



МЕТОД ДВОКАСКАДНОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ ПРИХОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ СТЕГАНОКОМПРЕСІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Д. Бараннік [ORCID: 0000-0002-7074-9864]

Харківський національний університет радіоелектроніки, проспект Науки, 14, 61166, Харків, Україна

Відповідальний за рукопис: Дмитро Бараннік (e-mail: vvbar.off@gmail.com)

(Подано 29 січня 2023 р.)

У статті потреба подальшого розвитку держави безпосередньо пов'язана з: рішенням питань щодо підвищення обороноздатності та інформаційної безпеки; розвитком інформаційно-інтелектуальних систем. Обґрунтовується необхідність забезпечити потрібний рівень повноти інформації, дотримання вимог її актуальності, досягнення та підтримки належного рівня цілісності, доступності та конфіденційності. У статті наголошено, що для цього будують комплексні системи кодування та захисту інформації. Показано, що останнім часом для додаткового підвищення рівня безпеки інформаційних ресурсів використовують методи прихованого вбудовування інформації. В цій сфері науково-прикладних досліджень окреслюється напрямок своєчасної доставки цілісної відеоінформації в захищеному режимі. Для захисту можуть використовуватися: мета-повідомлення, які утворюються на основі інтелектуального аналізу відеокадрів; окремі відеосегменти аерофотознімків, що містять найбільш значиму для прийняття рішень інформацію. В цій статті досліджується клас методів стеганографічних перетворень, які пов'язані з вбудовуванням повідомлень до цифрових контейнерів, що утворюються потоком відеосегментів (ВС). Однак існуючі стеганографічні системи будуються переважно для використання кількості доступної до скорочення психовізуальної (ПСВ) надмірності. Тому збільшення стеганографічної ємності призводить до втрат цілісності та оперативності доставки відеоконтейнерної інформації. Створено стеганокомпресійне кодування в стегано-поліадичному базисі на основі врахування допустимої для скорочення кількості надмірності. В цьому випадку в процесі компресії складових ВС організується безпосереднє вбудовування прихованої інформації. Приховування інформації здійснюється технологічними етапами залежно від компресійного перетворення перехідного синтаксису стегано-послідовність. Ключовим етапом є технологія двокаскадної імплементації доданих до стегано-послідовностей елементів приховується повідомлення до синтаксису стеганокомпресійного представлення складових ВС.

Ключові слова: *кодування інформації, відеозображення, стиснення, приховування інформації, стеганографія, відео контейнери, поліадичний базис.*

УДК: 621.126

1. Вступ

Подальший розвиток держави безпосередньо пов'язаний із: рішенням питань щодо підвищення обороноздатності та інформаційної безпеки; розвитком інформаційно-інтелектуальних та соціо-технічних систем. Потребують належного чину формування, переробки, передавання та зберігання інформаційних ресурсів із різних типів джерел [1; 2]. Насамперед необхідно забезпечити

потрібний рівень повноти інформації, дотримання вимог її актуальності, досягнення та підтримки належного рівня цілісності, доступності та конфіденційності. Для цього будують комплексні системи кодування та захисту інформації. Вони базуються на застосуванні: методів інтелектуального аналізу; інфокомунікаційних технологій компресійного кодування, криптографічного захисту та завадостійкого кодування [3; 4]. Останнім часом актуальним є напрямок забезпечення потрібного рівня інформаційно-технологічного супроводження процесів формування, обробки, захисту та передачі даних з безпілотних платформ [5; 6]. Це стосується своєчасної доставки цілісної відеоінформації в захищеному режимі. Для захисту можуть використовуватися [7; 8]: метаповідомлення, які утворюються на основі інтелектуального аналізу відеокадрів; окремі відеосегменти аерофотознімків, що містять найбільш значиму для прийняття рішень інформацію. Водночас доставку всього відеоконтенту потрібно здійснювати в реальному часі. Звідси актуальною науково-прикладною проблематикою є одночасне забезпечення потрібного рівня конфіденційності інформації в умовах її своєчасної доставки з потрібною повнотою та цілісністю.

Напрямок вирішення полягає у можливості застосування криптографічних методів та/або приховування значимої (спеціальної) інформації у відеопотоці. Для цього одним із ключових етапів є вбудовування прихованої інформації на основі технологій стеганографічного перетворення [9; 10]. Відповідно до розвитку інфокомунікаційних систем та прикладних потреб в умовах сучасної інформаційної та кібернетичної протидії можна окреслити такі основні технологічні етапи вбудовування інформації до потоку відеосегментів [11; 12]:

- 1) інтелектуальна ідентифікація відеосегментів за рівнем їхньої значимості в процесі прийняття рішень;
- 2) селекція відеосегментів щодо значимості та використання як контейнерів;
- 3) технології компактного представлення відеосегментів, які приховуються та використовуються як контейнери;
- 4) застосування методів криптографічного захисту інформації;
- 5) вбудовування інформації до відеоконтейнерів із використанням стеганографічних технологій;
- 6) маскування контенту щодо загального фонового змісту;
- 7) підвищення швидкості та цілісності передачі інформації.

Означені прикладні напрямки є актуальними та вкрай затребуваними. Водночас у цьому дослідженні є сенс підкреслити напрямок, який пов'язано з організацією прихованого передавання інформації у відеоконтейнерах [13; 14]. З одного боку, це зумовлено значною потребою у вирішенні питань щодо одночасного забезпечення збільшення швидкості інформаційного каналу та рівня кібербезпеки повідомлень, які передаються [15; 16]. З іншого боку, на шляху реалізації такого напрямку виникають проблемні аспекти. Вони пов'язані з [17; 18]:

- дисбалансом між інтенсивністю відеоінформаційних потоків та пропускнуою здатністю бездротових інфокомунікаційних систем;
- дисбалансом між потребою у використанні стандартизованих технологій криптографічного захисту та існуючою нормативно-правовою базою для певних прикладних сфер;
- дисбалансом між характеристиками існуючих технологій стеганографічного перетворення та вимогами до сервісів надання дистанційних інформаційних (відеоінформаційних) послуг.

Потужну критичність наведеної сукупності дисбалансів набирають у разі необхідності захищеного передавання відеоінформаційних потоків із використанням інфокомунікаційних технологій на безпілотних платформах. Це зумовлено наявністю множини дестабілізуючих факторів та зовнішніх загроз [19; 20].

Звідси потрібно забезпечити належні характеристики прихованого вбудовування інформації у скомпресованому відеопотоці реального часу.

2. Аналіз та формулювання завдання

Сучасні технології стеганографічних перетворень можна умовно поділити на два класи, а саме такі, які використовують для прихованого вбудовування повідомлень особливості: цифрових форматів представлення інформаційних ресурсів (цифрових контейнерів); телекомунікаційних протоколів [21].

У наведеній статті ми будемо розглядати клас методів стеганографічних перетворень, які пов'язані з вбудовуванням повідомлень до цифрових контейнерів, що утворюються потоком відеосегментів (ВС) [22; 23]. У цьому разі ключовими вимогами до побудови стеганографічних систем є [24; 25]:

- 1) підвищення швидкості прихованого каналу передачі інформації в компактно-представленому потоці відеосегментів;
- 2) зменшення втрат рівня стиснення в процесі вбудовування інформації за умов досягнення потрібної стеганографічної ємності;
- 3) забезпечення необхідної синтаксичної або семантичної цілісності вбудованої інформації та відео-контейнерів;
- 4) маскуванню слідів наявності прихованої інформації у відеосегментах, зокрема у разі спроби несанкціонованого доступу або здійснення стеганографічних атак;
- 5) забезпечення необхідного рівня компресійних та стеганографічних характеристик в умовах зменшення доступної швидкості передавання даних із безпілотних платформ.

Однак існуючі стеганографічні системи будують переважно на використанні кількості доступної до скорочення психовізуальної (ПСВ) надмірності. Тому збільшення стеганографічної ємності призводить до втрат цілісності та оперативності доставки відеоконтейнерної інформації [26; 27].

Звідси мета досліджень статті стосується розробки нових методів вбудовування прихованої інформації в процесі компресійних перетворень відеоконтейнерів.

3. Розробка стеганокомпресійних перетворень для подвійної імплантації прихованої інформації до синтаксису компактно-представлених відеосегментів

Запропоновано використовувати напрямок створення нових технологій формування каналу прихованої інформації в компресійному відеопотоці. Тут маємо на увазі таке: здійснювати процес формування кодового значення (позиційного кодування) з одночасною прихованою імплантацією доданого елемента в стегано-поліадичному базисі на основі встановлення та скорочення кількості просторової позиційно-комбінаторної (ППК) надмірності. Систему таких перетворень пропонуємо визначати як стеганокомпресійне (СК) [26; 27].

У цьому разі елемент $g(u)_\chi$ прихованої послідовності G_u додається на другу позицію α -го ППЧ $A(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ для j -го стовпця ВСК $A^{(k,\ell)}$, тобто

$$\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} = g(u)_\chi \cup A(\alpha)_j^{(k,\ell)} \mid \tilde{a}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)} = g(u)_\chi.$$

Це зумовлено двома чинниками:

1) зменшенням впливу спотворень на втрату цілісності вбудованих даних у процесі позиційного декодування в маскованому базовому поліадичному просторі. Таке ґрунтується на тому, що найбільших спотворень зазнають молодші елементи ППЧ. Відповідно збільшується стійкість прихованої інформації до перетворень з **стеганокомпресійним кодовим значенням** (стегано-кодовим значенням);

2) усунення потреби у врахуванні позиційних обмежень вбудованих даних на формування позиційно-комбінаторної ваги базових елементів стегано-ППЧ. Отже вбудовування прихованого

елементу на старшу позицію в ППЧ забезпечує уникнення впливу його ПОБ на реконструкцію елементів початкової складової стовпця ВС.

Звідси склад стегано-ППЧ $\tilde{A}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ (позиційне стегано-поліадичне число (СППЧ)) матиме такий вигляд:

$$\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} = \{ \tilde{a}'(\alpha)_{1,j}^{(k,\ell)}; \dots; \tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}; \dots; \tilde{a}'(\alpha)_{n_\alpha+1,j}^{(k,\ell)} \}.$$

У цьому випадку проводиться розширення базового поліадичного базису $Q(\alpha)^{(2,k,\ell)}$ контейнерного простору, а саме:

$$\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)} = Q(\alpha)^{(2,k,\ell)} \cup (\tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)} + 1).$$

Тут для варіанту, коли $w(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} \uparrow$ та $i \downarrow$, прийнято такі позначення:

$\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)}$ - розширений стегано-поліадичний базис із врахуванням позиційного обмеження доданого елемента прихованого повідомлення;

$\tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)}$ - позиційне обмеження на діапазон можливих значень елементів $g(u)_\chi$ прихованого повідомлення в двовимірному поліадичному просторі, $g(u)_\chi \leq \tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)}$.

Оскільки $g(u)_\chi \in [0; 1]$, то $0 \leq \tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)} \leq 1$. Тоді маємо:

$$\delta = \text{sign} \cdot (g(u)_\chi - \max_{1 \leq i \leq n} \{g(u)_\chi; a(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}\}) = -1.$$

Звідси

$$\tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)} = \text{sign}(1 + \delta) \cdot q(\alpha)_j^{(k,\ell)} - \delta \cdot \text{sign}(1 - \delta) \cdot \tilde{q}'(\alpha)_2^{(k,\ell)} = \tilde{q}'(\alpha)_2^{(k,\ell)}.$$

Водночас для зменшення впливу стеганографічних перетворень на втрату коефіцієнта стиснення приймають $\tilde{q}'(\alpha)_{2,j}^{(k,\ell)} = 1$.

Відповідно позиційно-комбінаторна вага $\tilde{w}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ розраховують так:

$$\tilde{w}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} = f_w(\alpha; i; \tilde{q}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}).$$

Двокаскадна імплементація доданого елемента $g(u)_\chi$ до стеганокомпресійної (СК) кодограми $\tilde{C}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ здійснюють за допомогою позиційного кодування СППЧ у форматovanому РСПБ $\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)}$. На першому каскаді визначають кодове значення $\tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ СППЧ $\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$. Тут використовують вираз:

$$\tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} = \sum_{i=1}^{n_\alpha+1} \tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} \cdot f_w(\alpha; i; \tilde{q}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}).$$

Наведений вираз є згортком із врахуванням вагових коефіцієнтів $\tilde{w}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ елементів $\tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ форматovanого СППЧ $\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$. До того ж вагові коефіцієнти визначають із врахуванням ПОБ $\tilde{q}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ та позицій i відповідних елементів $\tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ у СППЧ. Отже можна стверджувати, що функціональні залежності $f_w(\alpha; i; \tilde{q}'(\alpha)_j^{(k,\ell)})$ виконують роль агентів з усунення кількості ППК надмірності.

Відповідно такий процес позначають як перший каскад імплантації прихованої інформації до синтаксису компактно-представлених даних на основі стеганокомпресійних перетворень.

На другому каскаді здійснюють імплантацію прихованої інформації в кодовому значенні $\tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ до синтаксису кодограми $\tilde{C}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ – технологічна інсталяція доданого біту у форматованому стегано-ПБ.

Побудову СК-кодограм $\tilde{C}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ необхідно здійснювати з врахуванням форматованих ППК залежностей $\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)}$. Фодночас кількість біт на СК синтаксичний опис (довжина $\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ СК-кодограми) необхідно визначати за умов:

1. Виконання наступної нерівності щодо виключення кодової надмірності:

$$2^{\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}-1} \leq \tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} \leq 2^{\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}}. \quad (1)$$

2. Використання для визначення мінімально-потрібної кількості $\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ біт на представлення СК синтаксичного опису тільки тієї інформації, яку безпосередньо використовують у процесі СК-кодування. Це забезпечить локалізацію взаємного деструктивного впливу стеганографічних та компресійних перетворень. Отже для цього **запропоновано** встановлювати довжину $\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ із врахуванням такої властивості позиційних кодових систем, як:

$$0 \leq \tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} \leq \tilde{W}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} - 1. \quad (2)$$

Вона стосується обмеженості стегано-кодового значення $\tilde{N}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ величиною $\tilde{W}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$. Тут величина $\tilde{W}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ є кількістю допустимих комбінацій з елементів α -ї складової $\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ для j -го стовпця ВС за умов врахування системи залежностей $\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)}$. Отже величина $\tilde{W}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ встановлює об'єм множини $\tilde{\Omega}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ допустимих СППЧ $\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$:

$$\tilde{W}'(\alpha)_j^{(k,\ell)} = |\tilde{\Omega}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}|,$$

які утворюються за умов виконання обмежень $\tilde{q}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$ на їх елементи $\tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)}$, $\tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} \in \tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$:

$$\tilde{a}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} \leq \tilde{q}'(\alpha)_{i,j}^{(k,\ell)} = \text{sign}(1 + \delta) \cdot q(\alpha)_j^{(k,\ell)} - \delta \cdot \text{sign}(1 - \delta) \cdot q(\alpha)_i^{(k,\ell)}, \quad (3)$$

$$i = \overline{1, (n/\alpha) + 1}.$$

Для технологічної реалізації побудови СК-кодограм за означених умов (1), (2) **запропоновано** розробити функціональну залежність $f_{\text{scs}}(\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}; \tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)})$. Функціонал дозволяє розташувати (імплемтувати) стегано-кодове значення у визначеній за довжиною СК-кодограми. Такий функціонал базується на використанні нерівномірного двійкового декодування стегано-кодового значення (СК кодового значення в форматованому РСПБ) $\tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$. Кількість біт (довжина) $\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ двійкового коду визначають виразами (1; 2). Відповідно маємо:

$$\tilde{c}'(\alpha; j)_{\psi}^{(k,\ell)} = f_{\text{scs}}(\tilde{v}(\alpha)_j^{(k,\ell)}; \tilde{N}'(\alpha)_j^{(k,\ell)})$$

Звідси створюється умова для визначення двійкового змісту $[\tilde{C}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}]_2$ для СК-кодограми $\tilde{C}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ СППЧ $\tilde{A}'(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ за відповідним стегано-кодовим значенням $N(\alpha)_j^{(k,\ell)}$ у форматованому РСПБ базисі $\tilde{Q}'(\alpha)^{(2,k,\ell)}$ без залучення надмірної (збиткової) інформації.

Висновки

Створено стеганокомпресійне кодування у форматі стегано-поліадичному базисі на основі врахування допустимої для скорочення кількості ППК надмірності. У цьому випадку в процесі компресії складових ВС організується безпосереднє вбудовування прихованої інформації. Приховування інформації здійснюється технологічними етапами залежно від компресійного перетворення перехідного синтаксису стегано-ППЧ, а саме:

1) безпосереднє додавання елементу приховуємого повідомлення до позиційно-поліадичного числа. Відповідно утворюється форматне стегано-ППЧ в ФСПБ;

2) технологія двокаскадної імплементації доданих до СППЧ елементів прихованого повідомлення до синтаксису стегано-компресійного представлення складових ВС, тобто:

- імплементація в стегано-кодівому значенні СППЧ у форматі РСПБ базисі – стегано-компресійне кодування в форматі стегано-поліадичному базисі (розширене позиційне кодування у форматі стегано-поліадичному базисі);

- імплементація у двійковому синтаксичному описі стегано-кодівих значень СППЧ – формування СК-кодограм. Тут здійснюється імплементація прихованої інформації на рівні формування двійкового синтаксису СК-представлення складових ВС через блокове двійкове декодування (розміщення) стегано-кодівих значень СППЧ в ФСПБ.

Це дає можливість реалізувати одночасно компресійні та стеганографічні перетворення складових ВС. Відповідно досягається зменшення бітового об'єму ВС та приховане передавання вбудованих повідомлень. Усуваються втрати синтаксичної цілісності ВС-контейнеру та вбудованої інформації. Локалізується дисбаланс між характеристиками компресійних та стеганографічних перетворень.

Наукова новизна.

Уперше створено метод змішаного стеганокомпресійного кодування на основі позиційних систем в маскованому поліадичному базисі. Відмінності методу стосуються створення двокаскадної стеганокомпресійної імплементації елементів приховуємого повідомлення в змішано-маскованому після форматування стегано-поліадичному базисі. Це дає змогу одночасно в процесі стиснення відеосегменту забезпечити приховану подвійну імплементацію інформації в умовах уникнення її впливу на цілісність відеоресурсів.

Список використаних літературних джерел

- [1] Fridrich J. Steganalysis of LSB encoding of Color Images / Fridrich J., Du R., Long M. // *Proceedings of ICME 2000, New York City, July 31 – August 2, New York, USA.*
- [2] Бараннік Д.В. Метод непрямого стеганографічного приховування даних з урахуванням інформації контуру / Д.В. Бараннік, В.В. Бараннік, О.М. Шатун // *Наукові технології.* – 2018. – №2(38). – С. 226–231.
- [3] Barannik V., Barannik D. Barannik N., *Indirect Steganographic Embedding Method Based On Modifications of The Basis of the Polyadic System. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2020): proceedings of 15 th IEEE International Conference, 2020. P. 699–702. DOI: 10.1109/TCSET49122.2020.235522.*
- [4] Бараннік В.В., Шульгін С.С., Бараннік Н.В., Бабенко Ю.М., Пугачев Р.В. *Проблематичні аспекти забезпечення дистанційного відеосервісу в кризовій ситуації. Кібербезпека. освіта, наука, техніка, 2020, №1(1), С. 13–22.*
- [5] Medeni M.B. *A novel Steganographic Protocol from Error-correcting Codes / M.B. Medeni, E.M. Soudi // Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing.* – 2010. –P.339-343.
- [6] Fridrich J. *Steganalysis of LSB encoding in color image / J. Fridrich, R. Du, M. Long // ICME, 2000.*
- [7] Barannik, V.V., Kulitsa, O., Tarasenko, D., Barannik, D., Podlesny, S., *The video stream encoding method in infocommunication systems. IEEE 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (IEEE TCSET 2018), 2018, pp. 538-541. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336259.*

- [8] Баранник В.В. Обоснование значимых угроз безопасности видеoinформационного ресурса систем видеоконференцсвязи профильных систем управления / В.В. Баранник, А.В. Власов, С.А. Сидченко // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте. – 2014. №3. С. 24 – 31.
- [9] Задирака В.К. Статистический анализ систем с цифровыми водяными знаками / В.К. Задирака, Н.В. Кошкина, Л.Л. Нукитенко // Штучный интеллект. 2008. №3. – С.315-324
- [10] Adleman L. M., Shamir A., Rivest R. L., A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*. 1978. Vol. 21. Iss. 2. P. 120–126. DOI: 10.1145/359340.359342.
- [11] Barannik D., Barannik V., Shatun O., Dodukh O., Tverdokhle V. The indirect method of steganographic embedding of data in an image container based on the information of the contour // 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology. – 2018. – p. 490–494. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632155
- [12] Коначович Г.Ф. Защита информации в телекоммуникационных системах / Г.Ф. Коначович, В.П. Климчик, С.М. Паук, В.Г. Потапов. – К.: МК – Пресс, 2005. – 288 с.
- [13] Fridrich J. New blind steganalysis and its implication / J. Fridrich, G. Miroslav // Proc. SPIE Electronic Imaging, 2006.
- [14] V. Barannik, D. Barannik, S. Korotin, Olga Veselska Method of Safety of Informational Resources Utilizing the Indirect Steganography. "Development of technology analys for the content semantics," in Engineer of XXI Century - We Design the Future, Bielsko-Biala, Poland: ATH, 2020. P.195 202.
- [15] Barannik V., Alimpiev A., Barannik D., Barannik N. Detections of sustainable areas for steganographic embedding // East-West Design & Test Symposium (EWDTS). – IEEE, 2017. P. 555-558. DOI: 10.1109/EWDTS.2017.8110028.
- [16] Задирака В.К. Новые подходы к разработке алгоритмов скрытия информации / В.К. Задирака, Л.Л. Нукитенко // Штучный интеллект. 2008. №4. – С.353-357.
- [17] Fortrini M Steganography and digital watermarking: A global view / M. Fortrini // University of California, Davis. Available: <http://lia.deis.unibo.it/Courses/RetiDiCalcolatori/Progetti00/fortini/project.pdf> [June 2011].
- [18] Albert Lekakh, Tatyana Belikova, Oleksii Dovbenko, Oleksandr Dodukh. Method of Increasing the Capacity of Information Threat Detection Filters in Modern Information and Communication Systems. *Advanced Information and Communications Technologies (AICT 2019): proceedings of the IEEE 3rd International Conference, 2019*. P. 426-429. DOI: 10.1109/AIACT.2019.8847754.
- [19] Barannik D. Stegano-Compression Coding in a Non-Equalible Positional Base. *Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2020): proceedings of the IEEE 2nd International Conference, 2020*. P. 83 – 86. DOI: 10.1109/ATIT50783.2020.9349328.
- [20] V. Barannik, D. Barannik, A. Lekakh "A steganographic method based on the modification of regions of the image with different saturation", *Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2018 14th International Conference on, 2018*, pp. 542-545. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336260
- [21] Rybko B. Information-Theoretical Approach to Steganographic Systems / B. Rybko, D. Ryabko // Proc. IEEE International Symposium on Information Theory, Nice, France, 2007. P.2461-2464.
- [22] Volodymyr Barannik, Dmitriy Barannik, Oleg Shatun, Veronika Kobtseva Development of an indirect method of steganographic data hiding in the container image contour // *Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska (IAPGOŚ)*. – 2018. – №4. – pp. 22 – 25.
- [23] Medeni M.B. A novel Steganographic Protocol from Error-correcting Codes / M.B. Medeni, El.M Soudi // *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*. – 2010. –P.339-343.
- [24] Barannik V., Khimenko V., Barannik N. Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. №. 4. PP. 119–131. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [25] Barannik V.V., Karpenko S. Method of the 3-D image processing. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (IEEE TCSET 2008): proceedings of IEEE International Conference, 2008*. P. 378-380.
- [26] Бараннік Д.В. Метод стегакокомпресійного кодування на основі поліадичного базису. *Наукоємні технології*. 2023. № 3. С. 271-279.
- [27] Бараннік Д.В. технологія приховування інформативного контенту в динамічному потоці відеосегментів. 2023. № 4. С. 408-415

METHOD OF TWO-STAGE IMPLANTATION OF HIDDEN INFORMATION BASED ON STEGANOCOMPRESSION TRANSFORMATIONS

D. Barannik

Kharkiv National University of Radio Electronics, Nauka Avenue, 14, 61166, Kharkiv, Ukraine

In the article, the need for further development of the state is directly related to: solving issues of increasing defense capability and information security; development of information and intelligent systems. The necessity of ensuring the required level of completeness of information, compliance with the requirements of its relevance, achievement and maintenance of the appropriate level of integrity, accessibility and confidentiality is substantiated. The article emphasizes that for this purpose, complex systems of coding and information protection are being built. It is shown that recently, in order to further increase the level of security of information resources, methods of hidden embedding of information have been used. In this field of scientific and applied research, the direction of timely delivery of integral video information in a secure mode is outlined. For protection, the following can be used: meta-messages, which are formed on the basis of intelligent analysis of video frames; separate video segments of aerial photographs containing the most important information for decision-making. This article examines a class of methods of steganographic transformations, which are associated with embedding messages in digital containers, which are formed by a stream of video segments (VS). However, existing steganographic systems are based mainly on the use of the amount of psychovisual (PSV) redundancy available for reduction. Therefore, an increase in steganographic capacity leads to a loss of integrity and efficiency of delivery of video-container information. Steganocompression coding in the stegano-polyadic basis was created on the basis of taking into account the amount of redundancy permissible for reduction. In this case, in the process of compression of the components of the VS, the direct embedding of hidden information is organized. Concealment of information is carried out by technological stages, depending on the compression transformation of the transitional syntax of the quilted sequence. The key stage is the technology of two-stage implementation of the elements of the concealed message added to the stegano sequences to the syntax of the steganocompression representation of the BC components.

Keywords: *information encoding, video imaging, compression, information concealment, steganography, video containers, polyadic basis.*