

А. А. Побережний, С. А. Горслишев, В. Е. Лісцин

## МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО БОЙОВОГО ПОРЯДКУ СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУБЕЖЕМ БЛОКУВАННЯ

*Запропоновано для визначення раціонального бойового порядку системи спостереження використовувати інформацію про зони прямої видимості, отриману на основі геопросторової інформації про рельєф місцевості. Вирішено задачу оптимізації розташування на місцевості засобів спостереження за допомогою теорії графів.*

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з головних функцій внутрішніх військ МВС України (далі ВВ) є локалізація та припинення можливих збройних конфліктів на території країни. На частини і з'єднання ВВ, що братимуть участь у припиненні конфлікту, можуть покладати завдання, які умовно поділяються на три групи: охорона й оборона об'єктів у районі конфлікту; забезпечення охорони громадського порядку і суспільної безпеки; локалізація та припинення збройних конфліктів, що розв'язані на території країни [1].

В умовах надзвичайного стану під час проведення спеціальної операції проти незаконних збройних формувань (НЗФ) у значному за площею операційному районі необхідне широкомасштабне застосування військ, що за певних умов є проблематичним за обмеженої кількості особового складу, який реально може бути залучений до операції. Тому виникає питання щодо розроблення підходів до раціонального застосування наявного кількісного потенціалу військ [2]. Особливо актуальним воно є стосовно виконання завдання з блокування НЗФ до підходу основних сил ВВ шляхом організації системи прихованого спостереження за рубежем блокування.

Під час контрдиверсійної та контртерористичної охорони об'єктів спостереження організують на дальніх підступах до об'єкта, у безпосередній близькості та на його території. Спостереження організують з перекриттям зон видимості, для чого необхідно ешелонувати пости спостереження та виносити їх на окремі висоти. Узагальнену зону виявлення засобів спостереження представляють у вигляді сукупності зон виявлення кожного засобу. Задача оптимізації бойового порядку системи спостереження в даному випадку зводиться до задачі про покриття [3]. Однак вона входить до класу перебірних задач, які мають експоненціальний рівень обчислювальної складності, що за великої розмірності може знижувати значення показника оперативності відповідної математичної моделі.

При блокуванні району можливого перебування НЗФ створюється система спостереження за рубежем блокування. Вирішення цього питання пов'язане з визначенням варіантів оптимального розміщення постів спостереження з урахуванням рельєфу місцевості.

**Метою статті** є вирішення задачі оптимального розміщення постів спостереження з використанням геопросторової інформації про рельєф місцевості на базі теорії графів.

**Виклад основного матеріалу.** Система спостереження повинна забезпечити виявлення противника у будь-якій точці рубежу блокування. Існує дуже багато варіантів, що задовольняють таку вимогу, кожен із яких потребує певної кількості постів спостереження. Тому кількість останніх є показником ефективності системи спостереження. Варіант її побудови можна вважати оптимальним, якщо він потребує найменшої кількості постів.

Задача оптимізації розташування на місцевості засобів спостереження, що входять до складу системи спостереження за рубежем блокування, на відміну від задачі, яка була вирішена в [3], формулюється в межах лінійних моделей і має поліноміальну складність.

На місцевості вибирається рубіж блокування НЗФ. Спочатку необхідно на ньому розставити якомога більше точок, у котрих може бути розміщено засіб спостереження. Нехай кількість таких можливих позицій  $M$  (рис. 1).

На цифровій карті місцевості визначаються зони виявлення противника засобами спостереження за умови, що ці засоби розміщені у кожній з можливих позицій  $j = (\overline{1, M})$ . При вирішенні задачі визначення зони прямої видимості використовується графоаналітичний метод.

Для визначення зони прямої видимості від точки стояння спостерігача, із кроками азимута  $1^\circ$  і дальності  $D$  з розмірністю регулярної сітки цифрової карти місцевості (ЦКМ), аналізують кожну точку рубежу блокування на можливість виявлення цілі в заданій точці. Для цього для кожної точки

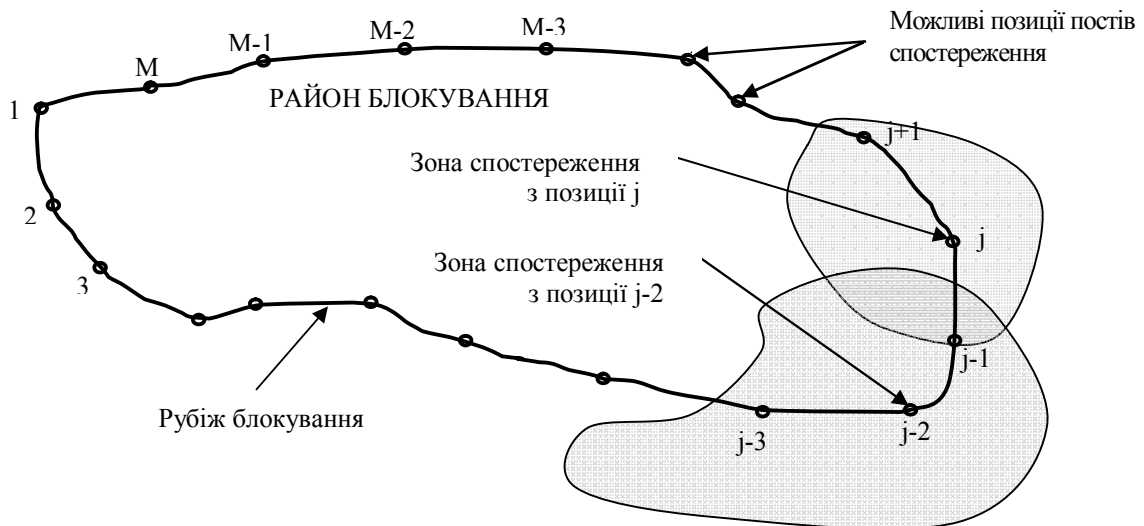


Рис. 1. Система можливих позицій засобів спостереження

визначається кут закриття  $\varepsilon_{\text{закр}}$  і кут візування цілі  $\varepsilon_{\text{ц}}$ . За умови  $\varepsilon_{\text{ц}} \geq \varepsilon_{\text{закр}}$  роблять висновок про можливість виявлення цілі в заданій точці. Кути  $\varepsilon_{\text{закр}}$  та  $\varepsilon_{\text{ц}}$  обчислюють за такими формулами:

$$\varepsilon_{\text{закр}} = \arctg \left( h_v - \frac{D^2}{16,97} - \frac{(h_0 + h_{\text{спост}})}{D} \right); \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\text{ц}} = \arctg \left( h_v + h_{\text{ц}} - \frac{D^2}{16,97} - \frac{(h_0 + h_{\text{спост}})}{D} \right), \quad (2)$$

де  $h_v$  – абсолютна висота досліджуваної точки;  $D$  – відстань від спостерігача до досліджуваної точки;  $h_{\text{спост}}$  – висота спостерігача;  $h_0$  – абсолютна висота точки стояння спостерігача;  $h_{\text{ц}}$  – висота цілі; 16,97 – коефіцієнт, що враховує зниження поверхні землі щодо обрїю [4].

Обчислення виконують доти, поки  $D$  не досягне значення максимальної дальності виявлення спостерігача  $D_{\text{max}}$ , що залежить від погодних умов та технічних характеристик оптичних засобів, використовуваних спостерігачем.

Кожна точка рубежу блокування повинна бути в зоні видимості хоча б однієї можливої позиції. Якщо ця умова не виконується, то кількість точок потрібно збільшити.

Для кожної пари позицій визначається факт видимості усіх точок на відрізку рубежу блокування між ними хоча б з одної позиції пари. Якщо такий факт має місце, то дану пару позицій  $(i, j)$ ,  $i = (\overline{1, M})$ ,  $j = (\overline{1, M})$  називатимемо ефективною. У протилежному випадку, якщо існує хоча б одна точка рубежу блокування між цими двома позиціями, яка не проглядається з жодної із позицій пари  $(i, j)$ , таку пару називатимемо неефективною.

Представимо систему можливих позицій у вигляді орієнтованого графа, в якому кожна ефективна пара вершин з'єднана дугою одиничної довжини. Вид такого графа для  $M = 8$  наведено на рис. 2.

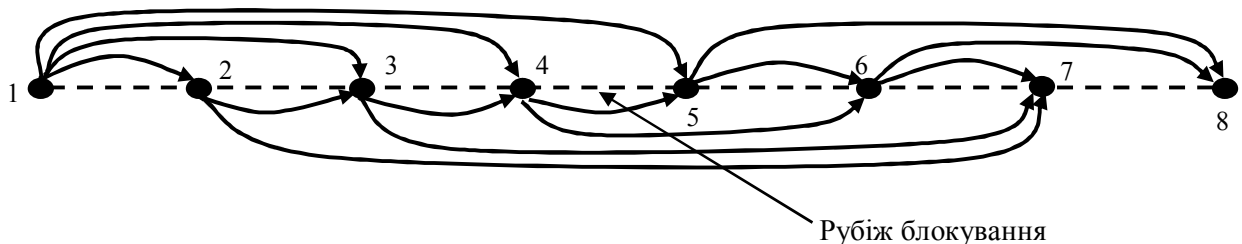


Рис. 2. Граф ефективних пар позицій

У табл. 1 представлена матриця суміжності ефективних пар позицій наведеного графа.

Матриця суміжності графа  $\{c_{ij}\}$ 

|   | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0        | 1        | 1        | 1        | 1        | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ |
| 2 | $\infty$ | 0        | 1        | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 1        | $\infty$ |
| 3 | $\infty$ | $\infty$ | 0        | 1        | $\infty$ | $\infty$ | 1        | $\infty$ |
| 4 | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 0        | 1        | 1        | $\infty$ | $\infty$ |
| 5 | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 0        | 1        | $\infty$ | 1        |
| 6 | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 0        | 1        | 1        |
| 7 | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 0        | $\infty$ |
| 8 | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ | 0        |

Тепер задача оптимізації системи спостереження за рубежем блокування може бути зведена до пошуку найкоротшого маршруту із початкової вершини  $i=1$  до кінцевої вершини  $i = M$ . Ураховуючи, що довжина кожної дуги дорівнює одиниці, кількість постів складатиме на одиницю менше кількості дуг маршруту. Методи вирішення даної задачі відомі [5].

Алгоритм пошуку найкоротшого маршруту в такому ациклічному орієнтованому графі складається з  $M$  кроків.

$$y_1 = 0; \quad y_i = \min_{j \in R_i} (c_{ij} + y_j), \quad (3)$$

де  $R_i$  – множина попередніх вершин;  $i = \overline{(2, M)}$  – номер вершини, яку аналізують;  $y_i$  – найкоротша довжина маршруту до вершини  $i$ .

За такою обчислювальною схемою за кінцеве число кроків визначають усі найкоротші маршрути.

Для визначення найкоротшого маршруту до будь-якого вузла знаходять дугу  $(i, j)$ , для котрої  $y_i - y_j = c_{ij}$ , де  $j$  – попередні вершини. Алгоритм гарантує, що є принаймні одна така дуга. Продовжуючи рухатися мережею подібним способом, знаходять найкоротший маршрут до вузла  $M$ . Для наведеного прикладу маємо:

- 1)  $y_1 = 0$ ;
- 2)  $y_2 = \min_{j \in R_2} (1 + y_1) = \min(1 + 0) = 1$ ;
- 3)  $y_3 = \min_{j \in R_3} (1 + y_1, 1 + y_2) = 1$ ;
- 4)  $y_4 = \min_{j \in R_4} (1 + y_1, 1 + y_3) = 1$ ;
- 5)  $y_5 = \min_{j \in R_5} (1 + y_1, 1 + y_4) = 1$ ;
- 6)  $y_6 = \min_{j \in R_6} (1 + y_4, 1 + y_5) = 2$ ;
- 7)  $y_7 = \min_{j \in R_7} (1 + y_2, 1 + y_3, 1 + y_6) = 2$ ;
- 8)  $y_8 = \min_{j \in R_8} (1 + y_5, 1 + y_6) = 2$ .

Розглянута методика реалізована в геоінформаційній системі “Інструмент”, що розроблена в науково-дослідному центрі Академії внутрішніх військ МВС України. Визначення раціонального бойового порядку системи спостереження за рубежем блокування здійснюється за масивом інтегрованих вихідних даних  $G = \{ЦКМ, P_{\text{бл}}, ЗВ_j\}$ , де ЦКМ – цифрова карта місцевості;  $P_{\text{бл}}$  – рубіж блокування;  $ЗВ_j$  – зони виявлення противника засобом спостереження у кожній точці  $j = \overline{(1, M)}$ , яку

аналізують. Система формує вектор параметрів  $X = (x_j)$ , що визначає набір позицій для розміщення засобів спостереження з метою забезпечення повного контролю за рубежем блокування. Приклад раціонального бойового порядку системи спостереження за рубежем блокування, отриманий за допомогою геоінформаційної системи, наведено на рис. 3.

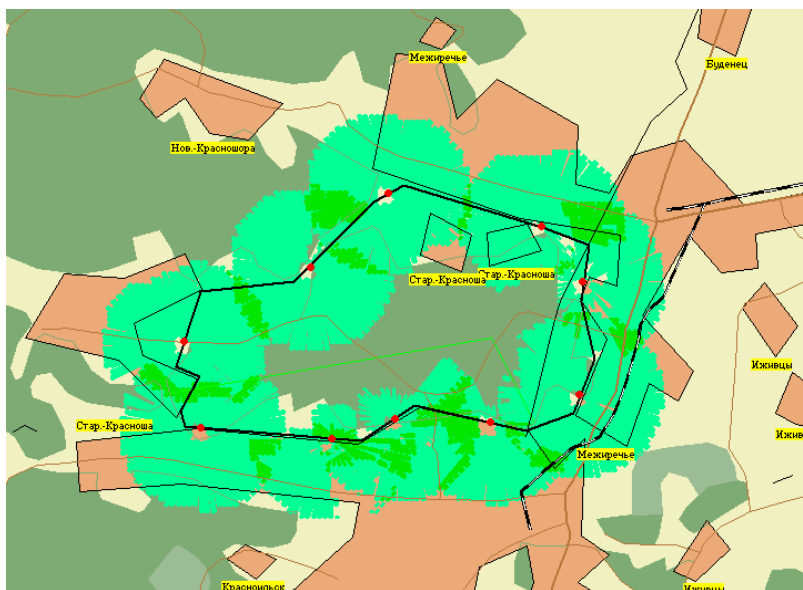


Рис.3. Схема розміщення постів спостереження

### **Висновки**

Одержані результати підтверджують необхідність використання геопросторової інформації про рельєф місцевості для вирішення задач визначення раціонального бойового порядку системи спостереження за рубежем блокування.

Розроблено можливий метод розрахунку зони видимості спостерігача за допомогою цифрової карти місцевості.

Наведено математичну формалізацію задачі оптимізації розташування на місцевості засобів спостереження, що входять до складу системи спостереження за рубежем блокування, за допомогою теорії графів. Описано програмне забезпечення для розрахування раціонального бойового порядку такої системи.

### **Список використаних джерел**

1. Кириченко І. О. Службово-бойові групи та критерії їх формування / І. О. Кириченко, В. В. Шмідт, В. М. Клішин // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2008. – № 4. – С. 12–17.
2. Сутюшев Т. А. Взаєморозташування ізоляційних та пошуково-ударних сил військ під час проведення спеціальної операції з локалізації та нейтралізації внутрішнього конфлікту / Т. А. Сутюшев, В. Ю. Панченко, П. В. Пістряк // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2009. – № 4. – С. 33–36.
3. Калінін І. О. Задача оптимізації бойового порядку системи спостереження при організації контрдиверсійної та контртерористичної охорони об'єктів / І. О. Калінін // Честь і закон. – Х. : Військ. ін-т ВВ МВС України, 2003. – № 2. – С. 3–5.
4. Горопчин А. Я. Довідник з протиповітряної оборони / [А. Я. Горопчин, І. О. Романенко, Ю. Г. Даник, Р. Е. Пашенко та ін.]. – К. : МО України, Х. : ХВУ, 2003. – 368 с.
5. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 1 / Г. Вагнер. – М. : Мир, 1973. – 330 с.

*Стаття надійшла до редакції 05.11.2010 р.*