

УДК 621.391

О.І. Стрелков<sup>1</sup>, Т.О. Стрелкова<sup>2</sup>, С.О. Лісовенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Українська 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 достатньо 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]

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

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  $\sigma_n^2$ , 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 входної зіниці  $D_{\text{вх}} = 150\text{мм}$  і фокусною відстанню  $f$  рівним  $500\text{мм}$  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  $1\text{мм}^2$ , оскільки площа міри, яка встановлена на відстані  $5\text{м}$ , еквівалентна об'єкту з площею  $2,5\text{м}^2$ , що знаходиться на відстані  $30\text{км}$ .

**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.

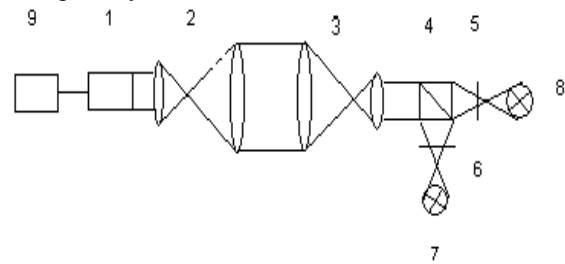
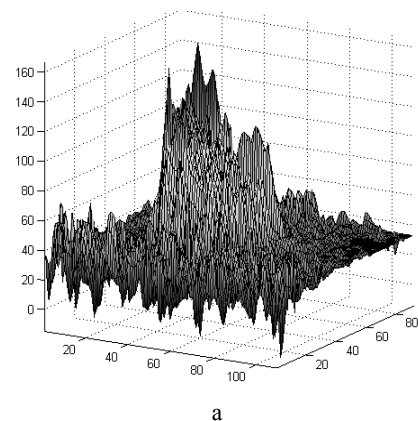
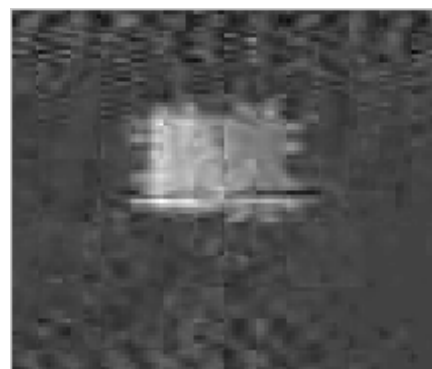


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – ЛІ-456 відікон; 2 – оптична система; 3 – коліматор; 4 – діляльний кубик; 5 – міра №1; 6 – нейтральний фільтр; 7, 8 – лампи підсвічування; 9 – ЕОМ



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). З

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

нал/завада дорівнює 10).

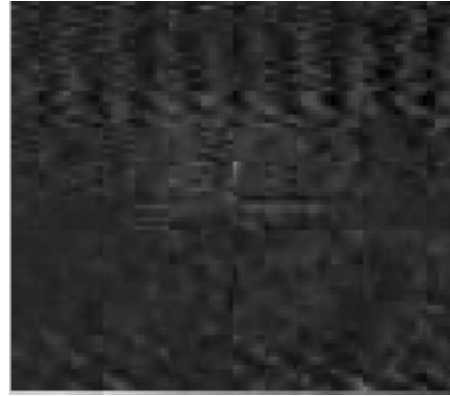
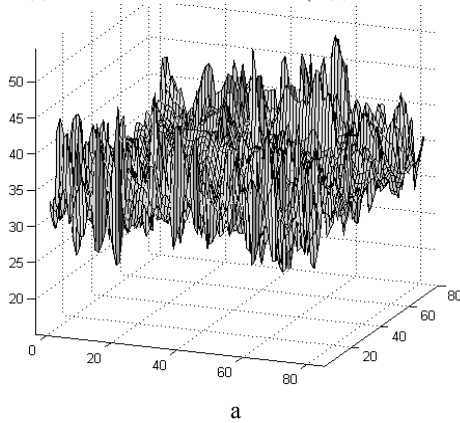


Рис. 3. Робота ТОВ "Карат" в штатному режимі при відношенні сигнал/завада 1,6:  
а – гістограма значень яскравості; б – ділянка екрана монітору

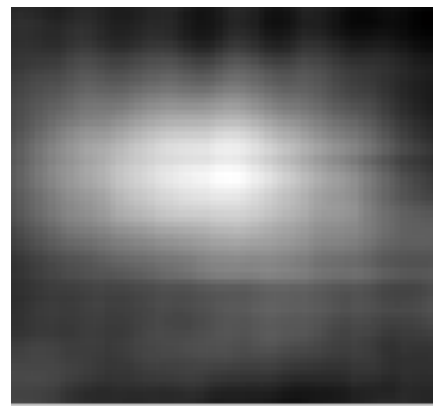
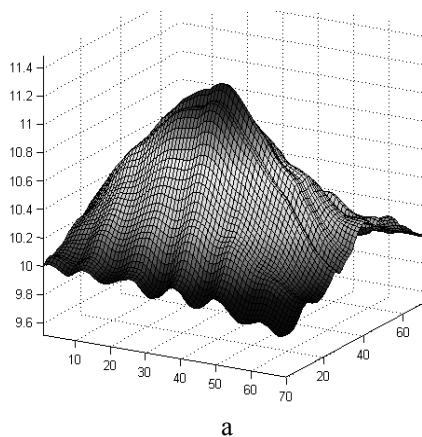


Рис. 4. Робота ТОВ "Карат" із застосуванням запропонованого алгоритму при відношенні сигнал/завада 1,6:  
а – гістограма значень яскравості; б – ділянка екрана монітору

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 слабконтрастних 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 слабконтрастных 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.