

УДК 621.391

О.І. Стрелков¹, Т.О. Стрелкова², С.О. Лісовенко¹

¹Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

²Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ ПРИ ОБРОБЦІ СЛАБОКОНТРАСТНИХ ТВ-КАДРІВ

Приведені результати експериментальних досліджень підвищення якості виявлення сигналів в оптико-електронних системах при обробці слабкоконтрастних ТВ-кадрів.

слабоконтрастні ТВ-кадри, післядетекторна обробка, просторово-часова фільтрація

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз збройних конфліктів останніх років показав достатню високу ефективність оптико-електронних систем (ОЕС) виявлення та наведення. Однак існуючий парк ОЕС потребує оновлення або заміни із-за низької якості інформації, яка видається в умовах дії інтенсивних завад. Заміна застарілих станцій на нові є радикальним, але достатньо дорогим шляхом задоволення вимог, що пред'являються до ОЕС. Модернізація є оптимальним рішенням за критерієм "ефективність-ціна" при необхідності покращення тактико-технічних характеристик ОЕС.

Однією з задач багатьох ОЕС є виявлення сигналу в умовах дії різноманітних завад в полі зору системи. Якість виявлення залежить від енергетичних характеристик сигналу і завади, а також від метода їх обробки. При роботі в умовах дії інтенсивної адитивної завади і зниженню рівня сигналу, який приймається, рішення задачі виявлення сигналу стає неможливим із-за низького відношення сигнал/завада. Для усунення даного недоліку розроблені різноманітні методи підвищення відношення сигнал/завада. Од-

ним з таких методів є метод просторово-часової фільтрації слабкоконтрастних ТВ-кадрів.

Метод післядетекторної обробки, що пропонується, було реалізовано програмно на ЕОМ, до якої був під'єднаний телевізійно-оптичний візир (ТОВ) "Карат". На даному обладнанні були проведені теоретичні та експериментальні дослідження.

Аналіз літератури. В літературі описано досить багато методів збільшення відношення сигнал/завада і умовної ймовірності правильного виявлення при заданій умовній ймовірності помилкової тривоги. Це збільшення чутливості ФП різними технічними методами [1, 8], просторова і спектральна фільтрація [2, 3, 8], створення комбінованих і багатоспектральних систем [3, 5]. Однак всі ці методи мають ряд недоліків – це ускладнення або принципова заміна вузлів ОЕС, що вимагає великих фінансових затрат. Методам післядетекторної обробки, які не ведуть до зміни структури ОЕС, зокрема, просторово-фільтрації, також присвячено велику кількість літератури [4 – 6], але в ній практично не описані питання просторово-часової фільтрації слабкоконтрастних ТВ-кадрів. Математичне моделювання просторово-часової фільтрації слабкоконтрастних ТВ-кадрів описано в [10, 11].

Мета статті. Аналіз результатів експериментального дослідження можливості підвищення якості виявлення оператором слабконтрастних об'єктів при застосуванні просторово-часової фільтрації слабконтрастних ТВ-кадрів.

Викладання основного матеріалу

При виявленні повітряних об'єктів телевізійними системами (типу ТОВ "Карат") оператор приймає рішення про виявлення об'єкту при перевищенні сигналу від об'єкту деякого порогового рівня. Пороговий рівень визначається інтенсивністю зовнішніх і внутрішніх шумів. Тому для збільшення якості виявлення слабконтрастних об'єктів необхідно зменшувати інтенсивність шумів або збільшувати сигнал від об'єкту різними методами, тобто збільшувати відношення сигнал/завада. Як відомо, при оптимальному виявленні максимізується відношення сигнал/завада [3].

Згідно теорії виявлення, при оптимальному виявленні обчислюється кореляційний інтеграл прийнятої реалізації $g(x,y,t)$ і очікуваного сигналу $s(x-x_0, y-y_0, t-t_0)$, і його величину порівнюють з порогом [3, 7]

$$Y(x_0, y_0, t_0) = \int \int_{x y t} g(x, y, t) s(x-x_0, y-y_0, t-t_0) dx dy dt \geq Y_{\text{пор}}, \quad (6)$$

де $g(x,y,t) = s(x,y,t) + n(x,y,t)$ – реалізація адитивної суміші сигнальної та завадової складових; $s(x-x_0, y-y_0, t-t_0)$ – очікуваний сигнал; $Y_{\text{пор}}$ – поріг, який визначається по одному з критеріїв виявлення; $s(x,y,t)$ – сигнальна складова, вид якої визначається характеристиками об'єкту спостереження і параметрами оптичного тракту; $n(x,y,t)$ – завадова складова, яка є гаусовим розподілом з середнім $\overline{m_n}$ і дисперсією σ_n^2 , причому $s(x, y, t)$ і $n(x, y, t)$ не корелюють.

Очікуваний сигнал вибирається з використанням попередніх знань про форму об'єкту, що виявляється. При максимальній відповідності очікуваного сигналу і прийнятої реалізації величина кореляційного інтеграла досягає максимального значення.

Опис експериментальної установки (рис. 1). В якості експериментального зразка ОЕС застосовувалася оптична система з діаметром вхідної зіниці $D_{\text{вх}} = 150\text{мм}$ і фокусною відстанню f рівним 500мм у фокальній площині якої розташований відікон ЛІ-456 з площею фотокатода $I_{\text{фк}} = 1\text{см}^2$ і кількістю елементів розрізнення $N = 500 \times 500$. В якості об'єкту застосовувалася міра №1 площею 1мм^2 , оскільки площа міри, яка встановлена на відстані 5м , еквівалентна об'єкту з площею $2,5\text{м}^2$, що знаходиться на відстані 30км .

Результати експерименту. В ході проведення експерименту на вхід ОЕС подавався світловий потік, що є адитивною сумішшю сигналу і завади. На рис. 2, а наведена гістограма значень яскравості

об'єкту і завади. На рис. 2, б наведена ділянка екрану монітора, на якому видно об'єкт у вигляді яскравого прямокутника.

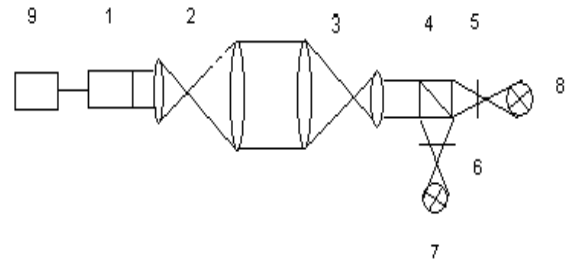
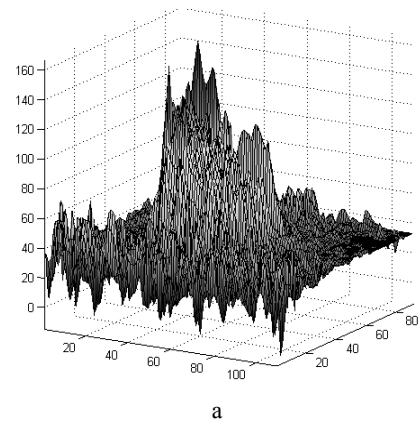
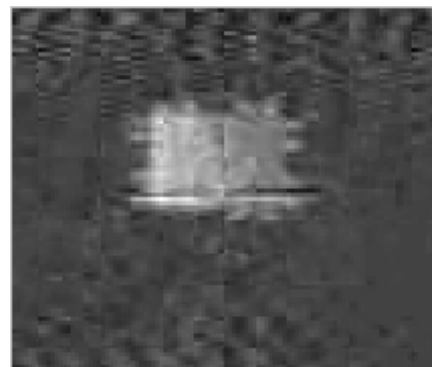


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – ЛІ-456 відікон; 2 – оптична система; 3 – коліimator; 4 – діляльний кубик; 5 – міра №1; 6 – нейтральний фільтр; 7, 8 – лампи підсвічування; 9 – ЕОМ



а



б

Рис. 2. а – гістограма значень яскравості; б – ділянка екрану монітора

Дані рисунки відповідають умові спостереження об'єкту на близькій відстані або яскравого об'єкту на фоні слабкої завади (відношення сигнал/завада дорівнює 16). Далі яскравість об'єкту була зменшена, а інтенсивність перешкоди залишилася незмінною (відношення сигнал/завада 1,6). Гістограма значень яскравості об'єкту і завади, а також вигляд екрану монітора при роботі ТОВ "Карат" в штатному режимі при відношенні сигнал/завада 1,6 наведений на рис. 3, а і 3, б відповідно. З цих рисунків видно, що виділити об'єкт неможливо. На рис. 4, а наведена гістограма значень яскравості об'єкту і завади, а на рис. 4, б вигляд екрану монітора в результаті застосування розробленого алгоритму обробки в умовах інтенсивної завади (відношення сигнал/завада 1,6). 3

рис. 4, а і 4, б видно, що виділити об'єкт з інтенсивної завади стає можливим (відношення сиг-

нал/завада дорівнює 10).

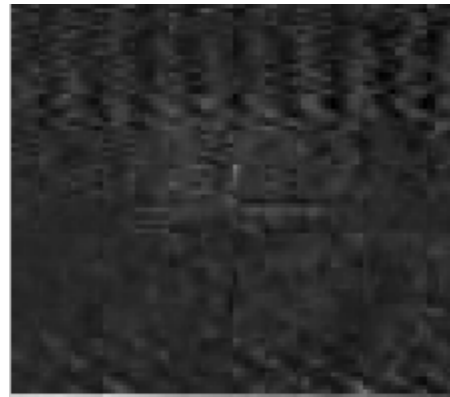
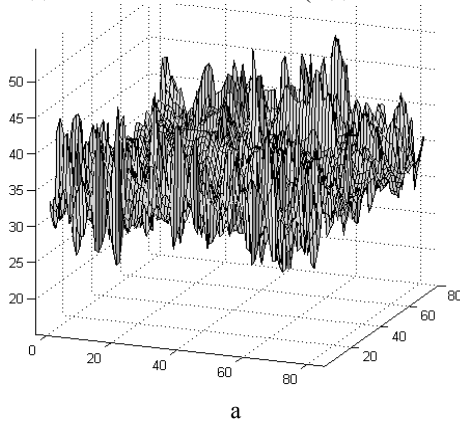


Рис. 3. Робота ТОВ "Карат" в штатному режимі при відношенні сигнал/завада 1,6:
а – гістограма значень яскравості; б – ділянка екрана монітору

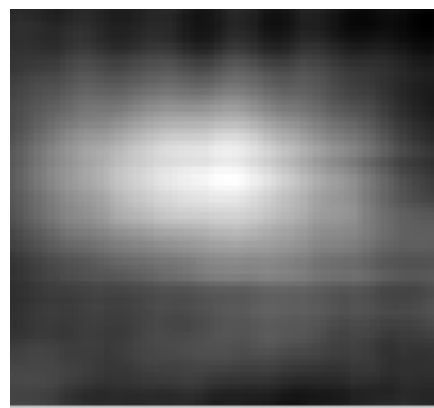
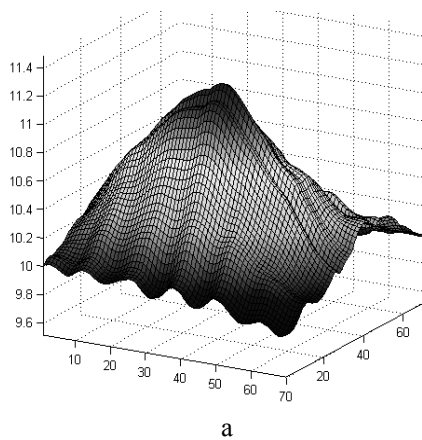


Рис. 4. Робота ТОВ "Карат" із застосуванням запропонованого алгоритму при відношенні сигнал/завада 1,6:
а – гістограма значень яскравості; б – ділянка екрана монітору

Проведені експерименти підтвердили теоретичні розрахунки спроможності збільшення дальності виявлення у декілька разів. Збільшення дальності виявлення залежить від часу обробки інформації і обчислювальних потужностей блоку обробки інформації

Висновок і напрям подальших досліджень

З аналізу результатів експериментальних досліджень видно принципова спроможність реалізації методу просторово-часової фільтрації ТВ-кадрів для виявлення слабоконтрастних об'єктів.

Метою подальшого дослідження є аналіз залежності збільшення відношення сигнал/завада і умовної ймовірності правильного виявлення при заданій умовній ймовірності помилкової тривоги від обсягу просторово-часових вибірок при проведенні просторово-часової фільтрації.

Список літератури

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс *Цифровая обработка изображений*. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Гальярді Р. М., Карп Ш. *Оптический зв'язок*. – К.: Вища школа, 1978. – 524 с.

3. Левин Б.Р. *Теоретические основы радиотехники*. – М.: Сов. радио, 1968. – 504 с.
4. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. *Цифровая обработка сигналов: методы и засоби*. 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
5. Якушенко Ю.Г. *Теория и расчет оптико-электронных приборов*. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.
6. Свенсон А.Н. *Паралельні методи і засоби розпізнавання образів*. Т. 2. – К.: Наук. думка, 1985. – 218 с.
7. Калашников А.М., Слуцкий В.З. *Основы радиотехники і радиолокації*. – М.: МО СРСР, 1965. – 135 с.
8. Москвитин С.В., Стрелков А.И. *Теоретические основы оптической локації*. – Х.: ВИРТА ПВО, 1992. – 369 с.
9. Фурман А.Я. *Введение в контурный анализ; приложение к обработке изображений и сигналов*. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.
10. Стрелков О.І., Жілін Е.І., Литюга А.П., Лісовенко С.О. *Виявлення сигналів в системах технічного зору* // *Радиотехника*. – Х.: ХНУРЕ, 2006. – № 145. – С. 178-184.
11. Стрелков О.І., Лісовенко С.О., Панасенко Д.П. *Обработка серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных ТВ-кадрів* // *Збірник наукових праць ХУ ПС*. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 6 (12). – 158 с.

Надійшла до редколегії 30.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.І. Карпенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.