

УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ В СИСТЕМІ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ ОБСТАНОВКИ

Проведене дослідження ефективності оптичних засобів спостереження в підсистемі відеоспостереження інформаційно-телекомунікаційних систем Державної прикордонної служби України і розроблений вдосконалений алгоритм оптимального спостереження об'єктів в оптично-електронних системах спостереження охорони державного кордону.

Прокопенко Е.В., Иванов А.В., Садиков О.И., Макарычук В.И. Усовершенствование алгоритмов обнаружения в системе сбора и обработки данных обстановки. Проведено исследование эффективности оптических средств наблюдения в подсистеме видеонаблюдения информационно-телекоммуникационных систем Государственной пограничной службы Украины и разработан усовершенствованный алгоритм оптимального обнаружения объектов в оптикоэлектронных системах наблюдения охраны государственной границы.

Y. Prokopenko, A. Ivanov, O. Sadukov, V. Makarchyk Study of efficiency optoelectronic surveillance systems in engineering and technical control of state border. The investigation of the effectiveness of optical surveillance equipment video surveillance subsystem information and telecommunication systems of the State Border Service of Ukraine and developed an advanced algorithm for optimal detection of objects in the optoelectronic surveillance systems of protection of the state border..

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна система, оптично-електронне спостереження, метод виявлення, співвідношення подібності, метод послідовного аналізу.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Функціонування Державної прикордонної служби України (далі – Держприкордонслужба) в умовах проведення антитерористичної операції на східних рубежах держави вимагає створення єдиного інформаційного простору висвітлення даних обстановки – сукупності баз та банків даних, технологій їх ведення та використання, інформаційних систем та телекомунікаційних мереж, що функціонують на основі єдиних принципів і по загальним правилам [1]. У відповідності до [2] заплановано модернізацію системи охорони державного кордону з урахуванням сучасних викликів і загроз, забезпечення розвитку інформаційної, оперативної, технічної та фізичної складових частин цієї системи, створення суцільної зони спостереження на морській ділянці державного кордону, вдосконалення системи аналізу ризиків та кримінального аналізу, упровадження сучасних засобів здійснення контролю, спостереження та інформаційних технологій. З урахуванням реальних і потенційних воєнних загроз постає необхідність у інженерно-технічному та фортифікаційному облаштуванні державного кордону, місць дислокації прикордонних підрозділів, несення служби прикордонних нарядів [1]. Одним з напрямків вирішення даного завдання є створення системи оприкоелектронного спостереження на загрозованих напрямках.

Дослідження існуючих технічних засобів та ділянок державного кордону на яких ведеться оптикоелектронне спостереження показав, що прийом та обробка сигналів, як правило, проводиться на фоні значного рівня завад, що маскують інформативні ознаки сигналів і в цілому спотворюють їхні параметри. Таким чином, в процесі прийому та обробки сигналів, необхідно вирішувати наступні завдання: виявити сигнал і виміряти параметри корисних інформаційних складових в його об'ємі не припиняючи спостереження [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Алгоритми оптимальної обробки в оптикоелектронних системах спостереження подібні до алгоритмів що застосовуються в радіолокації [4]. При цьому одною з основних відмінностей є те, що в більшості умов оптикоелектронного спостереження яке притаманне місцевості на державному кордоні (в

режимі сканування, наявності динамічного фону, статичних сторонніх об'єктів), задачу виявлення сигналів від об'єктів, що не належать фону можливо вирішити тільки на відносно короткому етапі їх появи, а не на етапі їх присутності. Дана проблематика висвітлена в роботах поважних авторів, зокрема Ленков С. В., Катеринчук І. С., Шинкарук О. М., Чесановський І.С.

Проте, як показало дослідження питання оптимальної процедури виявлення сигналу і порівняння його з прийнятим порогом відношення правдоподібності, який на відміну від відомих передбачає розрахунок його значення в інтервалі часу (кількості кадрів), що задовольняє умові мінімального часу невиявленого існування об'єкта в площині електронного зображення вирішене не повністю і потребує удосконалення.

Мета статті є удосконалення алгоритмів виявлення в системі збору і обробки даних обстановки.

Виклад основного матеріалу дослідження. В системах відеоспостереження, що використовуються на державному кордоні застосовувати класичні методи побудови оптимальних виявлячів недоцільно, в першу чергу через те, що при обробці сигналів з виходу відеореєстратора є певні особливості в співвідношенні часових інтервалів огляду і наявності об'єктів.

Основним індикатором цих особливостей, є висока залежність ймовірності виявлення об'єкту від середнього часу не виявлення, при знаходженні його в зоні спостереження [3]. А отже, за таких умов, метод виявлення об'єкту, що з'являється в невизначений момент часу \bar{t}_1 і при якому, для заданого розподілу ймовірностей $P(t_0)$, середній час невиявленого існування об'єкту найменший, полягає в наступному: при кожному значенні $n=1,2,3\dots$ обчислюється величина відношення правдоподібності $\Lambda(Z_n)$, що визначається з виразу:

$$\Lambda(Z_n) = \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n \lambda(Z_{ik}), \quad (1)$$

де $\lambda(Z_{ik})$ – відношення правдоподібності для множини Z_{ik} відліків сигналу при наявності об'єкту в зоні спостереження, рішення про появу об'єкту приймається, якщо при деякому n ця величина перевищує поріг C_n .

Величину $\Lambda(Z_n)$, в даному випадку, можна записати в наступному вигляді [4]:

$$\Lambda(Z_n) = \left[1 + \sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=k}^{n-1} \lambda(Z_i) \right] \lambda(Z_n), \quad (2)$$

де

$$\Lambda(Z_i) = \frac{P_1(Z_i)}{P_0(Z_i)}, \lambda(Z_n) = \frac{P_1(Z_n)}{P_0(Z_n)}.$$

Оскільки

$$\sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=k}^{n-1} \lambda(Z_i) = \Lambda(Z_{n-1}), \quad (3)$$

то з формули (2) отримуємо

$$\Lambda(Z_n) = \frac{[1 + \Lambda(Z_{n-1})]}{\Lambda(Z_n)}. \quad (4)$$

Відповідно цього рекурентного співвідношення, оптимальний пристрій виявлення об'єкту при реалізації системи відеоспостереження, містить перемножувач, суматор, пристрій пам'яті, і пороговий пристрій (рис. 1).

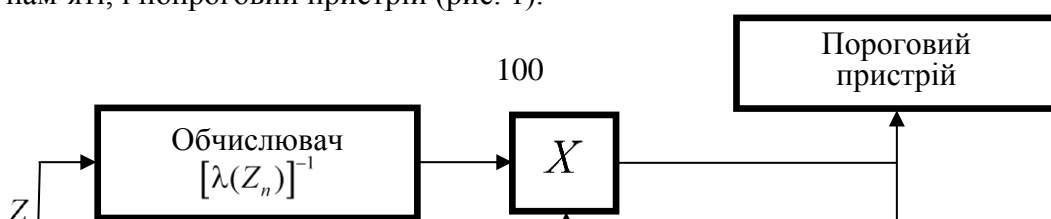


Рис. 1 – Структура пристрою виявлення сторонніх об'єктів на відео зображенні

В даній структурі, запам'ятовуючий пристрій зберігає вихідну величину перемножувача протягом періоду проходження відліків послідовності Z_n , реалізуючи рекурентність обробки, а пороговий пристрій виробляє сигнал наявності цілі, якщо вихідна величина $\Lambda(Z_n)$ перевищує поріг C_n .

Описаний метод виявлення відповідає таким умовам, при яких об'єкт, з'явившись у зоні спостереження, залишається в ній до виявлення. Якщо час перебування об'єкту обмежений і дорівнює n періодам огляду (кадрам), то нижню межу суми по k слід прийняти рівною $n-r+1$. При цьому в виявлячі при кожному значенні n обчислюється і порівнюється з порогом C_n величина

$$\Lambda(Z_n) = \sum_{k=n-r+1}^n \prod_{i=k}^n \lambda(Z_i), \quad (5)$$

Останній вираз можна записати у вигляді:

$$\Lambda_r(Z_n) = \Lambda(Z_n) - \Lambda(Z_{n-r}), \quad (6)$$

де

$$\Lambda(Z_{n-r}) = \sum_{k=1}^{n-1} \prod_{i=k}^{n-1} \lambda(Z_i). \quad (7)$$

Пристрій виявлення цілі для розглянутих умов відрізняється від попереднього додатковим блоком пам'яті і схеми віднімання (рис. 2).

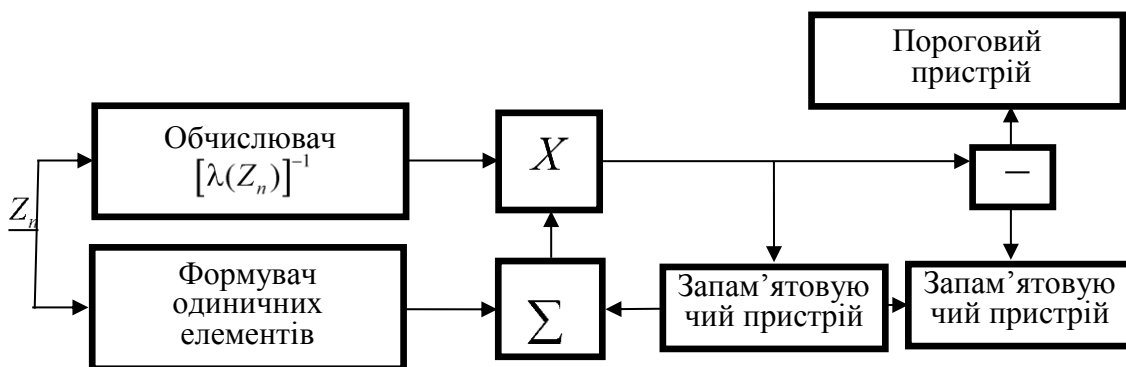


Рис. 2 – Структура пристрою якнайшвидшого виявлення при обмеженому часі перебування об'єкту в зоні спостереження

Блок пам'яті призначений для зберігання величини $\Lambda(Z_{n-r})$ протягом r періодів огляду. Цей блок повинен мати $r-1$ комірок пам'яті для зберігання наступних величин:

$\Lambda(Z_{n-r+1}), \Lambda(Z_{n-r+2}), \dots, \Lambda(Z_{n-1})$. Схема віднімання формує різницю $\Lambda_r(Z_n)$ величин $\Lambda(Z_n)$ і $\Lambda(Z_{n-r})$, перша з яких надходить із виходу перемножувача а друга з блоку пам'яті.

Запропонований оптимальний метод виявлення об'єктів передбачає необхідність включення в обчислення при кожному значенні n , величину $\Lambda(Z_n)$ усіх відліків спостережуваної послідовності Z_n , починаючи з $n=1$. Якщо об'єкт з моменту появи і до виявлення може перебувати в різних елементах розрізнення контрольованої зони, то кількість можливих траєкторій об'єкту, для кожної з яких у пристрої виявлення повинна обчислюватися величина відношення правдоподібності, може бути дуже великою, а пристрій виявлення занадто складним.

У зв'язку з цим, замість рекурентного співвідношення (4) можна використати спрощений варіант [3]:

$$\Lambda_{\max}(Z_n) = \begin{cases} \Lambda_{\max}(Z_{n-1})\Lambda(Z_n), & \Lambda_{\max}(Z_{n-1}) \geq 1, \\ \Lambda(Z_n), & \Lambda_{\max}(Z_{n-1}) < 1. \end{cases} \quad (8)$$

При цьому, рішення про появу об'єкта видається в тому випадку, коли $\Lambda_{\max}(Z_n) \geq C$, де поріг C не залежить від n і вибирається виходячи з необхідності забезпечення заданого значення t_0 .

Перехід до даного співвідношення заснований на використанні правила „відбору більшого значення”. Дане правило полягає в тому, що $\Lambda(Z_n)$ приймається найбільшим із двох: $\Lambda(Z_n)$ або $\Lambda(Z_{n-1})\Lambda(Z_n)$. Перша із цих величин представляє собою коефіцієнт правдоподібності, що відповідає гіпотезі „об'єкт з'явився між $(n-1)$ -м і n -м періодами огляду”. Друга дорівнює найбільшому з $n-1$ коефіцієнтів правдоподібності, кожний з яких відповідає одній з наступних гіпотез: „об'єкт з'явився перед першим оглядом”, „об'єкт з'явився перед другим оглядом”, ... „об'єкт з'явився перед $n-1$ -м оглядом”. Таким чином, вираз (8) визначає найбільший з n коефіцієнтів правдоподібності, кожний з яких відповідає або одній з перерахованих гіпотез, або гіпотезі „об'єкт з'явився перед n -м оглядом”.

Характер зміни величини $\Lambda_{\max}(Z_n)$ в області її значень менших одиниці, можна не фіксувати в процесі обробки, тобто при $\Lambda_{\max}(Z_n) < 1$ вважається $\Lambda_{\max}(Z_n) = 1$.

Таким чином, „сигнальна” множина буде містити у собі всі послідовності Z_n , що задовольняють умові

$$\Lambda_{\max}(Z_n) \geq C, \quad (9)$$

де

$$\Lambda_{\max}(Z_n) = \begin{cases} \Lambda_{\max}(Z_{n-1})\Lambda(Z_n), & \Lambda_{\max}(Z_{n-1})\Lambda(Z_n) \geq 1, \\ 1, & \Lambda_{\max}(Z_{n-1})\Lambda(Z_n) < 1. \end{cases} \quad (10)$$

Особливість розглянутого методу виявлення об'єкту полягає в тому, що величина $\Lambda_{\max}(Z_n)$ ухвалює значення, що дорівнює одиниці, якщо при деякому n виконується умова $\Lambda_{\max}(Z_n) < 1$. При цьому послідовність Z_n виключається з обробки. Зазначена особливість призводить до істотного спрощення пристрою обробки при виявленні рухомих об'єктів.

Замість величини $\Lambda_{\max}(Z_n)$ у пристрої простіше обчислювати її логарифм $L(Z_n)$ і порівнювати його з порогом $\lg C$.

Логарифмуючи обидві частини виразу, одержуємо

$$L(Z_n) = \begin{cases} L(Z_{n-1}) + l(Z_n), & L(Z_{n-1}) + l(Z_n) \geq 0, \\ 0, & L(Z_{n-1}) + l(Z_n) < 0, \end{cases} \quad (11)$$

де

$$l(Z_n) = \lg \lambda(Z_n) = \lg \left[\frac{P_1(Z_n)}{P_0(Z_n)} \right]. \quad (12)$$

Описаний метод виявлення тотожний з методом послідовного спостерігача у випадку, коли нижній поріг дорівнює одиниці.

Пристрій виявлення об'єкту при використанні даного методу містить блок формування величини $l(Z_n)$, суматор, блок пам'яті і пороговий пристрій (рис. 3).

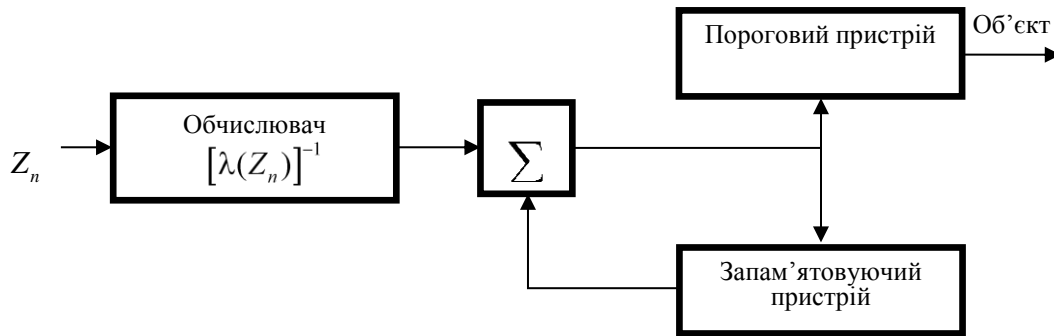


Рис. 3 – Структура пристрою виявлення об'єкту методом послідовного аналізу

Відповідно даної схеми, в суматорі проводиться додавання величин $l(Z_n)$ і $l(Z_{n-1})$. Якщо сума цих величин $L(Z_n)$ від'ємна, то її значення приймається нульовим. Пороговий пристрій видає сигнал про наявність об'єкту, якщо $L(Z_n) > \lg C$.

Підсумовуючи викладене, слід зазначити, що при виявленні стороннього об'єкту на електронному зображенні, поряд з розглянутими оптимальними методами можуть використовуватися так звані серійні критерії виявлення. В останньому випадку рішення про появу об'єкту, що видається після надходження у виявляч відліку Z_n визначається k відліками послідовності $Z_n = Z_{n-k+1}, Z_{n-k+2}, \dots, Z_n$, де k – задане число. Порівняння запропонованого методу послідовного аналізу і серійних критеріїв показує, що цей метод забезпечує значно менший час \bar{t}_n при виявленні слабких сигналів.

Висновки дослідження перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Основною задачею обробки сигналів у системах оптикоелектронного спостереження є виявлення корисного сигналу і вимірювання його параметрів на фоні шуму. При цьому особливе значення мають методи, що задовольняють деякій істотній вимозі спостереження, що представляє собою критерій оптимальності. При відомих апіорних характеристиках сигналу і суміші сигналу з шумом актуальним є проведення подальших наукових досліджень щодо підвищення оптимальної процедури виявлення сигналу і порівняння його з прийнятим порогом відношення правдоподібності, який на відміну від відомих передбачає розрахунок його значення в інтервалі часу (кількості кадрів), що задовольняє умові мінімального часу невиявленого існування об'єкта в площині електронного зображення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2015 року № 1189-р „Про схвалення Стратегії розвитку Державної прикордонної служби”.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2015 року № 1149-р „Про схвалення Концепції інтегрованого управління кордонами”.
3. Прокопенко Є.В. Оптимізація процесів виявлення та супроводження об'єктів в оптикоелектронних системах спостереження охорони кордону на основі сигнальних ознак: дис. ... канд. тех. наук: 20.02.14. – К., 2013. – 186 с.
4. Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А. И. Степашкин. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.