

УДК 519.688

**Олег БОРОВИК,**  
*доктор технічних наук, професор*  
*Національна академія Державної прикордонної служби України*  
*імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

**Володимир СОБЧЕНКО,**  
*кандидат технічних наук*  
*Національна академія Державної прикордонної служби України*  
*імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

**Михайло ДАРМОРОЗ**  
*Національна академія Державної прикордонної служби України*  
*імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

**Дмитро БАРЧУК**  
*Хмельницький національний університет,*  
*м. Хмельницький*

## **ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ГЕОМОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

У роботі обґрунтовано доцільність застосування гео моделювання як інструменту вирішення задачі оцінки ефективності функціонування системи оптико-електронного спостереження (СОЕС). Запропонована авторська концепція методу гео моделювання функціонування СОЕС, яка полягає у відображенні на карті місцевості ділянки, у межах якої

© Боровик О., Собченко В., Дармороз М., Барчук Д.

*визначається ефективність функціонування СОЕС, точок (місць) розміщення веж СОЕС, областей видимості елементами веж СОЕС, зон ефективності елементів веж СОЕС, установленні ефективності функціонування СОЕС. Обґрунтовано доцільність програмної реалізації методу для автоматизації вирішення значної кількості прикладних задач. Для програмно-алгоритмічної реалізації методу геомодельовання функціонування СОЕС визначено структуру інформаційної системи, встановлено структуру модулів системи, запропоновано варіант реалізації додатка. Наведено приклад програмної реалізації додатка на основі застосування мови програмування C# та технології WPF (Windows Presentation Foundation).*

**Ключові слова:** *технічні засоби охорони кордону, система оптико-електронного спостереження, метод, геомодельовання, ефективність, програмно-алгоритмічна реалізація.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** На даний час захист кордонів України є одним із найважливіших завдань національної безпеки, можливість вирішення якого значною мірою залежить від широкого застосування різномірних технічних засобів виявлення правопорушників законодавства про державний кордон (ДК). Серед цих засобів особлива роль відводиться технічним засобам охорони кордону (ТЗОК). Номенклатура останніх достатньо широка, на що впливають різноманітні фактори. Їх різноаспектність призводить до необхідності використання в охороні ДК різних за типом і принципом дії ТЗОК, а також комплексування їх можливостей. Яскравим прикладом такого підходу є застосування в охороні кордону системи оптико-електронного спостереження (СОЕС), яка встановлена на ділянках Подільського та Білгород-Дністровського прикордонних загонів. Відсутність аналогів в Україні, а також досвід її використання в охороні ДК обумовлюють доцільність дослідження питань, пов'язаних з оцінкою ефективності функціонування СОЕС.

Системи оптико-електронного спостереження вважається складною технічною системою, що реалізує функцію спостереження і, як похідні, функції виявлення. Елементами СОЕС при цьому є: РЛС ELTA

EL\M-2129, тепловізійна і телевізійна камера Axys EOSS 180S-DUTV. Застосування зазначених елементів забезпечує можливість огляду значних площ ділянки місцевості. Однак величина площі не є сталою і залежить від різних характеристик, основними серед яких є координати точок розміщення веж, висота розміщення елементів СОЕС, погодні й техногенні умови, тип цілі, за якою ведеться спостереження, рельєф місцевості. У разі зміни хоча б однієї з наведених характеристик змінюється величина площі і обриси ділянки, що доступна огляду (змінюються так звані “мертві зони”). Зважаючи на це, ефективність функціонування СОЕС є змінною в часі величиною. Побудувати функціональну залежність цієї ефективності від наведених характеристик як від аргументів є завданням достатньо проблемним. Тому, зважаючи на стохастичність умов функціонування СОЕС і складність урахування рельєфу місцевості в аналітичних дослідженнях, за доцільне вбачається застосування геомодельовання як інструменту вирішення задачі оцінки ефективності функціонування СОЕС. А отже, актуальності набуває задача побудови відповідного методу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори.** Останнім часом геоінформаційні системи (ГІС) все ширше використовуються у різних галузях людської діяльності. Достатнього поширення вони набули в картографії, геодезії, кадастровій діяльності, екології, користуванні надрами, транспорті, сільському господарстві тощо [1–3]. Серед таких систем слід відмітити такі ГІС, як ARC GIS і GRASS GIS, зокрема. Знайшли використання ці системи і в сфері забезпечення прикордонної безпеки. Так, ГІС ARC GIS входить до складу окремих інформаційно-телекомунікаційних систем Державної прикордонної служби України (ДПСУ) [2]. Однак її використання пов'язане лише з задачами візуалізації і зберігання інформації. Складність урахування в ній аналітичних засобів вирішення задачі оцінки ефективності функціонування СОЕС обумовлює доцільність розробки спеціалізованого програмного забезпечення.

**Метою статті** є програмно-алгоритмічна реалізація методу геомодельовання функціонування СОЕС.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для досягнення мети вбачається за доцільне:

- визначити структуру інформаційної системи;
- встановити структуру модулів системи;
- оцінити можливий варіант реалізації додатка.

Структура інформаційної системи визначається суттю концепції методу геомодельовання функціонування СОЕС. Концепція методу полягає у відображенні на карті місцевості ділянки, у межах якої визначається ефективність функціонування СОЕС, точок (місць) розміщення веж СОЕС, областей видимості елементами веж СОЕС, зон ефективності елементів веж СОЕС, установленні ефективності функціонування СОЕС.

Реалізація методу передбачає вибір карти, завдання ділянки, яка має “прикриватися” СОЕС, завдання цифрових характеристик рельєфу місцевості досліджуваної ділянки, “ручне” розміщення веж СОЕС у межах цієї ділянки, завдання висоти розміщення елементів веж СОЕС, вибір погодних і техногенних умов, типу цілі, за якою ведеться спостереження, установлення областей видимості елементами веж СОЕС і “мертвих зон”, установлення зон ефективності елементів веж СОЕС, проведення розрахунку ефективності функціонування СОЕС.

Науково-методичне забезпечення геомодельовання функціонування СОЕС містить методи графічного відображення досліджуваної ділянки місцевості, метод обробки цифрової інформації про рельєф місцевості для формування областей видимості елементами веж СОЕС, показники ефективності функціонування окремих технічних засобів спостереження та їх комплексного використання з однієї вежі СОЕС у різних умовах природного і техногенного характеру та з урахуванням рельєфу місцевості [4], показник ефективності функціонування СОЕС як сукупності веж.

Модуль “Введення початкових даних” призначений для отримання програмою даних, які в подальшому дозволять змодельовати функціонування елементів веж СОЕС. Даними при цьому є адміністративна область України, для якої планується проведення дослідження, цифрова карта висот відповідної області, географічна карта області.

Модуль “Формування району, в якому досліджується функціонування СОЕС” призначений для формування району, в якому досліджується функціонування елементів веж СОЕС. Формування району відбувається шляхом наведення меж району дослідження на мапі та його подальшого “залиття”. Район також можна завантажити з готового файлу.

Модуль “Нанесення району дослідження на карту” – сформований або завантажений район дослідження переноситься на мапу області для подальшої обробки іншими модулями. Район наноситься на мапу шляхом зафарбовування напівпрозорим кольором.

Модуль “Збереження сформованого району в файл” призначений для збереження сформованого району в файл з метою реалізації можливості його подальшого використання в програмі.

Модуль “Розміщення веж” призначений для встановлення користувачем веж в окремих точках досліджуваного району. Даний модуль також дозволяє змінювати положення веж після їх попереднього встановлення.

Модуль “Визначення зон видимості” призначений для аналізу даних карти висот і встановлення точок району, які доступні для проглядання з точок розміщення елементів веж СОЕС.

Модуль “Розрахунок ефективності” призначений для розрахунку ефективності функціонування СОЕС. При цьому ефективність визначається на основі положень описаного вище науково-методичного апарату.

Діаграми класів і варіантів використання [5], які відповідають структурі інформаційної системи та її модулів, можна оцінити з рис. 1, 2.

Для розробки програмного продукту, структура якого оцінена вище, доцільно застосувати мову програмування C# та технологію WPF (Windows Presentation Foundation). Однією з найбільших переваг WPF є спосіб чіткого відокремлення зовнішнього вигляду від поведінки додатка Windows [6]. Також перевагою даної технології можна вважати гнучку систему компонування елементів, що дозволить додатку автоматично підлаштовуватися під різні розширення екрана персональних комп’ютерів без зайвих витрат на кодування. Найголовнішою перевагою технології WPF є використання технології DirectX

для відображення будь-яких графічних елементів, що дозволяє більш ефективно використовувати ресурси персонального комп'ютера.

Середовищем розробки інформаційної системи доцільно обрати Microsoft Visual Studio 2017 як одне з найпотужніших середовищ розробки для мови C# та технології WPF [7].

Застосування вибраної мови програмування C# та технології WPF дозволяє реалізувати завдання, що описані вище. Фрагмент такої реалізації, що стосується визначення зон видимості, можна оцінити з фрагмента коду програми, який наведений нижче:

```
int hh = 0;
if (Int32.TryParse(textBox4.Text, out hh))
{
    tini = new bool[nx, ny];
    for (int x = 0; x < nx; x++)
        for (int y = 0; y < ny; y++) tini[x, y] = true;

    foreach (PictureBox pb in pbcs)
    {
        int cx = (pb.Location.X - pictureBox1.Left + 4) * pictureBox1.
Image.Width / pictureBox1.Width;
        int cy = (pb.Location.Y - pictureBox1.Top + 4) * picture-
Box1.Image.Height / pictureBox1.Height;
        for (int x = 0; x < nx; x++)
            for (int y = 0; y < ny; y++)
                if (tini[x, y]) tini[x, y] = istin(x, y, cx, cy, hh);
    }
    for (int x = 0; x < nx; x++)
        for (int y = 0; y < ny; y++) if (tini[x, y])
        {
            System.Drawing.Color c1 = ((Bitmap)pictureBox1.
Image).GetPixel(x, y);
            ((Bitmap)pictureBox1.Image).SetPixel(x, y, System.
Drawing.Color.FromArgb(200, 255, c1.G, c1.B));
        }
    }
}
```

```

        ((Bitmap)pictureBox2.Image).SetPixel(x, y, System.
Drawing.Color.FromArgb(200, 255, 0, 0));
    }
    pictureBox1.Hide();
    pictureBox1.Show();
    if (smuga != null) button6.Enabled = true;
    }
    
```

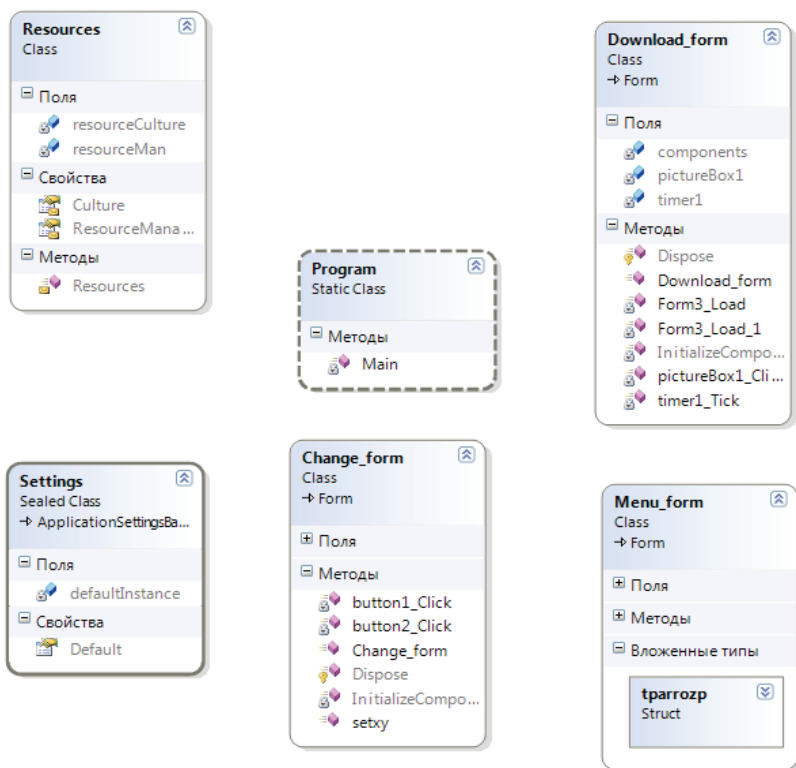


Рис. 1. Загальна діаграма класів

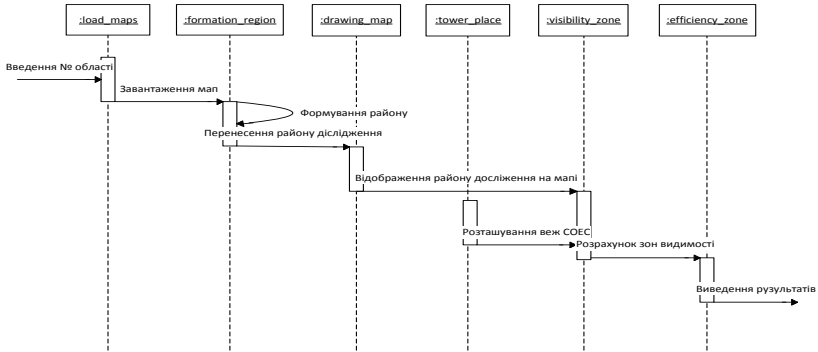


Рис. 2. Діаграма послідовності для варіанта використання

Результати роботи додатка, що опрацьований авторами та відповідає визначеним вище структурам інформаційної системи і модулів системи, можуть бути оцінені з рис. 3–5.

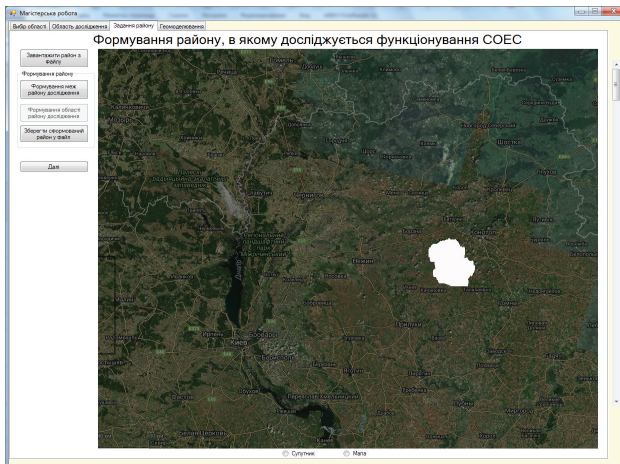


Рис. 3. Вікно для формування району, в якому досліджується функціонування COES



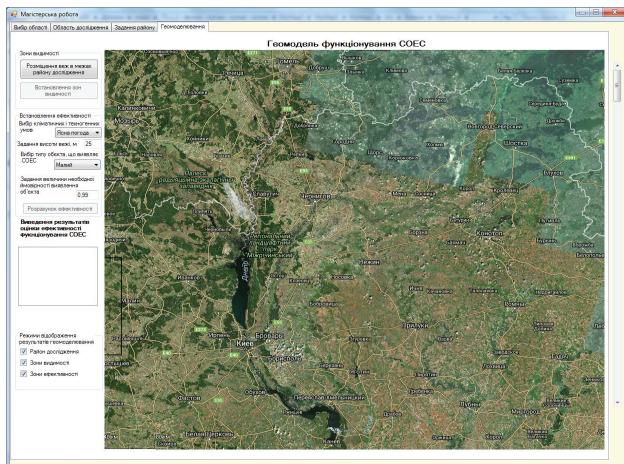


Рис. 4. Вікно для введення вхідних даних геомодельювання функціонування СОЕС

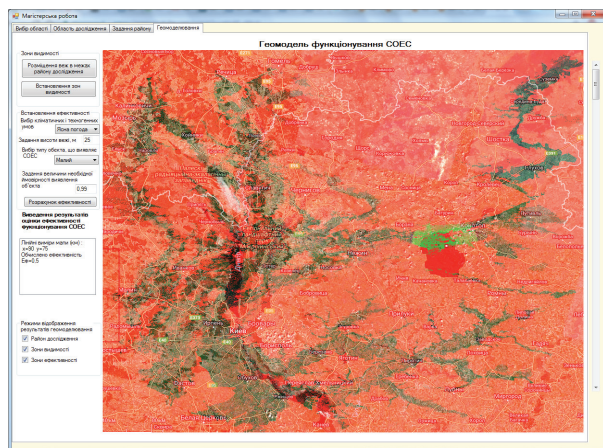


Рис. 5. Вікно для відображення результатів геомодельювання функціонування СОЕС

**Висновки.** За результатами дослідження здійснено програмно-алгоритмічну реалізацію розв'язання задачі геомодельювання функціонування СОЕС. Дослідження стосувалося аналізу наявного програм-

но-технічного забезпечення, визначення структури інформаційної системи, встановлення структури модулів системи, реалізації програмного додатка.

**Перспективи подальших розвідок у даному напрямі.** Напрямами подальших досліджень авторам вбачається апробація опрацьованого програмного забезпечення, а також дослідження питань оптимізації розміщення веж у районі дослідження для забезпечення максимальної ефективності функціонування СОЕС.

### Список використаної літератури

1. Crosier Scott. ArcGIS 9. Getting Started with ArcGIS. Redlands, CA : ESRI, 2004.
2. Катеринчук І. С. Програмно-технічні комплекси підрозділів охорони кордону : навчальний посібник / І. С. Катеринчук, Д. А. Мул. – Хмельницький : Вид. НАДПСУ. – 2010. – 270 с.
3. McCoy Jill. ArcGIS 9. Geoprocessing in ArcGIS. Redlands, CA : ESRI, 2004.
4. Боровик О. В. Вплив різноманітних факторів на можливості різних засобів спостереження / О. В. Боровик, М. М. Дармороз // Тези ІХ-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції (8 грудня 2016 року) “Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України” – Хмельницький : Вид. НАДПСУ, 2016. – С. 519, 520.
5. Рамбо Дж. UML 2.0 Объектно-ориентированое моделирование и разработка / Дж. Рамбо, М. Блаха. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2007. – 544 с.
6. Мак-Дональд Мэтью. WPF 4: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов : пер. с англ / Мэтью Мак-Дональд. – М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2011. – 1024 с.
7. Johnson Bruse Professional Visual Studio 2013 / Bruse Johnson – Indianapolis : John Wiley & Sons, Inc., 2014. – 1048 p.

*Боровик О., Собченко В., Дармороз М., Барчук Д.* **Программно-алгоритмическая реализация метода геомоделирования функционирования системы оптико-электронного наблюдения**

В работе обоснована целесообразность применения геомоделирования как инструмента решения задачи оценки эффективности функционирования системы оптико-электронного наблюдения (СОЭН). Предложена авторская концепция метода геомоделирования функ-

ціонирования СОЭН, которая заключается в отображении на карте местности участка, в пределах которого определяется эффективность функционирования СОЭН, точек (мест) размещения вышек СОЭН, областей видимости элементами вышек СОЭН, зон эффективности элементов вышек СОЭН, установлении эффективности функционирования СОЭН. Обоснована целесообразность программной реализации метода для автоматизации решения значительного числа прикладных задач. Для программно-алгоритмической реализации метода геомоделирования функционирования СОЭН определена структура информационной системы, установлена структура модулей системы, предложен вариант реализации приложения. Приведен пример программной реализации приложения на основе применения языка программирования С# и технологии WPF (Windows Presentation Foundation).

**Ключевые слова:** *технические средства охраны границы, система оптико-электронного наблюдения, метод, геомоделирование, эффективность, программно-алгоритмическая реализация.*

*Borovyk O., Sobchenko V., Darmoroz M., Barchuk D.* **Software and algorithmic implementation of geomodelling of optic and electronic surveillance system functioning method**

Nowadays the protection of Ukrainian borders is one of the priorities of national security. The possibility to solve the issue largely depends on the extensive use of diverse technical means of detecting offenders of legislation on the state border. Among all these tools a specific role is given to the technical border protection means (ТВРМ). Their nomenclature is various enough and is influenced by different factors. Their diversity leads to the need of using these means of different type and principle of ТВРМ operation and combining their capabilities as well while protecting the state border. A striking example of this approach is the use of optic and electronic surveillance system (OESS) for border protection. The absence of analogues in Ukraine and its usage experience in border security, determines the feasibility of studying the issues related to the assessment of the efficiency of the OESS.

The work proves the reasonability of geomodelling implementation as a tool for solving the problem of efficiency assessment of functioning of optic and electronic observation system (OESS). The concept of OESS geomodelling functioning method has been defined by the author; some certain steps and the relevant scientific and methodological providing have been grounded. The concept of the method is to map certain sector, within which the efficiency of the OESS functioning is determined; to display the points (places) of OESS towers disposition, visibility areas by elements of the OESS towers, and effectiveness areas of elements of the OESS towers, establishment of OESS effective functioning. The expediency of the software implementation of the method for automatization in order to solve a significant number of applied tasks has been proved. The information system structure has been defined for software and algorithmic implementation of the OESS geomodelling functioning method; the system modules structure has been stipulated; the variant of the application implementation has been proposed. The example of the application software implementation based on the utilization of programming language C# and WPF technology (Windows Presentation Foundation) has been presented.

**Keywords:** *technical means of border protection, optic and electronic surveillance system, geomodelling, efficiency, software and algorithmic implementation.*