

Алі Енверович Бекіров (кандидат технічних наук)¹

Володимир Жоржевич Яценюк (кандидат технічних наук, доцент)¹

Олександр Станіславович Крейдун²

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків, Україна

²Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБЛАСТЕЙ АЕРОФОТОЗНІМКУ З РІЗНОЮ НАСИЧЕНІСТЮ ДЛЯ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Сучасні системи збору та обробки інформації широко представлені оптичними системами моніторингу, які використовуються для ведення повітряної розвідки, моніторингу об'єктів критичної інфраструктури і транспортних комунікацій. Проблемними обмеженнями при розробці нових та удосконалення існуючих систем є підвищення вимог кінцевого користувача щодо якості цифрових зображень в умовах обмеження пропускної здатності каналів передачі даних. Для зменшення обсягів аерофотознімків пропонується використовувати стеганографічні перетворення з селекцією областей різної семантичної насиченості.

В статті проводиться аналіз можливості селекції об'єктів інтересу за допомогою методів машинного розпізнавання контурної інформації на основі ковзаючої маски. Для усунення системних обмежень зазначеного підходу, які полягають у відсутності можливості виявлення елементів опису об'єкту інтересу, пропонується використовувати операцію згортки на основі набору фільтрів. Розробляється технологія селекції незначимих областей, які використовуються як контейнери для вбудовування інформації та областей з об'єктами інтересу, як корисного стеганографічного повідомлення. Перший етап передбачає вибір незначимих областей на основі коефіцієнту різниці елементів. На другому етапі відбувається фільтрація зображення на основі операції згортки з набором фільтрів, які відповідають очікуваному відгуку зображення після фільтрації.

Ключові слова: стеганографічне перетворення, операція згортки, системи моніторингу, виявлення об'єктів.

Вступ

Розвиток і постійне вдосконалення технологій збору, обробки і передачі інформації впливає підвищення ефективності функціонування систем моніторингу. Процес імплементації нових підходів відбувається не тільки в технічних рішеннях, але в більшій мірі, в математичних алгоритмах обробки даних [1].

Постановка проблеми. Системи збору інформації широко представлені оптичними системами моніторингу з формування видових зображень. До областей застосування таких систем відносяться: повітряна розвідка, моніторинг транспортних комунікацій і об'єктів критичної інфраструктури держави. В умовах гібридного протистояння підвищується значимість таких систем моніторингу, а значить, і підвищуються вимоги кінцевого отримувача до якості видових зображень і оперативності їх доставки. Так з одного боку, потрібно забезпечити доступність видових зображень заданої якості в режимі реального часу в тому числі в умовах застосування алгоритмів гарантованого захисту інформації. З іншого боку, канали передачі видових зображень мають обмежену пропускну здатність. Рішення проблеми зниження обсягів видових зображень здійснюється на основі використання методів компресії цифрових зображень. В цьому випадку зниження необхідних обсягів даних

здійснюється за рахунок усунення статистичної та психовізуальної надлишковості зображень. Обмеженнями даних методів при вирішенні задачі компресії видових зображень є відсутність можливості селекції областей з різною семантичною насиченістю [2].

Іншим напрямком цифрової обробки зображень, який активно розвивається є методи цифрової стеганографії. Алгоритми стеганографії передбачають вбудовування корисної інформації в цифрові зображення. В основі, завданням методів стеганографії є забезпечення конфіденційності даних шляхом візуального приховування інформації від стороннього спостерігача. Вбудовування інформації здійснюється за допомогою заміни частин зображення, які мають психовізуальну надлишковість. Іншим можливим напрямком використання стеганографії є зменшення обсягів видових зображень.

У цьому випадку в якості корисної вбудованої інформації використовуються такі частини зображення, які визначаються як значущі для кінцевого користувача. І навпаки в якості контейнерів пропонується використовувати складові зображення, які можуть позначатися як менш значущі. [3-7].

Метою статті є розробка методу селекції областей видових аерофотознімків для стеганографічного вбудовування.

Огляд методів виділення контурної інформації

Серед існуючих стеганографічних методів вбудовування найбільш поширеними є алгоритми безпосередньої заміни елементів $\{a_{ij}\}$ представлення зображення-контейнера A елементами інформаційного повідомлення $\{b_h\}$ на основі наступного виразу [8,9]:

$$a'_{ij} = b_h, \quad A' = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a'_{ij}, \dots, a_{n,m}\},$$

де A' - зображення, що містить вбудовані елементи a'_{ij} .

Тут b_h - h -й елемент, інформаційної послідовності, що вбудовується, $V = \{b_1; \dots; b_h; \dots; b_H\}$, $i = 1, n$, $j = 1, m$, $h = 1, H$.

Методи безпосередньої заміни широко представлені алгоритмами заміни найменш значущих біт елементів зображення-контейнера. В даному випадку молодші біти відповідають за найменшу зміну градацій яскравості елемента контейнера і мають шумову природу. Ступінь внесених в зображення-контейнер спотворень PSNR прямо пропорційно обсягу W_{em} вбудовуваної інформації. Для усунення сформульованих обмежень пропонується підхід, який заснований на селекції областей зображення з різною семантичною насиченістю з подальшим категорюванням на області для вбудовування і області, які виступають в якості вбудованої інформації. Тоді всі сегменти $\{A_{\alpha\beta}\}$ вихідного зображення A розбиваються на дві підмножини:

підмножина сегментів $A_{\alpha\beta}^{(незнач)}$ зображення з незначною семантичною насиченістю, ;

підмножина сегментів $A_{\alpha\beta}^{(знач)}$ вихідного зображення з об'єктами інтересу.

В цьому випадку всі сегменти $\{A_{\alpha\beta}\}$ можуть розглядатися, як множина $\{C\}$ контейнерів для стеганографічного вбудовування та множина $\{B\}$ вбудовуваних інформаційних повідомлень, що задаються наступним виразом:

$$A_{\alpha\beta} \in \begin{cases} C, & A_{\alpha\beta} \rightarrow A_{\alpha\beta}^{(незнач)}; \\ B, & A_{\alpha\beta} \rightarrow A_{\alpha\beta}^{(знач)} \end{cases}$$

Для селекції областей аерофотознімка з різною семантичною насиченістю часто використовують підходи на основі теорії машинного розпізнавання. Методи машинного розпізнавання засновані на обробці та фільтрації зображення з метою пошуку та аналізу ознак, що характеризують класи областей. Значна область аерофотознімка має велику кількість значущих для кінцевого користувача областей і навпаки, незначний сегмент характеризується великою кількістю другорядних незначущих областей.

При вирішенні задачі класифікації областей аерофотознімка важливим є визначення ознак

об'єктів, які виступають для користувача об'єктами інтересу. Об'єктами інтересу для систем аеромоніторинга спеціального призначення виступають об'єкти інфраструктури, дороги і магістралі, будівлі та споруди, транспортні засоби і т.д. З позиції синтаксичного представлення, об'єкти інтересу характеризуються побудовою за допомогою елементів просторового представлення зі схожими значеннями. У той же час межі об'єктів інтересу можна розглядати як стик однорідних областей. В цьому випадку сусідні елементи просторового представлення контурів об'єктів будуть характеризуватися значними перепадами.

Найбільш поширені і вживані на практиці підходи виявлення контурів об'єктів аерофотознімка є градієнтні методи. Градієнтні методи засновані на локальному визначенні значення збільшення яскравості (градієнта) і напрямлення їх найбільшої зміни. Подальша обробка передбачає визначенням максимальних значень градієнта яскравості, їх статистичної обробки і розподілу на рівні. В даному випадку рівні можуть бути інтерпретовані як ступені семантичної значущості аерофотознімка.

Найбільш поширеним способом пошуку контурів є обробка зображення A ковзаючою маскою G . Маска G являє собою квадратну матрицю з коефіцієнтами $\{g\}$ (рис 1).

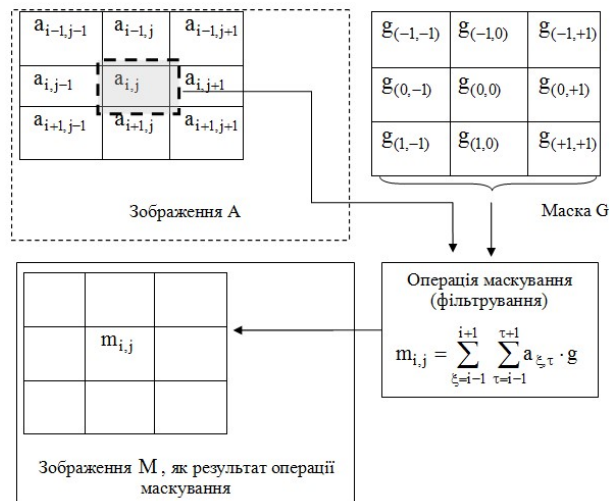


Рис 1. Схема реалізації фільтрації зображення на основі ковзаючої маски

Процес обробки зображення A на основі матриці G називається фільтрацією або маскуванням і задається наступним функціоналом $f(\bullet)$:

$$M = f(A, G),$$

де M - зображення, отримане внаслідок обробки зображення A на основі маски G .

Процес фільтрації заснований на поступовому просторовому переміщенні маски фільтра від елемента до елемента зображення. Значення елемента g_{ij} (результат фільтрації) розраховується з урахуванням попередніх і наступних елементів в двовимірному просторі.

На рисунку 2 представлені результати операції маскування аерофотознімка на основі оператора Собеля з різними рівнями бінарзації.

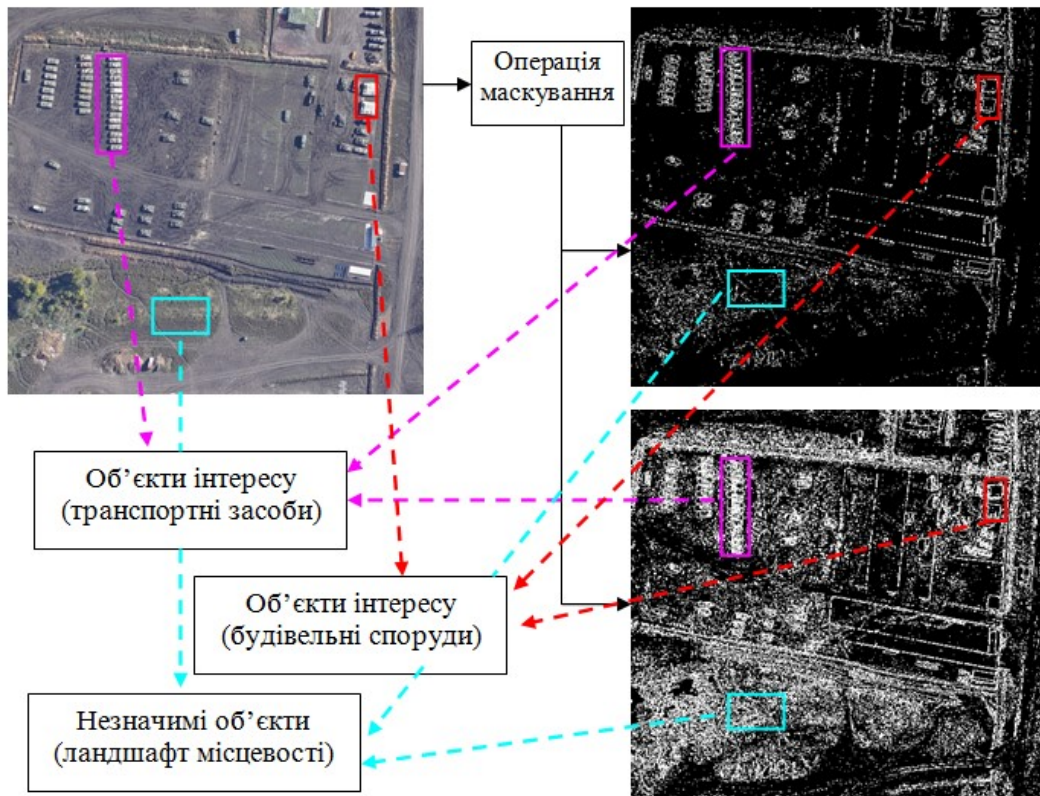


Рис. 3. Результати операції маскування на основі оператора Собеля.

З аналізу результатів на рис 2 можна зробити наступні висновки:

для маски аерофотознімка з високим рівнем бінарзації (варіант А) забезпечується детектування контурної інформації об'єктів інтересу, але при цьому не виділяються позиції елементів, які безпосередньо описують об'єкт;

для результатів маскування з високим рівнем бінарзації (варіант А) характерна присутність контурної інформації незначущих об'єктів;

маскування з низьким рівнем бінарзації (варіант Б) дозволяє виділити не тільки контурну інформацію про об'єкти інтересу, але і позначити позицію елементів синтаксичного опису об'єкта;

маска (варіант Б) містить велику кількість контурів незначущих об'єктів.

Значить, існуючі підходи виявлення контурної інформації цифрових зображень не в повній мірі забезпечують вимоги для селекції областей з різною семантичною насиченістю для стеганографічного перетворення.

Розробка технології селекції областей з різною семантичною насиченістю

Для формування контейнерів та інформаційних повідомлень для компресійно-стеганографічного перетворення пропонується розробити механізм селекції елементів.

З огляду на те, що етап попередньої вибірки передбачає обробку кожного елемента вихідного аерофотознімка, для зменшення обчислювальної складності механізм селекції пропонується виконувати в два етапи.

Перший етап характеризується обчисленням коефіцієнта K різниці елементів в рамках одного

блоку. Коефіцієнт K визначається як різниця максимального елемента $a_{kl,max}$ і мінімального елемента $a_{kl,min}$ блоку на основі виразу:

$$K = a_{kl,max} - a_{kl,min}, \quad \alpha = \overline{1, \theta}, \quad \beta = \overline{1, \Gamma},$$

де $a_{kl,max}$ - максимальний елемент в k рядку l -му стовпці блоку $A_{\alpha\beta}$ вихідного аерофотознімка

$$A, \quad k = \overline{1, K}, \quad l = \overline{1, L}.$$

Від значення коефіцієнта K залежить до якого класу насиченості відноситься блок $A_{\alpha\beta}$ аерофотознімка:

$$A_{\alpha\beta} = \begin{cases} A_{\alpha\beta}^{(незнач)} & \rightarrow \Delta K \geq K_{kl}; \\ A_{\alpha\beta}^{(знач)} & \rightarrow \Delta K < K_{kl}; \end{cases}$$

де ΔK - порогове значення коефіцієнта різниці елементів.

На першому етапі селекція передбачає первинне виділення незначущих блоків $\{A_{\alpha\beta}^{(незнач)}\}$ з всіх блоків $\{A_{\alpha\beta}\}$ як контейнерів для компресійного стеганографічного перетворення.

Порогове значення ΔK визначає кількість значущих і незначущих блоків. У разі, коли значення коефіцієнта ΔK збільшується, то кількість незначущих блоків $\{A_{\alpha\beta}^{(незнач)}\}$ також збільшується, а кількість блоків $\{A_{\alpha\beta}^{(знач)}\}$ зменшується:

$$\Delta K \uparrow \rightarrow A_{\alpha\beta}^{(знач)} \downarrow \cup A_{\alpha\beta}^{(незнач)} \uparrow.$$

У протилежному випадку виконується наступна умова:

$$\Delta K \downarrow \rightarrow A_{\alpha\beta}^{(\text{знач})} \uparrow \cup A_{\alpha\beta}^{(\text{незнач})} \downarrow.$$

Якщо значення коефіцієнта $\Delta K = 0$, тоді всі елементи $\{a_{kl}\}$ блоку $A_{\alpha\beta}$ прийматимуть однакове значення.

Другий етап передбачає застосування до аерофотознімка операції згортки. Під операцією згортки передбачається послідовна обробка кожного елемента просторового представлення аерофотознімка плаваючою згорткою G :

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & \dots & g_{1v} & \dots & g_{1Y} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ g_{y1} & \dots & g_{yv} & \dots & g_{yY} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ g_{Y1} & \dots & g_{Yv} & \dots & g_{YY} \end{bmatrix}, \quad y = \overline{1, Y}, \quad v = \overline{1, V},$$

де g_{yv} - елемент згортки G в Y -ому рядку V -ому стовпці.

Відповідь a'_{kl} для кожного елемента a_{kl} вихідного аерофотознімка визначається на основі формули:

$$a'_{ij} = \sum_{y=1}^Y \sum_{v=1}^V g_{yv} \cdot a_{k+y-f, l+v-z};$$

де: f - оператор зміщення згортки по рядках

$$f = \left\lfloor \frac{Y}{2} \right\rfloor + 1;$$

z - оператор зміщення згортки за стовпцями

$$z = \left\lfloor \frac{V}{2} \right\rfloor + 1.$$

Структурна схема механізму селекції блоків представлена на рис 4.

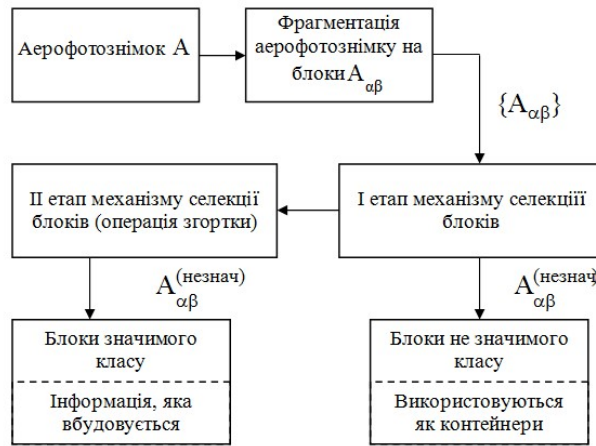


Рис 4. Структурна схема механізму селекції блоків.

Операція згортки є фільтрацією і дозволяє виділити ознаки цифрового зображення, які максимально відповідають значенням і взаємному розташуванню елементів в згортці. Тут елемент a'_{kl} блоку після фільтрації буде приймати максимальне значення в разі, коли метрика $\varphi(A_{\alpha\beta}; G)$, яка характеризує ступінь відмінності між елементами блоку $A_{\alpha\beta}$ і елементами згортки G буде мінімальною.

Фільтрація цифрового зображення виконується набором згорток, які представляють собою набір фільтрів з коефіцієнтами, які описують очікуваний відгук. Позиція коефіцієнтів і їх значення в згортці визначається з урахуванням ознак, які містять об'єкти інтересу. Після операції згортки виконується бінаризація зображення за рівнями. Результати фільтрації аерофотознімка з набором ознак представлені на рис 5.

Порівняльна оцінка запропонованого методу селекції та методу виявлення на основі операції маскування проводилось по величині Q_1 процентного відношення виявлених елементів об'єктів інтересу на основі програмної реалізації за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{знач}}}{n * m},$$

де $Q_{\text{знач}}$ - кількість значимих елементів аерофотознімка, виявлених на основі програмної моделі.

Результати оцінки ефективності селекції представлені в таблиці 1.

Таблиця 1
Результати оцінки ефективності селекції областей

Метод обробки	Рівні бінаризації	Q1, %	Q0, %	Q істин
Маскування (оператор Собеля)	Верхній рівень	71,97	28,03	~ 8
	Нижній рівень	93,05	6,95	~ 8
Операція згортки	Верхній рівень	93,34	6,66	~ 8
	Нижній рівень	96,88	3,12	~ 8

З аналізу результатів в таблиці 1 та рис. 5 можна зробити висновок, що значення Q_1 для розробленого методу наближається до істинного значення, при цьому забезпечується висока ступінь виявлення об'єктів інтересу і низька ступінь виявлення не значимих областей.

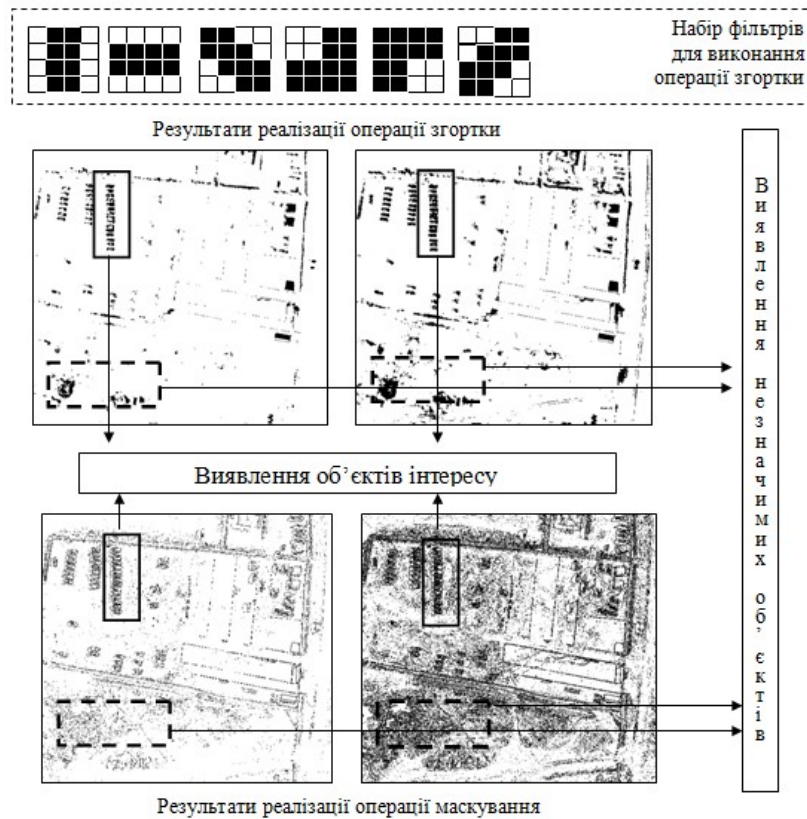


Рис.5. Структурна схема механізму селекції блоків

Висновки й перспективи подальших досліджень

Проведено аналіз особливостей функціонування оптичних систем моніторингу. Для усунення обмежень, обумовлених підвищенням вимог кінцевого користувача до якості цифрових зображень, запропоновано використовувати методи стеганографічних перетворень. Такий підхід передбачає використання визначених частин аерофотознімку у якості контейнера для вбудовування. Інші частини цифрового зображення уявляють собою корисну інформацію для вбудовування.

Для забезпечення зменшення спотворень у вихідне зображення в процесі стеганографічного вбудовування пропонується здійснювати селекцію блоків аерофотознімку на значимі та незначимі для кінцевого користувача. В цьому випадку блоки без об'єктів інтересу будуть використовуватись у якості контейнера, і навпаки, значимі блоки уявляють собою корисну інформацію.

Література

1. Al-Shatnawi A.M. A new method in image steganography with improved image quality / Atallah M. Al-Shatnawi // Applied Mathematical Science, Vol. 6, 2012, no. 79, p. 3907-3915.
 2. Бекіров А.Е. Метод захисту інформації на основі стеганографічних систем // Озброєння та військова техніка. – 2015. – №1 – С. 29 – 36.
 3. Бекіров А.Е. Пути повышения информационной безопасности ресурсов в системах специального назначения / Баранник В.В., Рябуха Ю.Н., Бекіров А.Е., Комолов Д.И. // Четверта міжнародна науково-практична конференція [«Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія»], (Вінниця, 28 - 30 травня 2014 р.) / Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2014. – С. 151.
 4. Avinash K. Gulve A high capacity secured image steganography method with five pixel pair differencing and LSB substitution / Avinash K. Gulve, Madhuri S. Joshi // IJ. Image. Graphics and Signal Procusing, 2015, 5, p 66-74.

Проведено аналіз методів машинного розпізнавання контурної інформації на основі ковзаючої маски (оператор Собеля). Визначений метод виявляє перепади значень елементів просторового представлення на стиках однорідних областей, які уявляють собою контури об'єктів. Обмеженнями використання операції маскування при селекції блоків є відсутність можливості визначення елементів представлення аерофотознімку, які описують об'єкти інтересу.

Для усунення виявлених обмежень пропонується технологія селекції блоків з різною семантичною значимістю Перший етап технології передбачає селекцію блоків на основі коефіцієнту різниці елементів. На другому етапі виконується операція згортки на основі набору фільтрів, які описують відгук фільтрації, що очікується.

Проведено порівняльний аналіз методу виявлення об'єктів на основі маскування та операції згортки.

5. Horoshko V.A. Metody i sredstva zashchity ifnornacii. / Horoshko V.A., Chekatov A.A. –K.: Junior, 2003. – 501s.
 6. Judin O.K. Zahist informacii v mrezhah peredachi danih: pidruchnik / G.F. Konahovich, O.G. Korchenko, O.K. Judin. – K.: Vidavnicтво TOV NVP «INTERSERVIS», 2009. – 714s.
 7. Bekirov A. A steganographic method based on the modification of regions of the image with different saturation / Barannik V., Bekirov A., Lekakh A., Barannik D // 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018
 8. Bekirov A. Detections of sustainable areas for steganographic embedding / Vladimir Barannik; Andriy Alimpiev; Ali Bekirov; Dmitry Barannik // 2017 IEEE East-West Design & Test Symposium.
 9. Jassim F.A. Five modulus method for Image compression / Firas A. Jasim // Signal and Image Processing: An international Journal (SIPIJ), vol. 3, no 5, pp. 26-34. 2012.

ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЕКЦИИ ОБЛАСТЕЙ АЭРОФОТОСНИМКА С РАЗЛИЧНОЙ НАСЫЩЕННОСТЬЮ ДЛЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

*Али Энверович Бекиров (кандидат технических наук)¹
Владимир Жоржевич Яценюк (кандидат технических наук, доцент)¹
Александр Станиславович Крейдун²*

¹*Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков, Украина*
²*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

Современные системы сбора и обработки информации широко представлены оптическими системами мониторинга, которые используются для ведения воздушной разведки, мониторинга объектов критической инфраструктуры и транспортных коммуникаций. Проблемными ограничениями при разработке новых и совершенствовании существующих систем является повышение требований конечного пользователя относительно качества цифровых изображений в условиях ограниченной пропускной способности каналов передачи данных. Для уменьшения объемов аэрофотоснимков предлагается использовать стеганографические преобразования с селекцией областей с различной семантической насыщенности.

В статье проводится анализ возможности селекции объектов интереса с помощью методов машинного распознавания контурной информации на основе скользящей маски. Для устранения системных ограничений указанного подхода, которые заключается в отсутствии возможности выявления элементов описания объекта интереса, предлагается использовать операцию свертки на основе набора фильтров. Разрабатывается технология селекции незначимых областей, которые используются как контейнеры для встраивания информации и областей с объектами интереса, как полезного стеганографического сообщения. Первый этап предусматривает выбор не значимых областей на основе коэффициента разницы элементов. На втором этапе происходит фильтрация изображения на основе операции свертки с набором фильтров, которые соответствуют ожидаемому отклику изображения после фильтрации.

Ключевые слова: стеганографическое преобразование, операция свертки, системы мониторинга, выявление объектов.

TECHNOLOGY OF SELECTION OF AERIAL PHOTO AREA WITH VARIOUS SATURATION FOR A STEANOGRAPHIC TRANSFORMATION

*Ali Bekirov (Doctor of philosophy)¹
Vladimir Yachenok (Doctor of philosophy, Associate Professor)¹
Aleksandr Krejdun²*

¹*Kharkiv National University of Air Force named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, Ukraine*
²*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

Modern systems for collecting and processing information are widely represented by optical monitoring systems that are used for aerial reconnaissance, monitoring of critical infrastructure and transport communications. The problematic limitations in developing new and improving existing systems are increasing the end-user requirements regarding the quality of digital images in the conditions of limited bandwidth of data transmission channels. To reduce the volume of aerial photographs, it is proposed to use steganographic transformations with the selection of areas with different semantic saturations.

The article analyzes the possibility of selecting objects of interest using methods of machine recognition of contour information based on a moving mask. To eliminate the systemic limitations of this approach, which is the inability to identify elements of description of the interest's object, it is proposed to use the convolution operation based on a set of filters. A technology is being developed for selecting insignificant areas that are used as containers for embedding information and areas with objects of interest, as a useful steganographic message. The first stage involves the selection of non-significant areas based on the coefficient of difference between the elements. At the second stage, the image is filtered based on the convolution operation with a set of filters that correspond to the expected image response after filtering.

Key words: steganographic transformation, convolution operation, monitoring systems, object identification.

References

1. Al-Shatnawi A.M. A new method in image steganography with improved image quality / Atallah M. Al-Shatnawi // Applied Mathematical Science, Vol. 6, 2012, no. 79, p. 3907-3915. 2. Bekirov A.E. Metod zahistu informacii na osnovi steganografichnih sistem // Ozbroennija ta vijskova tehnika. – 2015. №1 S. 29 – 36. 3. Bekirov A.E. Puti povysheniya informacionnoj bezopasnosti resursov v sistemah special'nogo naznachenija / Barannik V.V., Rjabuha Ju.N., Bekirov A.E., Komolov D.I. // Четверта міжнародна науково-практична конференція [«Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія»], (Vinnicja, 28 - 30 travnja 2014 r.) / Vinnic'kij nacional'nij tehničnij universitet, Vinnicja, 2014. – S. 151. 4. Avinash K. Gulve A high capacity secured image steganography method with five pixel pair differencing and LSB substitution / Avinash K. Gulve, Madhuri S. Joshi // I.J. Image. Graphics and Signal Procecing, 2015, 5, p 66-74. 5. Basics of the case-method. Available at: <http://www.pprog.ru/Osnovi>

%20keis - metoda.doc. 6. Pohrebelnaia N. Y. (2008). Keis-metod kak uslovye formyrovanyia yssledovatel'skykh sposobnostei studentov vuza [Case-method as a condition for the formation of research abilities of university students]. Nauka y shkola, 737. 7. Bekirov A. A steganographic method based on the modification of regions of the image with different saturation / Barannik V., Bekirov A., Lekakh A., Barannik D // 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018. 8. Bekirov A. Detections of sustainable areas for steganographic embedding / Vladimir Barannik; Andriy Alimpiev; Ali Bekirov; Dmitriy Barannik // 2017 IEEE East-West Design & Test Symposium. 9. Jassim F.A. Five modulus method for Image compression / Firas A. Jasim // Signal and Image Processing: An international Journal (SIPIJ), vol. 3, no 5, pp. 26-34. 2012.