

ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРОГРЕССИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

PROGRESSIVE INFORMATION TECHNOLOGIES

УДК 528.29

Боровик О. В.¹, Рачок Р. В.², Дармороз М. М.³

¹Д-р техн. наук, професор, начальник кафедри інженерного забезпечення та технічних засобів охорони кордону, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, докторант, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

³Ад'юнкт, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Актуальність. В охороні державного кордону України використовується нова система оптико-електронного спостереження (СОЕС). Проте її потенційні можливості не реалізовані повною мірою. Однією з причин цього є відсутність науково-методичного апарату оцінки ефективності її функціонування при врахуванні різноманітних факторів природного і техногенного характеру. Останнє робить актуальним проведення відповідного дослідження.

Мета. Метою роботи є розробка методики оцінки ефективності функціонування СОЕС.

Метод. У роботі запропоновані показники ефективності функціонування окремих технічних засобів спостереження та їх комплексного використання з однієї вежі системи оптико-електронного спостереження. Також у роботі запропоновано новий показник ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження. У показнику враховано особливості ведення спостереження з комплексним використанням різних технічних засобів охорони кордону в різних умовах природного і техногенного характеру та з урахуванням рельєфу місцевості. Обґрунтування доцільності їх застосування передбачало використання ймовірно-статистичних методів.

Результати. На основі інформації про цифрові характеристики рельєфу досліджуваної ділянки здійснено визначення недоступних для спостереження ділянок місцевості, так званих «мертвих зон». Запропоновано методику обчислення показника ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження. Наведений опис алгоритмічної і програмної реалізації цієї методики. З використанням розробленого програмного забезпечення проведений аналіз особливостей функціонування існуючої системи оптико-електронного спостереження, визначені основні проблемні аспекти та напрями підвищення ефективності функціонування СОЕС.

Висновки. Сучасна побудова СОЕС не є оптимальною. Можливими напрямками підвищення ефективності її функціонування можуть бути оптимізація розстановки веж системи на місцевості, коригування висоти розміщення на вежах технічних засобів спостереження та вдалий підбір самих технічних засобів спостереження.

Ключові слова: система оптико-електронного спостереження, показник ефективності системи, математичні методи, алгоритм.

НОМЕНКЛАТУРА

E_0 – необхідний рівень ефективності СОЕС;
 E_ϕ – фактичний рівень ефективності СОЕС;
 m_R – математичне сподівання відстані до цілі;
 σ_R – середнє квадратичне відхилення відстані до цілі;
 p_0 – граничний рівень ефективності прикриття (ймовірність виявлення цілі);
 $P_1(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою РЛС;
 $P_2(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою тепловізійної камери;
 $P_3(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою тепловізійної камери;

ДПСУ – Державна прикордонна служба України;
РЛС – радіолокаційна станція;
СОЕС – система оптико-електронного спостереження;
ТЗОК – технічні засоби охорони кордону;
ТЗС – технічні засоби спостереження.

ВСТУП

Важливим фактором сучасного забезпечення прикордонної безпеки України є ефективне використання Державною прикордонною службою України технічних засобів охорони кордону. Але аналіз забезпечення підрозділів охорони кордону ТЗОК показує, що значна

частина цих засобів експлуатується понад 10–15 років і в будь-який час може вийти з ладу. Тому надзвичайно важливим є як оновлення існуючого парку ТЗОК, так і впровадження та ефективне використання кращого сучасного обладнання. Останнім часом на озброєння ДПСУ поступили нові ТЗОК в складі СОЕС. Однак виникає питання їх ефективного використання. Об'єктом дослідження є функціонування СОЕС, предметом дослідження є науково-методичний апарат оцінки ефективності функціонування СОЕС. Метою роботи є розробка методики оцінки ефективності функціонування СОЕС.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Завдяки технічній допомозі міністерства оборони США у рамках проекту міжнародної технічної допомоги ДПСУ було отримано високоточне обладнання системи оптико-електронного спостереження (СОЕС). Основою цієї системи є інтегровані вежі, на яких встановлені: радіолокаційні станції EL/M-2129 ELTA, електронно-оптичні камери, обладнання передачі даних. Однак ефективність використання цього сучасного обладнання значною мірою залежить від багатьох факторів: місць розташування веж спостереження, їх висоти, рельєфу місцевості, погодних умов, виду цілей. Попередній аналіз результатів оперативно-службової діяльності з застосуванням СОЕС свідчить про недостатню реалізованість потенціалу цієї системи. Для вдосконалення функціонування існуючої СОЕС та оптимізації побудови нових таких систем необхідно визначити показник ефективності роботи цієї системи та оцінити вплив на нього основних факторів.

2 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Дослідженню ефективності використання засобів спостереження з урахуванням різноманітних факторів приділяли увагу багато науковців. Зокрема, в [1–3] розглядалися питання реконструкції рельєфу місцевості в задачах спостереження. Ефективність ведення спостереження прикордонниками з урахуванням рельєфу місцевості та можлива тактика дій контрабандистів досліджувалися в [4–8]. Проте в [1–8] не враховувалися особливості використання різних технічних засобів спостереження (ТЗС). Окремі аспекти функціонування таких засобів аналізувалися у роботах [9–12]. У цих працях увага в основному приділялася визначенню підходів до оцінки ефективності ведення спостереження з використанням окремих ТЗС.

Однак використання СОЕС, в складі якої комплексно задіяні різні ТЗС, гостро ставить питання оцінки ефективності її функціонування з урахуванням різних факторів, зокрема, рельєфу місцевості. Все це обумовлює актуальність саме такого дослідження СОЕС.

Зважаючи на це, метою даної роботи є визначення показника ефективності ведення спостереження з використанням СОЕС, формування підходів до його знаходження та аналіз впливу різних факторів на цю ефективність.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Виявлення цілей СОЕС будемо розглядати як випадковий процес, а дальність дії засобів спостереження – як випадкову величину, закономірності зміни якої вивчаються за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики. На вежах СОЕС застосовуються наступні засоби спостереження: радіолокаційна станція ELTA

ELM-2129, тепловізійна камера Axys EOSS 180S-DUTV, телевізійна камера. Отримаємо для цих ТЗС вирази визначення ймовірності виявлення цілі в залежності від дальності, типу цілі, умов, в яких здійснюється спостереження, стану засобу спостереження.

Якщо розглядати виявлення цілі як випадковий процес, який відбувається в достатньо однорідних типових умовах, то розподіл дальності виявлення описується нормальним законом. Тоді дальність дії засобів спостереження буде цілком описана з ймовірнісної точки зору, якщо буде встановлене математичне сподівання m_R (обумовлене впливом контрольованих факторів) і середнє квадратичне відхилення σ_R . Для отримання цих величин по кожному ТЗС в різних умовах ведення спостереження можливо використати апарат математичної статистики. Слід відмітити, що одні і ті ж погодні, техногенні умови чи період доби по-різному впливають на ймовірність виявлення для даних ТЗС. Будемо вважати їх вплив протягом певного проміжку часу незмінним. Тоді інтегральний закон розподілу, що характеризує ймовірність виявлення цілі до її підходу на відстань R , буде мати вигляд

$$F(R) = \frac{1}{\sigma_R \sqrt{2\pi}} \int_{R_{\min}}^R e^{-\frac{(R-m_R)^2}{2\sigma_R^2}} dR,$$

де $R_{\min} = m_R - 3\sigma_R$.

Ймовірність виявлення цілі на дальності R буде знаходитись за формулою

$$P(R) = 1 - \frac{1}{\sigma_R \sqrt{2\pi}} \int_{R_{\min}}^R e^{-\frac{(R-m_R)^2}{2\sigma_R^2}} dR. \quad (1)$$

У випадку, якщо умови, в яких функціонує СОЕС, є такими, що характеризуються суттєвою невизначеністю, то розподіл дальності виявлення підпорядковується закону Релея і

$$P(R) = 1 - \int_0^R \frac{R}{\sigma_R^2} e^{-\frac{R^2}{2\sigma_R^2}} dR. \quad (2)$$

Розглянемо комплексне використання всіх ТЗС, які встановлені на вежах СОЕС.

Позначимо ймовірності виявлення окремими ТЗС в певний момент часу, які обчислюються за (1) або (2), наступним чином:

– $P_1(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою РЛС;

– $P_2(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою тепловізійної камери;

– $P_3(R)$ – ймовірність виявлення цілі за допомогою телевізійної камери.

Тоді ймовірність виявлення цілі за допомогою засобів, встановлених на k -тій вежі СОЕС, може бути знайдена так:

$$P_k(R) = 1 - \bar{P}_1(R) \cdot \bar{P}_2(R) \cdot \bar{P}_3(R). \quad (3)$$

Цей вираз визначає технологію оцінки ефективності однієї вежі СОЕС, як сукупності ТЗОК, що реалізують функції виявлення цілей.

Однак СОЕС представляє собою систему веж. Розглянемо ефективність функціонування цієї системи з точки зору виявлення цілей в межах смуги прикриття, яку потрібно забезпечити. Для цього визначимо підхід щодо визначення ефективності спостереження за кожним елементом ділянки місцевості, який буде загальним для всіх засобів спостереження (рис. 1).

У лівій частині рис. 1 показана смуга прикриття, яку необхідно реалізувати. В межах цієї смуги має забезпечуватись граничний рівень ефективності прикриття (ймовірність виявлення цілі) p_0 . Наступний елемент рис. 1 – «мертві» для спостереження зони, які утворюються внаслідок перешкоджаючого впливу рельєфу місцевості. Зони ефективності на рис.1 утворюються на основі обчислення для кожної вежі СОЕС показника (3).

У правій частині рис. 1 демонструється підхід до отримання результуючої ефективності з урахуванням «мертвих» для спостереження зон. Для цих ділянок приймається $P(R)=0$.

Остаточна ефективність спостереження за певною ділянкою місцевості усіма ТЗС визначається наступним чином:

$$P(R) = 1 - \prod_k (1 - P_k^i(R)). \quad (4)$$

Слід відмітити, що P_k^i у (4) обчислюється за (3) у випадку, якщо досліджувана ділянка не належить множині «мертвих» зон. В протилежному випадку $P_k^i=0$.

Необхідний рівень ефективності СОЕС приймемо

$$E_0 = S_0 \cdot p_0. \quad (5)$$

Слід відмітити, що такий рівень забезпечуватиметься у випадку, коли відсутні «мертві» зони і по всій площі смуги перекриття забезпечується висока ймовірність виявлення цілей p_0 (звичайно $p_0=0,95$). На жаль, наявність

недоступних для спостереження зон та зниження ймовірності виявлення цілі зі збільшенням відстані суттєво знижує фактичний рівень ефективності СОЕС

$$E_{\Phi} = \sum_i S_i \cdot p_i. \quad (6)$$

Слід відмітити, що p_i у (6) обчислюється на основі (4) відповідно до координат i -тої ділянки. Коли відомий фактичний рівень ефективності СОЕС (6) та необхідний рівень ефективності СОЕС (5) можливо остаточно оцінити ефективність прикриття необхідної смуги перекриття наступним чином:

$$W = \frac{E_{\Phi}}{E_0} \cdot 100\%. \quad (7)$$

Слід відмітити, що процедура обчислення показника (7) є достатньо складною. Це обумовлено необхідністю визначення «мертвих», недоступних для спостереження зон, які залежать від місць розташування веж СОЕС, висоти вежі та рельєфу місцевості. Тому необхідна алгоритмічна і програмна реалізація визначення (7).

Блок-схема знаходження (7), яка представляє відповідну методику, наведена на рис. 2.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

З метою програмної реалізації блок-схеми (рис. 2) було розроблене програмне забезпечення, в якому алгоритмічно реалізовано всі етапи розрахунку (7). Головне вікно програми представлено на рис. 3.

У верхній частині вікна знаходяться кнопки, з використанням яких реалізується завантаження у растрових форматах карти місцевості, висот та смуги перекриття. Після завантаження цих даних і визначення місць розташування веж СОЕС стає активною кнопка «Зони видимості». Обчислення цих зон проводиться на основі інформації про рельєф місцевості, координати веж СОЕС та висоти веж. Висоти місцевості отримані з проекту SRTM з просторовою роздільною здатністю 90 м.

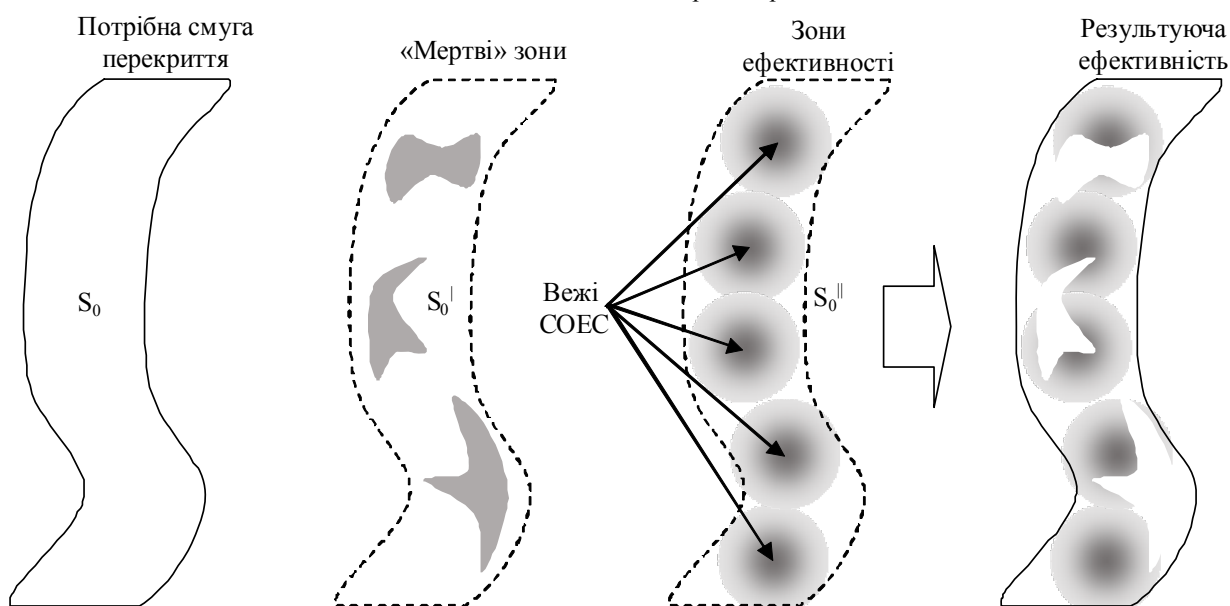


Рисунок 1 – Схема визначення ефективності виявлення цілі з використанням СОЕС

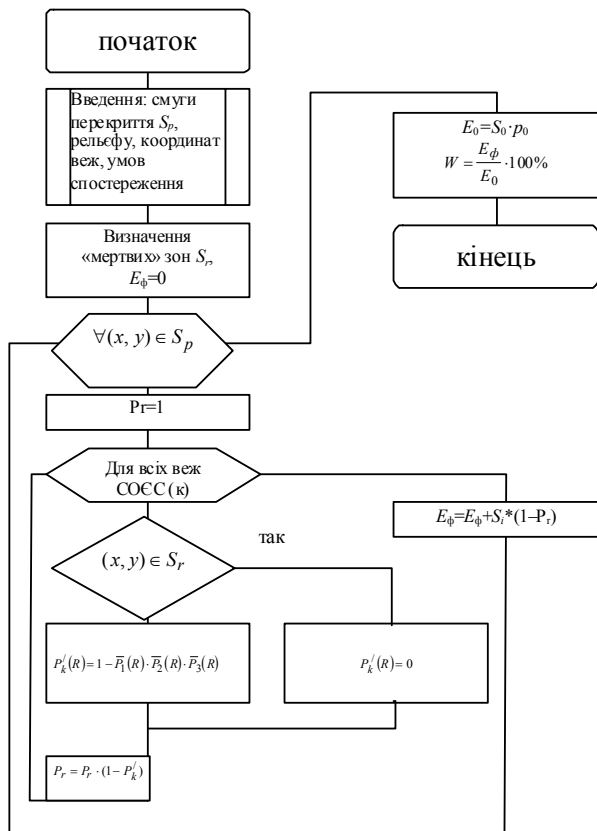


Рисунок 2 – Блок-схема обчислення ефективності прикриття необхідної смуги перекриття

Для визначення видимості ділянки місцевості, яка відповідає кожному пікселю, використовується авторський алгоритм, що ґрунтується на швидкому алгоритмі комп'ютерної графіки побудови відрізків на растрі – алгоритмі Брезенхема. Для кожної точки на місцевості від вежі спостереження до вказаної ділянки здійснюється обчислення висоти проходження променя (використовується рівняння прямої) і порівнюється з висотою рельєфу в цій точці. Якщо висота рельєфу є більшою – умова видимості порушується, перебір точок місцевості припиняється і досліджувана ділянка відноситься до «мертвої» зони. Порівняння програмної реалізації запропонованого алгоритму з програмною реалізацією інших аналогічних алгоритмів (r.viewshed в GRASS GIS) визначення зон видимості на одній обчислювальній платформі показала в декілька разів більшу швидкість.

Після визначення зон видимості стає доступною кнопка «Ефективність», яка запускає процедуру обчислення (7). При визначенні ефективності враховуються умови проведення спостереження (час доби, погодні умови), вид цілі і необхідний граничний рівень ефективності прикриття. Введення цих даних передбачене в головному вікні програми. Для кожного з варіантів умов проведення спостереження у програмі задані параметри m_R і σ_R , необхідні для обчислення (3).

З використанням картографічного сервісу Google Mars було визначено розміщення веж спостереження СОЕС. Результат обчислення показника (7) показав низьку ефективність існуючого прикриття необхідної смуги перекриття. У випадку малої цілі ця ефективність складає 47,57 що менше 50%. Однією з причин цього є нера-

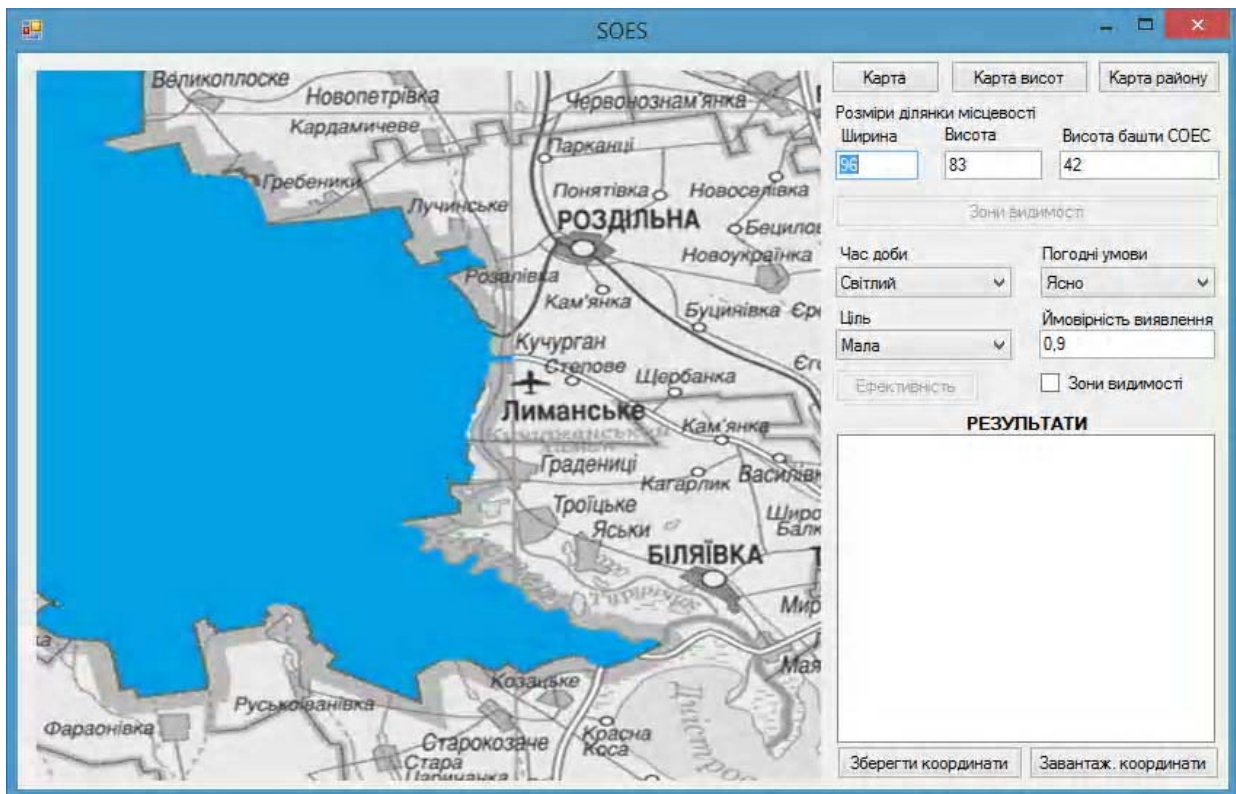


Рисунок 3 – Програма для визначення ефективності прикриття необхідної смуги перекриття з використанням СОЕС

ціональне розташування веж спостереження, яке не повною мірою враховує особливості рельєфу місцевості і форму необхідної смуги перекриття. В окремих випадках вежі встановлені на краю смуги. Звичайно, для малих цілей ефективність зі збільшенням відстані достатньо швидко спадає. Тому при невеликому розташуванні веж ефективне спостереження здійснюється лише по малій частці потрібної смуги перекриття. Одна з веж встановлена в місці, де смуга перекриття є вузькою. Тому значна частка потенційної ефективної площі спостереження втрачається, оскільки вона знаходиться поза межами смуги перекриття.

Після вибору іншого можливого більш раціонального розташування веж спостереження були отримані значно кращі результати. Цей спосіб розміщення веж отриманий шляхом незначних переміщень окремих з них. Для одного з варіантів умов спостереження вікно програми з результатами представлено на рис. 4. Для зручної інтерпретації результатів у програмі кольором відмічаються «мертві зони» та ефективність ведення спостереження.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Результати проведених розрахунків для різних варіантів умов спостереження (табл. 1) свідчать про можливість вдосконалення існуючої СОЕС за рахунок більш ефективного розташування веж спостереження.

З даних, наведених у табл. 1, випливає, що найбільше зростання W (практично у два рази) за рахунок кращого розташування веж досягається по малих цілях. У випадку середніх цілей значення W є кращими приблизно на 50%. Для великих цілей таке зростання є більш скромним і становить лише декілька відсотків.

Таблиця 1 – Оцінювання ефективності СОЕС

Погодні умови	Ціль	W початкова, %	W можлива, %
ясно	мала	47,57	75,37
	середня	59,11	85,07
	велика	97,47	99,16
дощ	мала	38,67	64,58
	середня	47,57	75,37
	велика	94,87	99,16

6 ОБГОВОРЕННЯ

Це пояснюється тим, що ефективна дальність спостереження ТЗС по великих цілях забезпечує значне перекриття зон для сусідніх веж. Тому остаточна ефективність обмежується лише негативним впливом рельєфу, що приводить до появи «мертвих» зон. Однак навіть у цьому випадку, як випливає з табл. 1, можливе більш ефективне розташування веж, при якому зменшується площа цих зон.

ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами проведеного дослідження в роботі запропоновані показники для оцінки ефективності ведення спостереження з використанням СОЕС та наведений можливий підхід до їх знаходження (методика обчислення). На основі використання програмної реалізації запропонованої методики, проведений аналіз впливу різних факторів на ефективність виявлення цілей. Проведені дослідження показали нерациональність існуючої побудови СОЕС та визначили можливі шляхи підвищення ефективності системи за рахунок покращення розстановки веж спостереження.

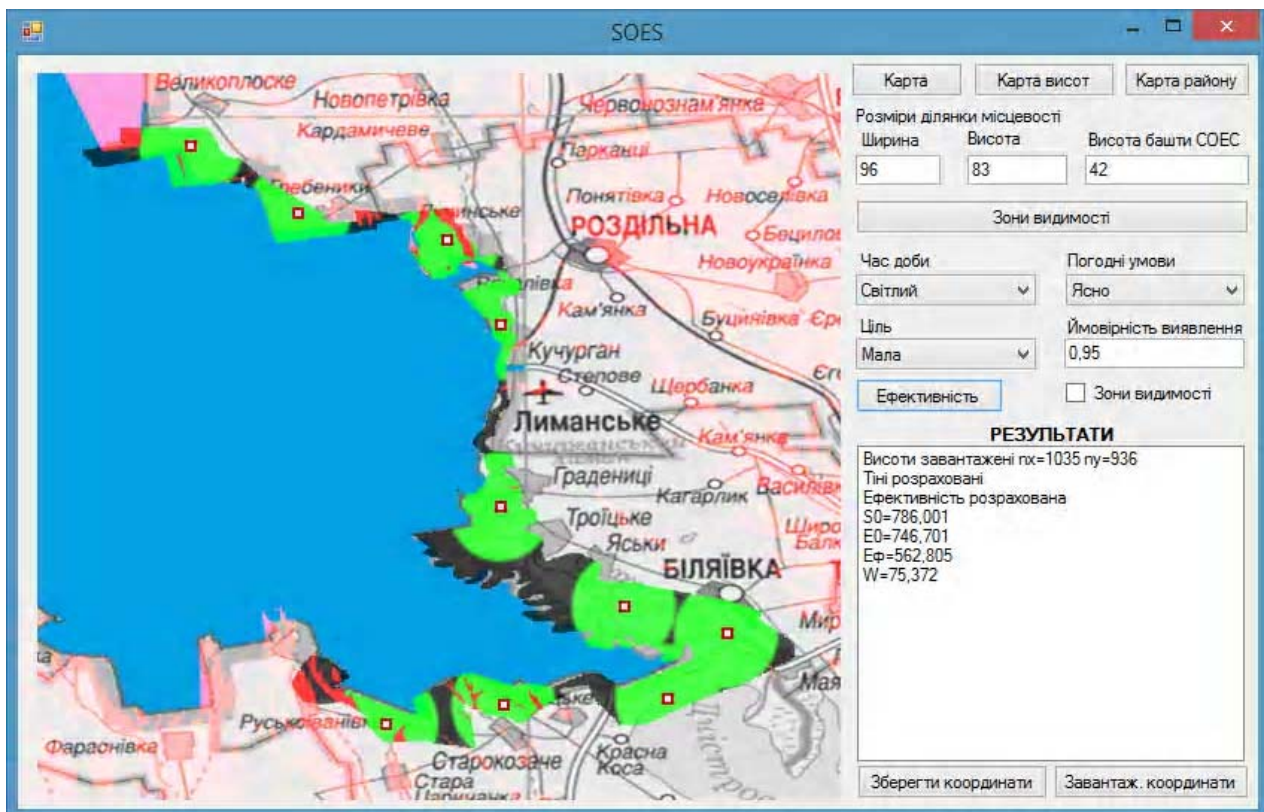


Рисунок 4 – Розрахунок ефективності прикриття необхідної смуги перекриття для можливого розташування веж СОЕС

ПОДЯКИ

У статті визначений науково-методичний апарат оцінки ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження. Роботу виконано в рамках спільних наукових досліджень кафедри інженерного забезпечення та технічних засобів охорони кордону і кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України. Дослідження здійснювались у рамках науково-дослідних робіт за темами «Опис рельєфу місцевості в задачах статистичної радіофізики з застосуванням геоінформаційних систем» та «Формалізація задач геоінформаційної обробки даних в системі охорони кордону».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tamal K. Curve and Surface Reconstruction : Algorithms with Mathematical Analysis / K. Tamal. – New York : Cambridge University Press, 2006. – 230 p.
2. Owen M. The compression of digital terrain elevation data (DTED) using JPEG 2000 : technical report : DSTO-TR-1548 / M. Owen, M. Grigg. / Command and Control Division Information Sciences Laboratory. – Australia, 2004. – 21 p.
3. Parallel ODETLAP for terrain compression and reconstruction / [J. Stookey, Z. Xie, B. Cutler, W. Randolph, D. Tracy, M. Andrade et al.] // ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems : 16th international conference, Irvine, 5–7 November 2008 : proceedings. ACM New York, 2008, – P. 135–144.
4. Smugglers and border guards – The GeoStar Project at RPI / [W. Franklin, M. Inanc, Z. Xie, D. Tracy, B. Cutler, M. Andrade, F. Luk et al.]. // ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems : 15th international symposium,

- Seattle, 7–9 November 2007 : proceedings. ACM New York, 2007. – P. 228–236.
5. Multiple observer siting and path planning on a compressed terrain / [D. Tracy, W. Franklin, B. Cutler et al.] // Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures, and Implementations : 17th international conference, San Diego, 26–27 August 2007: proceedings. Bellingham, 2007. – P. 6697–16.
 6. Tradeoffs when multiple observer siting on large terrain cells / [W. Franklin, C. Vogt, A. Riedl, W. Kainz, G. Elmes et al.] // Progress in Spatial Data Handling : 12th international symposium, University of Vienna, 12–14 July 2006: proceedings. Springer Berlin Heidelberg, 2006. – P. 845–861.
 7. Slope accuracy and path planning on compressed terrain / [W. Franklin, D. Tracy, M. Andrade et al.] // Spatial Data Handling : 13 th international symposium, Montpellier, 23–25 July 2008: proceedings. Springer Berlin Heidelberg, 2008. – P. 335–349.
 8. Tracy D. Path planning and slope representation on compressed terrain : thesis ... doctor of philosophy / Tracy Daniel. – Troy, Rensselaer Polytechnic Institute, 2009. – 106 p.
 9. Горбунов В. А. Эффективность обнаружения целей / В. А. Горбунов. – Москва : Воениздат, 1979. – 160 с.
 10. Кривошеев В. А. Эффективность охраны государственной границы СССР и основные направления ее повышения / В. А. Кривошеев. – Москва : Воениздат, 1988. – 256 с.
 11. Царьов Ю. О. Засоби візуального спостереження охорони державного кордону / Ю. О. Царьов, Д. А. Купрієнко. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2010. – 164 с.
 12. Дем'янюк С. М. Покращення характеристик радіолокаційних засобів охорони кордону при застосуванні спектрально-фазового методу обробки сигналів : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14 / Дем'янюк Сергій Миколайович. – Хмельницький, 2004. – 235 с.

Стаття надійшла до редакції 23.12.2016.
Після доробки 12.01.2017.

Боровик О. В.¹, Рачок Р. В.², Дармороз М. М.³

¹Д-р техн. наук, професор, начальник кафедри інженерного забезпечення і технічних засобів охорони границь, Національна академія Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницький, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, докторант, Національна академія Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницький, Україна

³Ад'юнкт, Національна академія Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницький, Україна

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Актуальность. В охране государственной границы Украины используется новая система оптико-электронного наблюдения (СОЭН). Однако ее потенциальные возможности не реализованы в полной мере. Одной из причин этого является отсутствие научно-методического аппарата оценки эффективности ее функционирования с учетом различных факторов природного и техногенного характера. Последнее делает актуальным проведение соответствующего исследования.

Цель. Целью работы является разработка методики оценки эффективности функционирования СОЭН.

Метод. В работе предложены показатели эффективности функционирования отдельных технических средств наблюдения и их комплексного использования с одной башни системы оптико-электронного наблюдения. Также в работе предложен новый показатель эффективности функционирования системы оптико-электронного наблюдения. В показателе учтены особенности ведения наблюдения с комплексным использованием различных технических средств охраны границы в различных условиях природного и техногенного характера и с учетом рельефа местности. Обоснование целесообразности их применения предусматривало использование вероятностно-статистических методов.

Результаты. На основе информации о цифровых характеристиках рельефа исследуемого участка осуществлено определение недоступных для наблюдения участков местности, так называемых «мертвых зон». Предложена методика вычисления показателя эффективности функционирования системы оптико-электронного наблюдения. Приведено описание алгоритмической и программной реализации этой методики. С использованием разработанного программного обеспечения проведен анализ особенностей функционирования существующей системы оптико-электронного наблюдения, определены основные проблемные аспекты и направления повышения эффективности функционирования СОЭН.

Выводы. Текущее построение СОЭН не является оптимальным. Возможными направлениями повышения эффективности ее функционирования могут быть оптимизация расстановки башен системы на местности, корректировка высоты размещения на башнях технических средств наблюдения и удачный подбор самих технических средств наблюдения.

Ключевые слова: система оптико-электронного наблюдения, показатель эффективности системы, математические методы, алгоритм.

Borovik O. V.¹, Rachok R. V.², Darmoroz M. M.³

¹Dr.Sc., Professor, Department of Engineering and Technical Means of Border Protection, National Academy of State Border Guard Service of Ukraine Named After Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

²PhD, Associate Professor, Doctorate, National Academy of State Border Guard Service of Ukraine Named After Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

³Adjunct, National Academy of State Border Guard Service of Ukraine Named After Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEM

Context. In the protection of the state border of Ukraine used the new system of optical-electronic observation (SOEO). However, its potential is not fully realized. One of the reasons for this is the lack of scientific and methodological apparatus of evaluation of the effectiveness of its functioning in various factors of natural and technogenic character. The latter makes it relevant to conduct appropriate research.

Objective. The aim of this work is to develop a methodology for assessing the efficiency of SOEO.

Method. The proposed indicators of efficiency of functioning of individual surveillance technology and their integrated use with one tower system opto-electronic surveillance. The work also proposed a new indicator of efficiency of functioning of system of optical-electronic observation. The indicator takes into account features of conducting observations with the comprehensive use of various technical means of border protection in various conditions of natural and technogenic character, and given the terrain. Substantiation of expediency of their application involved the use of probabilistic-statistical methods.

Results. On the basis of information about digital characteristics of the topography of the investigated area carried out determining unobservable areas, the so-called "dead zones". The proposed method of calculating the index of efficiency of functioning of system of optical-electronic observation. The description of algorithmic and software implementation of this technique. Using the developed software the analysis of the functioning of the current system optical-electronic surveillance, identified key problematic aspects and directions of improving the efficiency of SOEO.

Conclusions. Modern building of SOEO is not optimal. Possible directions of increase of efficiency of its functioning can be optimization of the placement of the towers system on the ground, adjusting the height placement on the towers of surveillance technology and a good selection of the technical means of observation.

Keywords: system of optical-electronic observation, system performance indicator, mathematical methods, algorithm.

REFERENCES

1. Tamal K. Curve and Surface Reconstruction : Algorithms with Mathematical Analysis. New York, Cambridge University Press, 2006, 230 p.
2. Owen M., Grigg M. The compression of digital terrain elevation data (DTED) using JPEG 2000 : technical report : DSTO-TR-1548, *Command and Control Division Information Sciences Laboratory*. Australia, 2004, 21 p.
3. Stookey J., Xie Z., Cutler B., Randolph W., Tracy D., Andrade M. et al. Parallel ODETLAP for terrain compression and reconstruction, ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems : 16th international conference, Irvine, 5–7 November 2008 : proceedings. ACM New York, 2008, pp. 135–144.
4. Franklin W., Inanc M., Xie Z., Tracy D., Cutler B., Andrade M., Luk F. et al. Smugglers and border guards – The GeoStar Project at RPI, *ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems : 15th international symposium, Seattle, 7–9 November 2007 : proceedings*. ACM New York, 2007, pp. 228–236.
5. Tracy D., Franklin W., Cutler B., Andrade M., Luk F., Inanc M., Xie Z. et al. Multiple observer siting and path planning on a compressed terrain, *Advanced Signal Processing Algorithms, Architectures, and Implementations : 17th international conference*. San Diego, 26–27 August 2007: proceedings. Bellingham, 2007, pp. 6697–16.
6. Franklin W., Vogt C., Riedl A., Kainz W., Elmes G. et al. Tradeoffs when multiple observer siting on large terrain cells, *Progress in Spatial Data Handling : 12th international symposium, University of Vienna, 12–14 July 2006: proceedings*. Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 845–861.
7. Franklin W., Tracy D., Andrade M., Muckell J., Inanc M., Xie Z., Cutler B. et al. Slope accuracy and path planning on compressed terrain, *Spatial Data Handling : 13th international symposium, Montpellier, 23–25 July 2008: proceedings*. Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 335–349.
8. Tracy D. Path planning and slope representation on compressed terrain : thesis ... doctor of philosophy. Troy, Rensselaer Polytechnic Institute, 2009, 106 p.
9. Gorbunov V. A. *Jeftektivnost' obnaruzhenija celej*. Moscow, Voenizdat, 1979, 160 p.
10. Krivosheev V. A. *Jeftektivnost' ohrany gosudarstvennoj granicy SSSR i osnovnye napravlenija ee povyshenija*. Moscow, Voenizdat, 1988, 256 p.
11. Car'ov Ju. O., Kuprienko D. A. *Zasobi vizual'nogo sposterezhenija ohoroni derzhavnogo kordonu*. Hmel'nic'kij, Vid-vo NADPSU, 2010, 164 p.
12. Dem'janjuk S. M. *Pokrashhenija harakteristik radiolokacijnih zasobiv ohoroni kordonu pri zastosuvanni spektral'no-fazovogo metodu obrobki signaliv : dis. ... kand. tehn. nauk : 20.02.14*. Hmel'nic'kij, 2004, 235 p.