

УДК 623.438.24

¹І.В. Петлюк¹А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с.²О.І. Петлюк¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна²1240 ЦЗРД про СО, м. Львів, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ПАНОРАМИ НАЗЕМНОЇ ОБСТАНОВКИ

Представлено розроблену інформаційну модель процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки при веденні артилерійської розвідки.

Ключові слова: пункт управління артилерійської розвідки (ПУАР), розвідувальна панорама наземної обстановки (РПНО), розвідувальні засоби (РЗ), рухомий розвідувальний пункт (РРП).

Постановка проблеми

Через різнотипність, різноточність засобів розвідки інформації про наземну обстановку (НО), так само через відмінність набору ознак, якими описуються наземні об'єкти (цілі), завдання формування інформаційної моделі НО стає однією з найскладніших, відповідальніших і актуальніших, а похибки, що виникають, неминуче напряму впливають на ефективність і стійкість рішення задач з опрацювання розвіданих даних про об'єкти (цілі). Найвні методи та методики обробки розвідувальної інформації про об'єкти (цілі) не в повній мірі задовольняють потреби командирів. Підтвердженням цьому є робота розвідувальних підрозділів у зоні антитерористичної операції (АТО) на сході нашої держави. Саме тому зараз, як ніколи раніше, нагально постало питання щодо розробки інформаційної моделі процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Вивчення й аналіз опублікованих у вітчизняних та зарубіжних виданнях матеріалів авторів: Авласека А.В., Алексеєва Є.Г., Бангальтера Р.І., Волосюка В.Г., Кравченка В.Ф., Курилкіна В.В., Литвинова С.П., Моченова В.А., Зубкова А.М. та інших дозволяють зробити висновок про те, що початок ХХІ століття є періодом активної роботи військових, цивільних фахівців у сфері інформаційного комплексування засобів розвідки. Досягненням науковців на цьому етапі є можливість відобразити розвідувальні дані про об'єкти (цілі) на моніторі (поліекрані) командира (оператора) [1–7].

Постановка задачі та її розв'язання

Метою роботи є розроблення інформаційної моделі процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки для підвищення ефективності артилерійської розвідки. Вирішенню цієї задачі слугуватиме комплексування розвідувальних даних від засобів розвідки.

Виокремлення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Однією з проблем, яку на цьому етапі не завжди можна вирішити на пункті управління артилерійською розвідкою – об'єднати розвідувальну інформацію від різних засобів розвідки з метою створення узагальненої панорами наземної обстановки, своєчасно внести зміни в неї та відобразити НО на моніторах (дисплеях) та індикаторах автоматизованих робочих місць (АРМ). Саме вирішенню цього завдання присвячується стаття.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Аналізуючи розвідувальні дані, командир приймає рішення на опрацювання об'єкту (цілі), при чому якість цих рішень напряму залежить від адекватності сформованої інформаційної моделі НО. Вона повинна відповідати обстановці, що реально складається. Широкі можливості для створення повної та достовірної інформаційної моделі НО відкриваються на ПУАР при об'єднанні інформації від декількох незалежних розвідувальних засобів, що особливо важливо в умовах інтенсивної радіоелектронної протидії. Об'єднання інформації про НО від засобів розвідки, що функціонують на різних фізичних принципах, при обробці організаційно передбачає поділ на два методи: централізований і децентралізований.

В першому випадку обробка проводиться на ПУАР за даними інформації від засобів розвідки. Така організація дає потенційно вищі точнісні характеристики, але вимагає значних обчислювальних затрат. Децентралізований метод дозволяє розвантажити обчислювальні засоби ПУАР, але виникає проблема спостереження наземних об'єктів (цілей), коли два або більше розвідувальних засобів супроводжують один і той же наземний об'єкт (ціль).

Пропоную використати такі методи:

- перший метод заснований на тому, що комплексування розвідувальної інформації від усіх засобів розвідки відбувається об'єднанням за всіма можливими варіантами групування засобів, підрахунок, і на підставі цього приймається рішення про ідентифікацію;

- другий метод передбачає необхідність вибору опорного (ведучого) засобу розвідки і щодо нього проводити комплексування. Спочатку об'єднуються дані засобу розвідки з вищим пріоритетом і формується перший масив об'єднаних спостережень. Отриманий масив об'єднується послідовно в часі з даними засобів розвідки нижчих пріоритетів.

Таким чином, запропоновані методи та алгоритми об'єднання інформації про НО від засобів розвідки, що функціонують на різних фізичних принципах, на основі представленої структури дозволять підвищити якість формування об'єднаної моделі НО, своєчасність її оновлення. Рішення, прийняте командиром на основі аналізу моделі НО, буде близьким до оптимального.

Розпізнавання наземних об'єктів (цілей), одержаних від різних засобів розвідки на рухомих розвідувальних пунктах, допускає розділення смуги розвідки на сектори і встановлення факту наявності елементу НО в кожному з них. Розділення інформаційного простору реальної НО на дискрети (області D_1, D_2, \dots, D_n), відповідає класам $n_{X_i}, n_{Y_i}, n_{H_i}, n_{X_i}, n_{Y_i}, n_{H_i}$. Вказане розділення

повинно бути виконано так, щоб забезпечувалося мінімальне значення похибок зарахування об'єктів (цілей), що класифікуються, до «чужих» класів. Результатом такої операції є зарахування об'єкту (цілі), що має набір ознак $X, Y, H \dot{X}, \dot{Y}, \dot{H}$ (точка в n – мірному просторі), до класу f_i , якщо вказана точка лежить у відповідній класу області ознак – D_i . Розділ інформаційного простору реальної НО ознак можна уявити, як побудову розділяючих функцій між безліччю (областями) ознак D_i , які належать різним класам. Отже, розпізнавання і зіставлення параметрів наземних об'єктів (цілей) є основною задачею, вирішуваною при комплексуванні розвідувальної інформації [6-11].

Принцип комплексування розвідувальної інформації від засобів розвідки на рухомих розвідувальних пунктах представлений на рис. 1.

Фізично розпізнавання ґрунтується на порівнянні значень тієї або іншої міри близькості об'єкту (цілі), що розпізнається, з кожним класом. При цьому, якщо значення вибраної міри близькості (схожості) цього об'єкта (цілі) з яким-небудь класом досягає екстремуму щодо значень її по інших класах, то приймається рішення про приналежність об'єкта (цілі) цьому класу. Якщо міра близькості не має екстремуму, то не можна віддати перевагу жодному з класів.

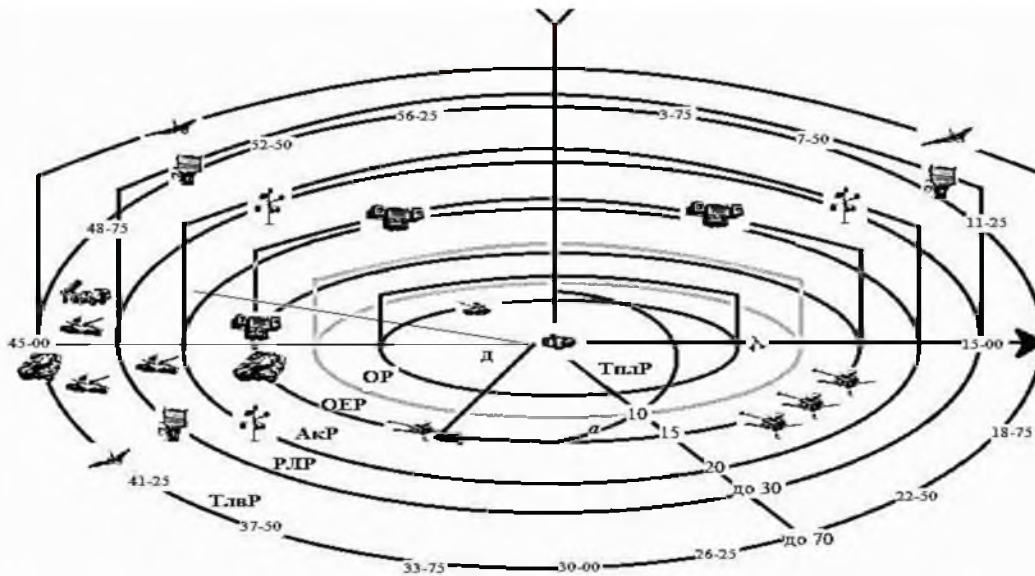


Рис. 1. Комплексування розвідувальної інформації від засобів розвідки на рухомих розвідувальних пунктах

Задачу визначення параметрів розглядаємо з погляду теорії оцінювання. При цьому враховуємо якомога більше чинників, що впливатимуть на їх величини. Наприклад, для визначення параметрів дискрет по координатах X, Y вся область визначення цієї ознаки розділяється на інтервали. Розмір інтервалів вибирається так, щоб враховувались такі чинники, як похибка вимірювання координат X та Y засобом розвідки, похибка вторинної обробки інформації засобом розвідки, систематична похибка орієнтування засобу розвідки, похибка перерахунку координат на РРП, похибка визначення просторового положення засобу розвідки (топоприв'язки), роздільна здатність засобу розвідки. У загальному випадку розмір інтервалів змінний, залежить від віддалі до наземного об'єкта (цілі) і може змінюватися у декілька разів.

Якщо значення ознак, виміряних у декількох наземних об'єктів (цілей), перебувають в одному інтервалі, то кожний з них ідентифікується номером цього інтервалу – елементом ідентифікації. Факт наявності одного або декількох наземних об'єктів в i -ій дискреті простору ознак описується масивом, який містить номер наземного об'єкта (цілі) в системі засобу розвідки і елементи ідентифікації кожної ознаки.

В основу математичної оцінки інформаційної моделі процесу формування розвідувальної панорами НО покладено метод розділення зображення на елементи, розміри яких визначаються роздільною здатністю приладу спостереження за відповідною координатою сформованого зображення. При цьому адекватність отриманих результатів базується на можливості їх наочної фізичної інтерпретації.

Математичне забезпечення оцінки інформативності сформованої панорами наземної обстановки реалізується у підсистемі прийняття рішень. Саме в ній задана вирішальна функція (правило прийняття рішень), що розбиває вибіркоий наземний простір на непересічні області, які відповідають панорамам, що розпізнаються (рис. 2).

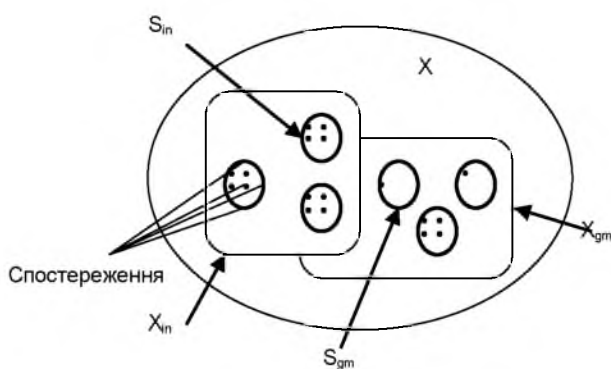


Рис. 2. Панорами, що викриваються, які задані в просторі вибірок X

Для вибору та обґрунтування інформаційної моделі процесу формування розвідувальної панорами НО, вибору приладів артилерійської розвідки й аналізу варіантів їх застосування в якості початкових приймемо такі передумови [6–11]:

- джерелом інформації для розвідувальних засобів РРП є розсіяне або випромінюване складною протяжною ціллю електромагнітне поле, характеристики якого однозначно пов'язані з геометричними та фізичними параметрами

формуєтворювальній поверхні конструкції цілі та в значній мірі залежать від умов спостереження. Глибина та динаміка цих залежностей різко диференційована для різних каналів, тобто різні спектральні канали в однакових умовах застосування мають різну бойову ефективність;

– вихідним сигналом спектрального каналу є зображення цілі у відповідному контрасті, залежно від геометричних особливостей спостереженої цілі. Це передбачає наявність у каналах просторової (кутової за віддаллю) або спектральної (доплерівської) роздільної здатності, яка відповідає таким вимогам:

$$\frac{L_{\alpha,\varepsilon,D}}{\Delta\alpha,\Delta\varepsilon,\Delta D} > 1 \quad \frac{1}{T_{cn}} \ll \Delta f_e \quad (1)$$

де: $L_{\alpha,\varepsilon,D}$ – лінійні розміри спостереженої цілі, відповідно за азимутом – α , кутом місця – ε та віддаллю – D ;

$\Delta\alpha, \Delta\varepsilon, \Delta D$ – лінійна роздільна здатність каналу за азимутом – α , кутом місця – ε та віддаллю – D ;

T_{cn} – час спостереження цілі;

Δf_e – ефективна ширина спектру зондуючого сигналу.

Для одномірних зображень цілі кількість інформації $I(nm)$ може бути визначена як:

$$I(nm) = n \cdot \log_2 m \quad (2)$$

де: n – кількість незалежних вибірок (за теоремою Котельникова);

m – кількість рівнів дискретизації контрасту (на практиці визначається динамічним діапазоном зміни відношення сигнал/шум+завада на виході каналу).

Умовою якісного формування будь-якого зображення є відношення СШЗ $\gg 1$. Тоді вихідні сигнали спектральних каналів можна формувати шляхом бінарного квантування, і вираз (2) можна записати як:

$$I(nm) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } m = 1, \text{ контрасту немає} \\ n, \text{ якщо } m = 2, \text{ контраст } \varepsilon \end{cases} \quad (3)$$

Тобто, у цьому випадку кількість інформації пропорційна загальній кількості розрізнених елементів радіолокаційного (I_{pl}^*) або оптичного (I_o^*) зображення. З врахуванням цього, кількість розрізнених елементів, яка міститься в зображеннях з високою кутковою роздільною здатністю (фото- та інфрачервоний канали), може бути визначена за виразами:

$$I_o^*(n_o) = \frac{L_{\alpha,\varepsilon}}{\Delta\alpha,\varepsilon} \quad \text{або} \quad I_{pl}^*(n_o) = \frac{L_{\alpha,\varepsilon}}{D \operatorname{tg} \Delta\theta_{\alpha,\varepsilon}} \quad (4)$$

де: $\theta_{\alpha,\varepsilon}$ – кутова роздільна здатність, яка на практиці визначається шириною діаграми прийомної апертури каналу;

D – віддаль до цілі.

Для зображення з високою роздільною здатністю за віддаллю радіолокаційного каналу маємо:

$$I_{pl}^* = \frac{L_D}{\Delta D} \quad (5)$$

Припустимо, що фото та інфрачервоні канали мають однакову кутову роздільну здатність за азимутом та кутом місця $\Delta\theta_{\alpha} = \Delta\theta_{\varepsilon} = \Delta\theta$, а також, враховуючи залежність характеристик поширення електромагнітних хвиль фото та інфрачервоних каналів від приземної частини атмосфери D_0 для двомірних зображень, із врахуванням виразу (4), отримаємо:

$$I_o^*(n_o) = \frac{L_{\alpha} L_{\varepsilon}}{\gamma D_0^2 \operatorname{tg}^2 \Delta\theta} \quad (6)$$

де: $\gamma \geq -$ коефіцієнт прозорості атмосфери, який визначають як відношення віддалі оптичної видимості при стандартних параметрах атмосфери D_0 до віддалі при наявності завад (дощ, туман, сніг, дим, пил).

Аналіз формул (5) та (6) показує, що: максимальна кількість розрізнених елементів, яку отримують від цілі в радіолокаційному каналі, не залежить від віддалі до цілі за відповідних характеристик відношення СШЗ; максимальна кількість розрізнених елементів у фото – та інфрачервоному каналах є функцією прозорості приземної частини атмосфери та віддалі до цілі, при цьому швидкість зміни кількості інформації може бути визначена шляхом диференціювання (6):

$$\frac{dI_o^*}{dD} = -\frac{2L_\alpha L_\varepsilon}{\gamma g^2 \Delta\theta} D^{-3} \quad (7)$$

В якості інформаційного показника порівняльної характеристики каналів E можна прийняти відношення виразів (5) та (6) для $D = D_0$:

$$E = \frac{\gamma \cdot \text{tg}^2 \Delta\theta}{\Delta D} \cdot \frac{L_D}{L_\alpha L_\varepsilon} D_0^2. \quad (8)$$

Таким чином, при заданих фізичних розмірах цілі порівняльна інформативна ефективність радіолокаційного зображення та зображень в оптичних (фотоконтрастному та інфрачервоному) каналах визначається відношенням просторових роздільних здатностей та суттєво залежить від віддалі до цілі та параметрів приземної частини атмосфери.

Потенційна кількість інформації, яка отримують засобами розвідки РРП, визначається виразом:

$$I = \log_2 \left(\frac{1}{D^2} \left[\frac{L_\alpha L_\varepsilon}{\gamma_\phi \text{tg}^2 \Delta\theta_\phi} + \frac{L_\alpha L_\varepsilon}{\gamma_{i\phi} \text{tg}^2 \Delta\theta_{i\phi}} \right] + \frac{L_D}{\Delta D} + \frac{\Delta F_e}{\Delta F_d} \right), \quad (9)$$

де: $\gamma_\phi, \gamma_{i\phi}, \Delta\theta_\phi, \Delta\theta_{i\phi}$ – коефіцієнти прозорості атмосфери та кутові роздільні здатності фото- та інфрачервоного каналів відповідно;

ΔF_e – ефективна ширина доплерівського спектру цілі, яку визначають розкладом амплітуд повздовжніх коливань точок формоутворювальної поверхні, зміщених відносно її центру тяжіння;

ΔF_d – доплерівська роздільна здатність радіолокаційного каналу;

D – віддаль до цілі.

Аналіз виразу (9) показує, що наявність цілодобового та такого, що може застосовуватись у будь-яких метеорологічних умовах, радіолокаційного каналу при комплексуванні засобів розвідки РРП обов'язкова (для компенсації втрат інформації з фото- та ІЧ-каналів при збільшенні віддалі цілі та наявності згасань у приземній частині атмосфери; націлюванні вузько направлених фото- та ІЧ-каналів при широкому кутовому секторі спостереження) [6–11].

Таким чином, розроблена інформаційна модель процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки дає можливість: отримання комплексного відображення реальної розвідувальної панорами обстановки, своєчасного управління її зміною; враховує можливості парціальних каналів спостереження; забезпечує диференційоване використання каналів спостереження для досягнення необхідної бойової ефективності розвідки та управління вогневыми засобами.

Перспективи подальших досліджень

Наявні методи, методики та інформаційні моделі обробки розвідувальної інформації про об'єкти (цілі) потребують удосконалення. Саме тому зараз необхідно використати запропоновані методи та інформаційну модель процесу формування розвідувальної панорами наземної обстановки для підвищення ефективності артилерійської розвідки. Практичні дослідження та удосконалення запропонованих методів та інформаційної моделі доцільно провести в розвідувальних підрозділах у зоні антитерористичної операції на сході нашої держави.

Список використаних джерел

1. Авласенок А.В. Современные требования к многоспектральным автоматам сопровождения целей для систем высокоточного оружия и возможные пути их реализации / А.В. Авласенок, Е.Г. Алексеев, С.П. Литвинов; Ф.Л. Савицкий. // Радиоэлектроника. – 2008. – № 6. – С. 54–61.
2. Алексеев Е.Г. Теоретическая модель системы селекции комбинированной оптико-радиолокационной головки самонаведения / Е.Г. Алексеев, Р.И. Банкгальтер, В.В. Курилкин, В.А. Моченов // Радиотехника. – 2004. – № 11. – С. 3–11.
3. Банкгальтер Р.И. Концептуальный обмен информационной подсистемы самонаводящихся зенитных управляемых ракет перспективных ЗРК / Р.И. Банкгальтер, В.В. Курилкин, В.А. Моченов, А.В. Авласенок // Радиоэлектроника. – 2008. – № 5. – С. 49–54.
4. Волосюк В.К., Кравченко В.Ф. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации / В.К. Волосюк, В.Ф. Кравченко // под ред. В.Ф. Кравченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2008. – 704 с.
5. Кравченко В.Ф. Электромагнитное поле сверхпроводящих антенных решеток / В.Ф. Кравченко, А.Ф. Чаплин, В.Л. Рванев // ДАН. – 1993. – № 6. – С. 725–726.
6. Петлюк І.В. Новий підхід щодо комплексування розвідувальної інформації / І.В. Петлюк., С.Г. Власенко, А.М. Зубков // збірка тез доп. 21 Міжнародної НТК GEOFORUM'2016 13–15 квітня 2016 р. Львів – Брюховичі – Яворів, «ЛП», 2016. – С. 105–107.
7. Петлюк І.В. Метод об'єднання розвідувальної інформації про наземну обстановку від розвідувальних засобів, діючих на основі різних фізичних принципів / І.В. Петлюк., А.М. Зубков // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: збірка тез доп. Міжнародної НТК 18–20 травня 2016 р. – Львів, АСВ, 2016. – С. 104.
8. Петлюк І.В. Технічні вимоги до створюваних БРМ / І.В. Петлюк., О.І. Петлюк // Перспективні шляхи розвитку інформаційних систем прицілювання та самонаведення ВТО РВ і А збірка тез доп. Третього НТС 28–29 березня 2012 р. – Львів : АСВ, 2012. – С. 78–80.
9. Петлюк І.В. Оснащення сучасних бойових розвідувальних машин / І.В. Петлюк., О.І. Петлюк // Перспективні шляхи розвитку інформаційних систем прицілювання та самонаведення ВТО РВ і А збірка тез доп. Третього НТС 28–29 березня 2012 р. – Львів : АСВ, 2012. – С. 85–86.
10. Петлюк І.В. Електронні засоби розвідки і сигналізації / І.В. Петлюк // Перспективні шляхи розвитку інформаційних систем прицілювання та самонаведення ВТО РВ і А збірка тез доп. Четвертого НТС 27–28 березня 2013 р. – Львів : АСВ, 2013. – С. 177–180.
11. Петлюк І.В. Погляди щодо зміни тактики дій підрозділів артилерійської розвідки / І.В. Петлюк, В.Ф. Беляков, Я.Г. Заяц // Перспективи розвитку О та ВТ Сухопутних військ : збірка тез доп. Міжнародної НТК 14–16 травня 2014 р. – Львів : АСВ, 2014. – С. 140–141.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ ПАНОРАМЫ НАЗЕМНОЙ ОБСТАНОВКИ

І.В. Петлюк, А.М. Зубков, А.І. Петлюк

Разработана информационная модель процесса формирования разведывательной панорамы наземной обстановки, которая дает возможность отображать на мониторе командира (оператора) её реальное состояние, своевременно вносить в неё изменения и использовать для повышения эффективности артиллерийской разведки.

Ключевые слова: пункт управления артиллерийской разведки, разведывательная панорама наземной обстановки, разведывательные средства, подвижный разведывательный пункт.

INFORMATIVE MODEL OF PROCESS OF FORMING OF RECONNAISSANCE PANORAMA OF THE GROUND SITUATION

I. Petlyuk, A. Zubkov, A. Petlyuk

The informative model of process of forming of reconnaissance panorama of the ground situation which enables to represent its real state on the monitor of commander (operator) is developed, in good time to make in her alterations and use for the increase of efficiency of artillery secret service.

Keywords: point of management of artillery secret service, reconnaissance panorama of the ground situation, reconnaissance facilities, mobile reconnaissance point.

Надійшла до редакції 02.12.2016