n, Y_0} + R_{U_n, U_0} + R_{V_n, V_0} > 0, \\ 0, R_{Y_n, Y_0} + R_{U_n, U_0} + R_{V_n, V_0} = 0, \end{cases} \quad (4)$$

де

$$R_{Y_n, Y_0}(x_0, y_0) = \begin{cases} 1, |Y_n(x_0, y_0) - Y_0(x_0, y_0)| < T_Y, \\ 0, |Y_n(x_0, y_0) - Y_0(x_0, y_0)| \geq T_Y \end{cases} \quad (5)$$

$$R_{U_n, U_0}(x_0, y_0) = \begin{cases} 1, |U_n(x_0, y_0) - U_0(x_0, y_0)| < T_U, \\ 0, |U_n(x_0, y_0) - U_0(x_0, y_0)| \geq T_U \end{cases} \quad (6)$$

$$R_{V_n, V_0}(x_0, y_0) = \begin{cases} 1, |V_n(x_0, y_0) - V_0(x_0, y_0)| < T_V, \\ 0, |V_n(x_0, y_0) - V_0(x_0, y_0)| \geq T_V \end{cases} \quad (7)$$

Для монохроматичного сигналу слід прийняти $R_U \equiv 0$ і $R_V \equiv 0$, при цьому загальний критерій прийме вигляд

$$R = R_Y. \quad (8)$$

Очевидно, що зазначений критерій не можна прямо використовувати для ухвалення рішення про присутність стороннього об'єкта, тому що одержання позитивного результату можливо в кожному з описаних випадків зміни освітленості. Однак застосування зазначеного критерію при відповідному підборі порогів T_Y , T_U і T_V дозволяє значно знизити вплив шумів елементів схеми слабких флуктуацій в освітленості при забезпеченні прийнятної чутливості до корисних змін. Слід зазначити, що оптимальні значення порогів можуть бути функціями як координат, так і часу.

У контексті обраного критерію присутності об'єкта в точці, усі об'єкти відеоспостереження як корисні з погляду завдання їх виявлення (сторонні об'єкти), так і побічні (зміни освітленості) мають ряд загальних характеристик:

- площа зображення об'єкта S' – з урахуванням дискретності зображення, це поняття вводиться як кількість точок, у яких виявляється присутність об'єкту $R = 1$:

$$S' = \sum_{y=0}^{n_y-1} \sum_{x=0}^{n_x-1} R(x, y), \quad (9)$$

де n_x , n_y – кількість горизонтальних і вертикальних елементів зображення відповідно. Таке формулювання має на увазі прийняття за одиницю вимірювання величину площі елемента матриці. Таким чином, зображення об'єкта одиничної площі характеризує об'єкт із площею поверхні

$$S = \left(\frac{ax_0}{F} \right)^2, \quad (10)$$

де a – довжина сторони елемента матриці, x_0 – відстань від об'єкта до точки спостереження, F – фокусна відстань об'єктиву;

- умовний центр – точка, що дозволяє характеризувати пересування складного об'єкту. Координати точки визначаються середнім арифметичним значенням відповідних координат точок всього об'єкту:

$$x_u = \frac{1}{S'} \sum_i x_i \quad (11)$$

$$y_u = \frac{1}{S'} \sum_i y_i \quad (12)$$

- дисперсія координат об'єкту – статистична характеристика, що характеризує розподіленість об'єкту в просторі. Визначається як математичне очікування квадрата відхилення координат об'єкта від координат умовного центру:

$$D_x = \frac{1}{S'} \sum_i (x_i - x_u)^2 \quad (13)$$

$$D_y = \frac{1}{S'} \sum_i (y_i - y_{ц})^2 \tag{14}$$

Визначення даної величини особливо важливе при розв'язку завдання виділення сигналу стороннього об'єкта, локалізованого в обмеженій області зображення, на фоні розподілених по великій площі завад у вигляді атмосферних опадів, коливань освітленості і т. д.;

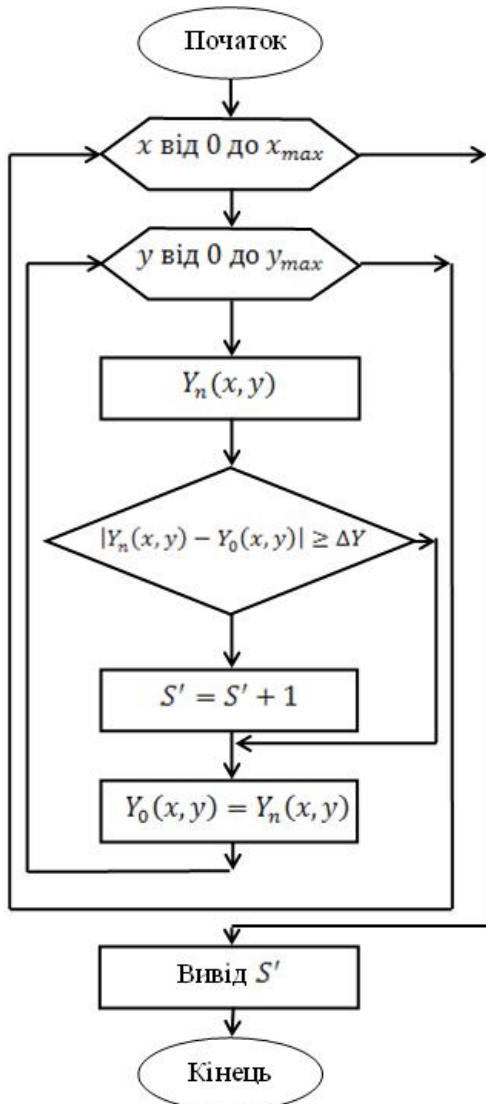


Рис. 2. Блок-схема алгоритму детектування руху

На рис. 3 точками показані області зображення, у яких буде виявлена присутність об'єкта. Очевидно, що в такій ситуації величина площі об'єкта буде визначена помилково, причому похибка вимірювання буде залежати від частоти зміни зображення, його розмірів і швидкості пересування. У випадку (а) наприклад, похибка буде незначною, тоді як у випадку (б) величина площі об'єкта буде завищена вдвічі.

Особливо складним є використання даного методу при аналізі відеозображення, що містить множинні об'єкти, які рухаються і зазвичай не представляють інтересу для спостереження, такі як падаюче листя або сніг; детектування присутності є продовженням попереднього і включає його в якості допоміжного.

Вибір еталонного кадрупри такому підході необхідно здійснювати періодично через проміжок часу порядку декількох десятків секунд.

Це забезпечить адаптацію алгоритму до добового ходу освітленості. Однак момент відновлення необхідно затримати, якщо в кадрі буде виявлений сторонній об'єкт. З цією метою можливе застосування попереднього алгоритму. Оскільки виявлений сторонній об'єкт відсутній на еталонному зображенні, його характеристики будуть визначені досить точно.

Основним недоліком даного методу також є ускладнене його використання на фоні розподілених завад, які можуть привести до неправильної затримки відновлення еталонного кадру; детектування зупинки – метод, що заснований на вимірюванні часу присутності об'єкта. При виявленні ненульового значення критерію присутності в деякій точці, значення освітленості в даній точці, що передувало зміні ухвалюється в якості еталонного. Одночасно починається відлік проміжку часу. Обнуління лічильника часу проводиться

- час присутності об'єкта в точці – величина проміжку часу між двома послідовними моментами зміни критерію присутності об'єкта на протилежні значення.

Введений критерій присутності об'єкта в точці характеризує зміну освітленості в певній області відеозображення, що непрямим чином може свідчити про появу в полі зору стороннього об'єкта. Оскільки задача вибору еталонного зображення, є однією із найважливіших при обчисленні критерію присутності, різні реалізації алгоритмів визначення присутності стороннього об'єкта в основному будуть відрізняти методом вибору еталонного зображення [1, 2]. При цьому реалізація виявлення стороннього об'єкта на відеозображенні можлива наступними шляхами: детектування руху – у даному алгоритмі в якості еталонного має вибиратись зображення, що безпосередньо передувало тому, що аналізується. В цьому випадку, критерій присутності об'єкта в точці визначається наступним чином:

$$R(x, y) = R_{n,n-1}(x, y) \tag{15}$$

Блок-схема алгоритму, що реалізує такий підхід визначення сторонніх об'єктів, наведена на рис. 3.

Результатом роботи даного алгоритму є величина S' площі зображення об'єкта.

Даний метод простий у реалізації, однак має істотні недоліки. При зміні положення об'єкта за час зміни зображень, критерій присутності буде мати ненульове значення в точках, що відповідають як первісному положенню об'єкта, так і його поточному положенню.

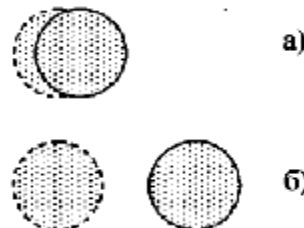


Рис. 3. Помилки визначення площі об'єкта

при поверненні критерію присутності до нульового значення або при перевищенні ним деякого контрольного значення. В останньому випадку ухвалюється рішення про виявлення стороннього об'єкту. Вибір контрольного часу спрацювання проводиться виходячи з міркувань про тимчасові характеристики об'єктів, що виявляються. Так наприклад, встановлення проміжку порядку однієї секунди дозволяє суттєво знизити ймовірність спрацювання алгоритму при потраплянні в поле зору падаючого листа або короткочасних засвічень (спалаху блискавки, світло фар автомобілів).

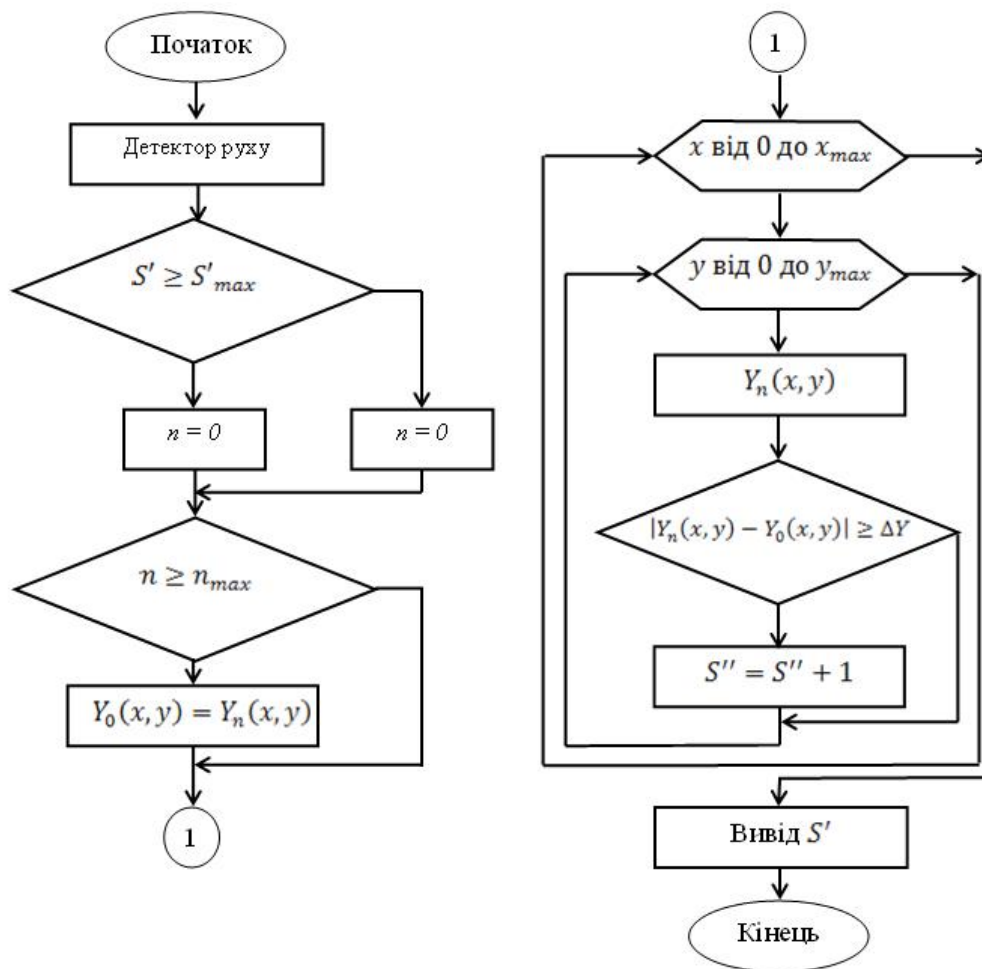


Рис. 4. Блок-схема алгоритму детектування присутності

Висновок

Запропоновані в даній роботі алгоритми дають змогу, при не значних обчислювальних затратах, реалізувати ефективно виявлення як рухомих так і статичних сторонніх об'єктів на відео зображеннях. Застосування ж запропонованого критерію виявлення, дає змогу оптимізувати роботу алгоритмів в статистичному відношенні за різними критеріями залежно від обраного режиму.

Література

1. Дворкович А.В. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений / Дворкович А.В. ; под.ред. Ю.Б. Зубарева, В.П. Дворковича. – М. : Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
2. Дэвид А. Компьютерное зрение. Современный подход / Дэвид А. ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

Надійшла 19.12.2011 р.
Рецензент: д.т.н. Шинкарук О.М.