

УДК 621.391

І. С. Катеринчук, В. М. Періг

## МЕТОДИКА ПОБУДОВИ РАДІОМЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*Розроблено методику вибору варіанта побудови радіомережі на ділянці охорони державного кордону. За одержаними результатами можна вирішити такі завдання: оцінити площу та ділянку державного кордону, яка забезпечуватиметься радіозв'язком з кожної окремої точки; визначити необхідну кількість засобів радіозв'язку та місць їхнього розташування; вибрати найкращий варіант побудови радіомережі.*

**Ключові слова:** радіозв'язок, радіостанція, радіомережа, рельєф місцевості.

**Постановка проблеми.** Результативність оперативно-службової діяльності Державної прикордонної служби України із забезпечення охорони державного кордону залежить від ефективного використання телекомунікаційних систем і мереж. Забезпечення вимог до стійкості, безперервності та оперативності управління органами (підрозділами) охорони державного кордону обумовлює необхідність удосконалювання методичного апарату щодо обґрунтування варіантів побудови радіомережі; підвищення пропускну здатності; забезпечення інформаційної взаємодії великої кількості абонентських терміналів; передавання всіх видів інформації в реальному часі; створення багаторівневої системи забезпечення інформаційної безпеки. У деяких випадках радіозв'язок є єдиним способом організації обміну інформацією. Складність обстановки на державному кордоні, обмеженість ресурсного забезпечення підрозділів Державної прикордонної служби потребують розроблення науково обґрунтованих методик раціональної побудови радіомережі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемам побудови систем радіозв'язку присвячено низку праць науковців та фахівців, зокрема: А. І. Міночкіна, В. А. Романюка, О. Я. Сова, О. Г. Жука, В. О. Мітусова та інших [5, 6, 9, 10, 11, 18]. У працях зазначених авторів розглядаються актуальні питання побудови сучасних корпоративних радіомереж, алгоритми формування та оброблення сигналів, оцінювання завадостійкості та захисту інформації, технічні аспекти побудови та функціонування мобільних мереж тощо.

Інформаційно-телекомунікаційна система Державної прикордонної служби України є складною, територіально розподіленою технічною системою, що являє собою функціонально пов'язану сукупність програмно-апаратних засобів оброблення та обміну даними і складається з інформаційних вузлів (підсистем оброблення інформації) та фізичних каналів передавання даних, які їх поєднують. Раціональне

використання мереж радіозв'язку у складі різноманітних інформаційно-телекомунікаційних підсистем потребує врахування особливостей поширення радіохвиль на різних ділянках місцевості та оптимізації застосування засобів радіозв'язку в конкретних умовах обстановки.

**Метою статті** є розроблення методики побудови радіомереж з використанням геоінформаційних систем.

**Виклад основного матеріалу.** Застосування засобів радіозв'язку в системі охорони державного кордону потребує вирішення комплексу оптимізаційних задач. Однією із таких задач є оптимізація побудови радіомережі на ділянці охорони державного кордону з урахуванням особливостей поширення радіохвиль, зокрема визначення ділянок розташування, типів та кількості засобів радіозв'язку, якими забезпечується покриття всієї ділянки охорони державного кордону. У методиці застосовано такі технології, моделі та методи, як: технологія SRTM (Shuttle radar topographic mission) [19] – для одержання даних цифрової моделі рельєфу місцевості (див. рис. 1); хвильовий алгоритм [2] – для пошуку множини кінцевих точок видимості на місцевості засобами радіозв'язку та побудови контуру зони видимості; методи дискретної геометрії [1, 8] – для обчислення площі неправильних багатокутників, що відповідають зонам видимості радіозасобів на місцевості; моделі програмних модулів ArcGIS [7] та Arcview Spatial Analyst [15] – для оброблення багатоканальних растрових даних аерофотознімків, супутникових зображень та одержання растрових шарів місцевості у цифровому форматі.

Дані SRTM реалізовані у двох варіантах: сітка з розміром осередку 1×1 кутової секунди (30 м) і 3×3 кутових секунди (90 м). За оцінками А. К. Корвеула та І. Евіака [17], матриця SRTM має похибку, яка в середньому становить для рівнинної території 2,9 м і для горбистої місцевості 5,4 м. Матриця SRTM підходить для створення контурних ліній горизонталей на топографічних картах масштабів 1:100 000,

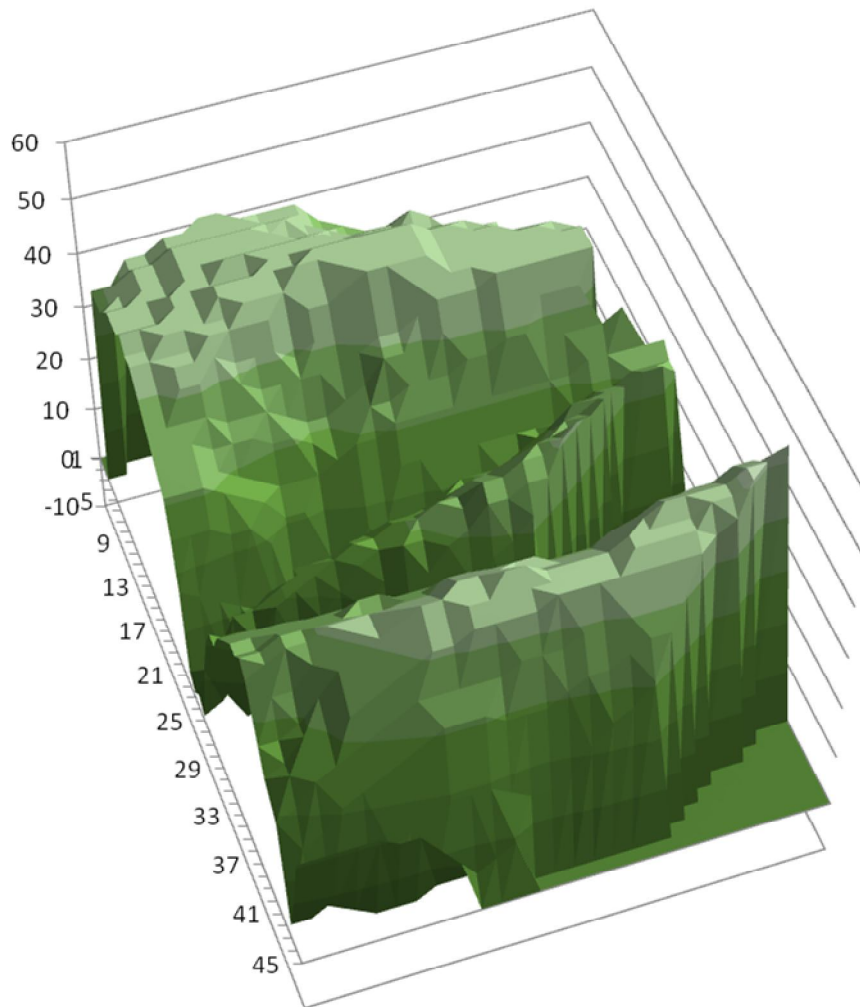


Рис. 1. Рельєф місцевості за даними SRTM (Миропілля, Сумська обл.)

1:50 000 та дрібніших. На місцевостях з різким перепадом висот, особливо у гірських районах, можливі пропуски, що призводить до зниження точності матриці SRTM. Для підвищення точності даних необхідно проводити додаткові операції з інтерполяції (для усунення, згладжування пропусків).

Значення похибок на практиці виявилися значно меншими [17]: абсолютна похибка по висоті менше 8,7 м; відносна похибка по висоті менше 6,2 м; абсолютна похибка у плані менше 8,8 м; відносна похибка по висоті для даних X-band SRTM менше 2,6 м. Значення висот за своєю точністю приблизно відповідають висотам, отриманим з топографічної карти масштабу 1:100 000. Якщо врахувати систематичну похибку, то можливо підвищити точність висот SRTM. Матриця висот SRTM може бути використана при створенні ортофотопланів масштабу 1:25 000 та дрібніше на райони з рівнинним і горбистим рельєфом. Імпорт даних SRTM та генерація sml-файлів здійснюються за допомогою програмного

модуля Arcview spatial analyst. Розмір одного пікселя по ширині та висоті складає 0,000833333333333333 градусів.

У районах з гірським рельєфом необхідно проводити попередній розрахунок точності висот з урахуванням конкретних умов зйомки. Необхідну точність висот цифрової моделі рельєфу місцевості  $\Delta H$  можна оцінити за допустимим значенням зміщення за рельєф  $\Delta L$ , яке визначається за формулою [4]

$$\Delta L = \Delta H \operatorname{tg} \alpha,$$

де  $\alpha$  – кут відхилення осі камери від надира під час зйомки.

Стандартними при космічній зйомці вважаються кути відхилення від надира до  $300^\circ$ . У цьому випадку, щоб зміщення за рельєф не перевищували 0,5 мм у масштабі ортофотоплану, точність висот цифрової моделі не повинна бути гіршою, ніж 1 мм, перемножений на "наменник масштабу". Наприклад, для карти масштабу 1:25 000 вона становитиме: 1 мм x 25 000 = 25 м.

Для обчислення площі неправильного багатокутника скористаємося формулою Піка [1, 8], за якою площа багатокутника з цілочисловими вершинами дорівнює

$$S = n + \frac{m}{2} - 1,$$

де  $n$  – кількість цілочислових точок усередині багатокутника;  $m$  – кількість цілочислових точок на межі багатокутника (рис. 2).

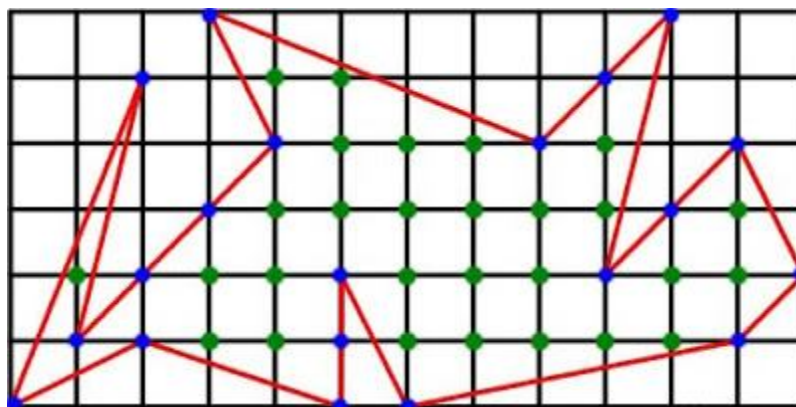


Рис. 2. До пояснення застосування формули Піка

Припустимо, що сторона однієї клітини дорівнює 1 (відповідно її площа дорівнюватиме 1 кв. од.). При застосуванні цифрової моделі рельєфу місцевості SRTM із сіткою  $1 \times 1$  кутової секунди сторони одного елемента дорівнюватимуть 30 м, а із сіткою  $3 \times 3$  кутових секунди – 90 м. Тоді остаточно формула Піка матиме вигляд

$$S = \left( n + \frac{m}{2} - 1 \right) \cdot 90.$$

Для збільшення точності визначення площі багатокутника розмір клітини сітки цифрової моделі рельєфу місцевості необхідно зменшувати.

Алгоритм методики включає чотири етапи.

1. Підготовка вихідних даних: оцінювання ТТХ засобів радіозв'язку, їх кількості та визначення місць можливого використання стаціонарних і переносних засобів радіозв'язку,  $k_{ij}$ .

2. Підготовка карти місцевості. Визначення вихідних величин для розрахунків: розміру елемента матриці місцевості,  $x_{ij}$ ; розміру кроку сканування по азимуту  $\Delta\varphi_i$  (вибирається таким чином, щоб за один крок на найбільшій відстані зони видимості засобом радіозв'язку не було пропусків елемента матриці місцевості).

Побудова цифрової моделі рельєфу місцевості (матриця  $h_{ij}$ ). Визначення місць можливого розташування засобів радіозв'язку.

3. Вибір зони контролю та обчислення значень характеристик застосування засобів радіозв'язку на визначених ділянках (точках): площі контролю; протяжності ділянки державного кордону, що контролюється засобом радіозв'язку; середньої дальності контролю.

4. Вибір раціонального варіанта побудови радіомережі за значеннями характеристик застосування засобів радіозв'язку на визначених ділянках (точках).

Приклад застосування методики. Відповідно до розглянутого вище алгоритму на карті [13] (ділянка кордону відділу прикордонної служби "Хмільник") нанесемо: район можливого розташування засобів радіозв'язку на визначених ділянках (вибрано зону ефективного виявлення людини на фоні місцевості на віддалені від ліній державного кордону 6–8 км) (див. рис. 3).

Для прикладу оцінювання характеристик застосування засобів радіозв'язку проведемо для двох точок: н.п. Олександрія та висоти 211. Розраховано площі контролю; протяжності ділянки державного кордону, що контролюється засобом радіозв'язку; середні дальності контролю. Результати розрахунків наведено у таблиці.

Таке оцінювання може бути проведене для всіх імовірних місць використання засобів радіозв'язку.

Характеристики застосування засобів радіозв'язку (варіант)

Варіант розташування	Характеристика		
	протяжність ділянки кордону, км	площа контролю, км <sup>2</sup>	середня дальність контролю, км
ПУ 1 (Олександрія)	16,5	22	6,5
ПУ 2 (висота 211)	12,2	34	7,6

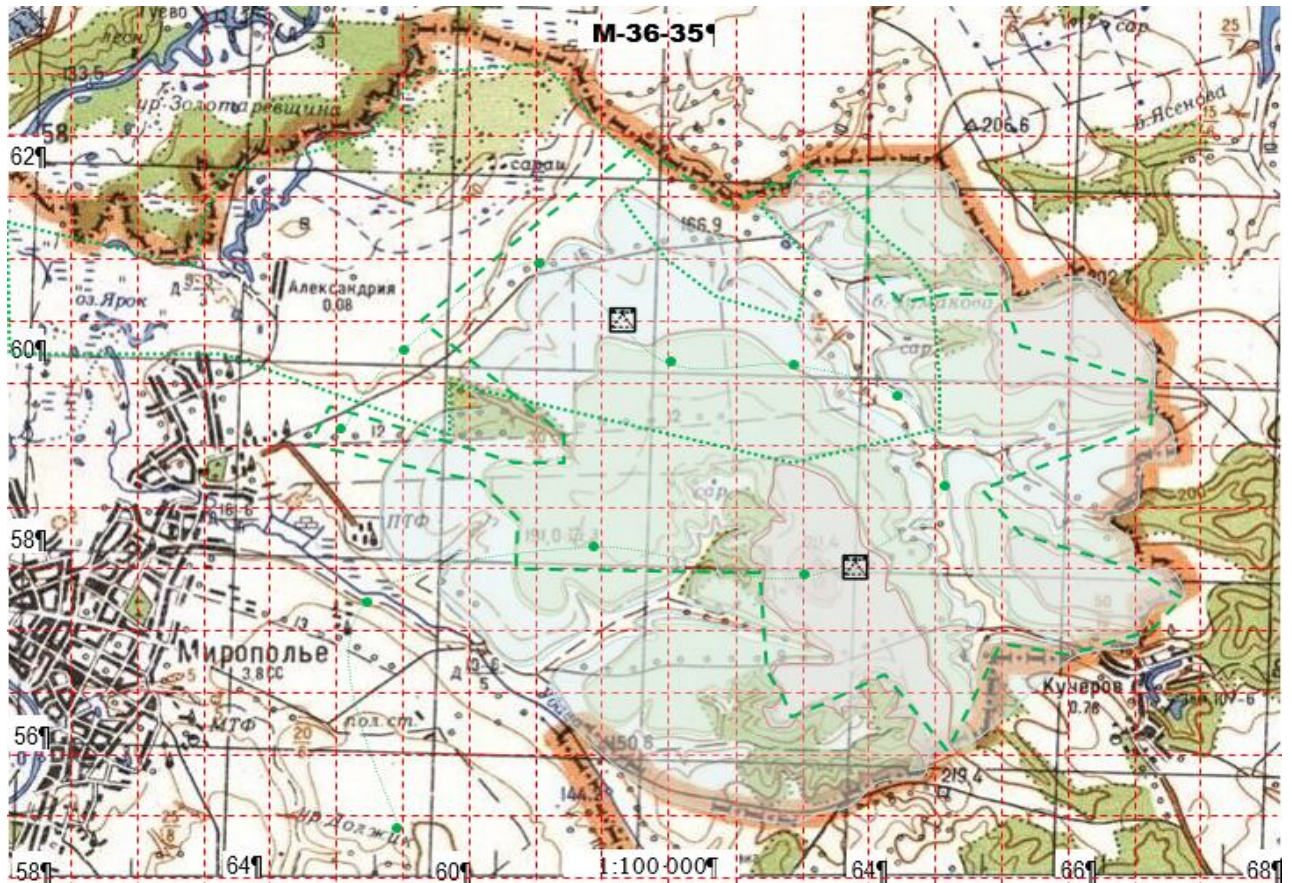


Рис. 3. Варіант використання засобів радіозв'язку охорони державного кордону на ділянці відповідальності відділу прикордонної служби

### Висновки

За одержаними результатами можна вирішити такі завдання: оцінити площу та протяжність ділянки державного кордону, яка контролюватиметься засобами радіозв'язку з кожної окремої точки; визначити необхідну кількість засобів радіозв'язку, якими забезпечуватиметься контроль визначених районів та ділянок кордону; за значеннями характеристик застосування засобів радіозв'язку у кожній конкретній ділянці вибрати найкращий варіант.

### Список використаних джерел

1. Васильев, Н. Б. Вокруг формулы Пика [Текст] / Н. Б. Васильев // Квант. – 1974. – № 2. – С. 39–43.
2. Волновой алгоритм – Построение кратчайшего маршрута [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.codenet.ru/progr/alg/way.php>. – Загл. с экрана.
3. Жук, О. Г. Методологічні основи створення адаптивних систем радіозв'язку [Текст] / О. Г. Жук, В. В. Огризько // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2016. – № 1 (25). – С. 49–54.

4. Карионов, Ю. И. Оценка точности матрицы высот SRTM [Текст] / Ю. И. Карионов // Геопрофи. – 2010. – № 1. – С. 48–51.

5. Міночкін, А. І. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення [Текст] / А. І. Міночкін, В. А. Романюк // Збірник наукових праць. – К. : ВІПІ НТУУ «КПІ», 2005. – № 3. – С. 51–60.

6. Мітусов, В. О. Проблеми побудови сучасних корпоративних радіомереж [Текст] / В. О. Мітусов // Наукові записки. – К. : УНДІЗ, 2011. – № 2(18). – С. 58–62.

7. Описание и получение данных SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>. – Загл. с экрана.

8. Прасолов, В. В. Задачи по планиметрии [Текст] / В. В. Прасолов. – 4-е изд., доп. – М. : Изд-во Моск. центра непрерыв. мат. образования, 2001. – 584 с.

9. Рачок, Р. В. Окремі питання побудови систем стільникового радіозв'язку ПВ України [Текст] / Р. В. Рачок // Збірник наукових праць. – Хмельницький : Нац. акад. ПВУ, 2003. – № 24. – 232 с.

10. Романюк, В. А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий [Текст] /

В. А. Романюк // Сети и телекоммуникации. – 2003. – № 12. – С. 62–68.

11. Романюк, В. А. Направления развития тактических сетей связи [Текст] / В. А. Романюк // Зв'язок. – 2001. – № 3. – С. 63–65.

12. Семейство продуктов ArcGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.esri.com/software/arcgis>. – Загл. с экрана.

13. Топографические генштабовские карты Украины 1:100000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://download.maps.vlasenko.net/smtm100/m-36-35.jpg>. – Загл. с экрана.

14. Шарапов, И. П. Функция распределения высот рельефа [Текст] / И. П. Шарапов // Рельеф Земли и математика. – М. : Мысль, 1982. – С. 72–79.

15. Arcview Resources [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://resources.arcgis.com/ru/>. – Назва з екрана.

16. Bezdek, András. Discrete geometry: in honor of W. Kuperberg's 60th birthday [Текст] / András Bezdek, W. Kuperberg. – New York, N.Y : Marcel Dekker, 2003. – 461 p.

17. Karwel, A. K. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland.

The International Archives of the Photogrammetry [Текст] / A. K. Karwel, I. Ewiak // Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Vol. XXXVII. – Part B7. – Beijing, 2008. – P. 169–172.

18. Application of non-stationary signals matched windowing in pulse radiolocation tasks [Текст] / I. Katerynychuk, R. Rachok, D. Mul, A. Balendr. Proceedings of the XIII th International Conference “Modelling of Radio Waves Propagation and Creation of Radio Networks Using Geoinformation Systems” / CSET'2016, February 23–26, 2016, Lviv-Slavske, Ukraine. – P. 667–681.

19. Shuttle radar topographic mission [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mapgroup.com.ua/articles/dzz/109-dannye-srtm-sposoby-polucheniya-dannykh>. – Назва з екрана.

*Стаття надійшла до редакції 23.11.2016 р.*

**Рецензент** – доктор військових наук, професор В. А. Кириленко, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

УДК 621.391

И. С. Катеринчук, В. М. Периг

### МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ РАДИОСЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Разработана методика выбора варианта построения радиосети на участке охраны государственной границы. По полученным результатам можно решить следующие задачи: оценить площадь и участок государственной границы, которая будет обеспечиваться радиосвязью с каждой отдельной точки; определить необходимое количество средств радиосвязи и мест их расположения; выбрать лучший вариант построения радиосети.*

**Ключевые слова:** радиосвязь, радиостанция, радиосеть, рельеф местности.

UDC 621.391

I. S. Katerynychuk, V. M. Peryg

### THE METHOD CREATION OF RADIO NETWORKS USING GEOINFORMATION SYSTEMS

*The method of choice option of building radio network on the section of the state border. It is possible to solve the following problems with the obtained results: evaluate the area and sector of border which will be controlled by means of radio communication from each particular point; define necessary quantity of means of radio communication to provide control of definite areas of control and border sectors; to choose the best option of radio communication means application in each specific section by their specific characteristics.*

**Keywords:** radio, radio station, radio network, terrain relief.

**Катеринчук Іван Степанович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

**Періг Володимир Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, викладач Тернопільського національного економічного університету