



УКРАЇНА

(19) UA (11) 49956 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G09C 5/00  
G07C 7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРАФІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА ДЛЯ ЗАХИСТУ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

1

(21) u201004371

(22) 14.04.2010

(24) 11.05.2010

(46) 11.05.2010, Бюл.№ 9, 2010 р.

(72) ДІДУХ ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА, ШОВГЕНЮК  
МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ДІДУХ ЛЮДМИЛА АНАТОЛІЇВНА, ШОВГЕНЮК  
МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ

(57) 1. Спосіб виготовлення графічного елемента для захисту цінних паперів, який полягає в тому, що з вхідного зображення формують кодоване зображення з використанням спеціальної комп'ютерної програми, за допомогою якої вхідне зображення перетворюють у багаторівневе графічне зображення, кожен рівень якого замінюють матрицею комірок впорядкованої неперіодичної структури, друкують кодоване зображення на об'єкті захисту, а з другого його боку інверсно друкують ключ кодованого зображення, точно сумістивши його з кодованим зображенням, який **відрізняється** тим, що матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерового добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірністю 4x4, серед яких кодуюча базова ортогональна матриця Адамара в свою чергу складається з 4 базових неортогональних матриць розмірністю 2x2, які мають рівну кількість елементів +1 і -1, при цьому матриці комірок впорядкова-

2

ної неперіодичної структури служать ключем кодованого зображення.

2. Спосіб виготовлення графічного елемента за п. 1, який **відрізняється** тим, що кодоване графічне зображення формують заміною кожної комірки вхідного графічного зображення неортогональними матрицями розмірністю 2x2 таким чином, що блок комірок вхідного графічного зображення розмірністю 2x2 замінюється кодуючою базовою ортогональною матрицею Адамара.

3. Спосіб виготовлення графічного елемента за п. 1, який **відрізняється** тим, що дворівневе кодоване графічне зображення формують шляхом заміни першого мінімального рівня інтенсивності вхідного графічного зображення матрицею комірок ключа кодованого зображення, а другий максимальний рівень інтенсивності формують заміною матрицею взаємодоповнюючих комірок ключа кодованого зображення.

4. Спосіб виготовлення графічного елемента за п. 1, який **відрізняється** тим, що трирівневе кодоване графічне зображення формують заміною двох рівнів вхідного графічного зображення матрицею взаємодоповнюючих комірок ключа кодованого зображення, а третій середній рівень інтенсивності вхідного графічного зображення замінюють зсунутими на півперіод матрицями комірок впорядкованої неперіодичної структури.

Корисна модель стосується спеціальних видів друкарської продукції (банкнот, цінних паперів, документів), зокрема способів кодування графічних зображень, символів, знаків для захисту цінних паперів від підробок.

Відомий спосіб кодування графічних зображень [1] для захисту цінних паперів лінійними періодичними растровими структурами, який полягає у виготовленні двох зображень з кодованими символами. Перше зображення у виді двох взаємно суміщених між собою лінійних растрів, а друге зображення - ключ до нього - з однієї лінійної структури. В результаті накладання двох зображень візуалізується кодоване зображення.

Недоліками цього способу є чутливість усіх періодичних растрових структур до меж контурів кодованого зображення, що не дозволяє досягнути високої якості кодування і не складає особливих труднощів для розкодування та підробки.

Найближчим аналогом корисної моделі, що заявляється, є спосіб виготовлення графічного елемента для захисту банкнот, цінних паперів, документів [2], який полягає в тому, що з вхідного зображення, яке підлягає кодуванню, формують кодоване зображення та його ключ і друкують кодоване зображення на об'єкті захисту, кодування здійснюють з використанням спеціальної комп'ютерної програми, за допомогою якої вхідне зобра-

(13) U

(11) 49956

(19) UA

ження перетворюють у багаторівневе графічне зображення, кожен рівень якого замінюють матрицею комірок впорядкованої неперіодичної структури, ключ кодованого зображення друкують інверсно з другого боку об'єкта захисту, точно сумістивши його з кодованим зображенням, причому кодоване зображення та його ключ, які можуть мати різні розміри, друкують на об'єкті захисту кольоровими фарбами з певною кутовою орієнтацією. Матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерового добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірністю  $4 \times 4$  і більше, в яких 50% елементів дорівнюють +1 і 50% елементів дорівнюють -1, з подальшою перестановкою рядків, стовпців чи окремих фрагментів матриці комірок між собою для створення різних типів кодуючих структур.

Дворівневе графічне кодоване зображення формують заміною обох рівнів вхідного графічного зображення матрицею комірок взаємодоповнюючих впорядкованих неперіодичних структур з 50% задрукованої площі.

Трирівневе графічне кодоване зображення формують заміною двох рівнів вхідного графічного зображення матрицею комірок взаємодоповнюючих, а третього рівня вхідного графічного зображення - матрицею комірок частково доповнюючої впорядкованої неперіодичної структури.

Однак, даний спосіб для забезпечення кращої якості можна вдосконалити. Зокрема кодування графічного зображення у ньому відбувається шляхом формування кодуючої впорядкованої неперіодичної структури на основі матриць Адамара розмірністю  $4 \times 4$  та заміною кожного пікселя зображення. Оскільки кожен піксель бінаризованого зображення замінюють структурою, відповідною до матриці Адамара розмірністю  $4 \times 4$ , то це збільшує зображення у розмірах. При стисканні зображення до початкового необхідного розміру втрачається його роздільна здатність, що призводить до погіршення якості розкодованих зображень малих розмірів чи зображень з дрібними деталями.

В основу корисної моделі поставлено завдання шляхом зміни способу кодування зображення забезпечити високу роздільну здатність у відтворенні дрібних деталей зображення та збільшення швидкості процесу кодування, що забезпечить надійність ідентифікації і високий рівень захисту від підробок.

Поставлене завдання досягається тим, що у способі виготовлення графічного елемента для захисту, цінних паперів, який полягає в тому, що з вхідного зображення формують кодоване зображення з використанням спеціальної комп'ютерної програми, за допомогою якої вхідне зображення перетворюють у багаторівневе графічне зображення, кожен рівень якого замінюють матрицею комірок впорядкованої неперіодичної структури, друкують кодоване зображення на об'єкті захисту, а з другого його боку інверсно друкують ключ кодованого зображення, точно сумістивши його з кодованим зображенням, згідно з корисною моделлю матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерового

добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірністю  $4 \times 4$ , серед яких кодуюча базова ортогональна матриця Адамара в свою чергу складається з 4 базових неортогональних матриць розмірністю  $2 \times 2$ , які мають рівну кількість елементів +1 і -1, причому матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури служать ключем кодованого зображення.

Поставлене завдання досягається ще й тим, що згідно з корисною моделлю кодоване графічне зображення формують заміною кожної комірки вхідного графічного зображення неортогональними матрицями розмірністю  $2 \times 2$  таким чином, що блок комірок вхідного графічного зображення розмірністю  $2 \times 2$  замінюється кодуючою базовою ортогональною матрицею Адамара.

Поставлене завдання досягається ще й тим, що згідно з корисною моделлю дворівневе кодоване графічне зображення формують шляхом заміни першого мінімального рівня інтенсивності вхідного графічного зображення матрицею комірок ключа кодованого зображення, а другий максимальний рівень інтенсивності формують заміною матрицею взаємодоповнюючих комірок ключа кодованого зображення.

Поставлене завдання досягається ще й тим, що згідно з корисною моделлю трирівневе кодоване графічне зображення формують заміною двох рівнів вхідного графічного зображення матрицею взаємодоповнюючих комірок ключа кодованого зображення, а третього середнього рівня інтенсивності вхідного графічного зображення замінюють зсунутими на півперіод матрицями комірок впорядкованої неперіодичної структури.

Використання матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури дозволяє кодувати зображення з більш високою роздільною здатністю, що, в свою чергу, дає можливість більш точно ідентифікувати видиме зображення. Для цього кожна базова ортогональна матриця Адамара розглядається як блокова матриця, складена із взаємодоповнюючих базових блоків матриць  $2 \times 2$ . В такому випадку в процесі кодування здійснюється глобальна заміна кожної комірки графічного зображення блоковими матрицями розмірністю  $2 \times 2$ , що приводить до підвищення в 2 рази роздільної здатності кодованого зображення і, відповідно, до ідентифікації більш високої якості дрібних деталей елементів захисту цінних паперів.

На Фіг.1 зображено блок-схему кодування трирівневого зображення; на Фіг.2 - базові матриці  $4 \times 4$ ; на Фіг.3-4 базові матриці  $2 \times 2$ ; на Фіг.4 - приклади утворення впорядкованої неперіодичної структури, еквівалентної до базових матриць Адамара; на Фіг.5 - схема кодування дворівневого зображення; на Фіг.6 - цифрове півтонове зображення; на Фіг.7 - ключ кодованого трирівневого зображення; на Фіг.8 - кодоване трирівневе зображення; на Фіг.9 - розкодоване трирівневе зображення.

Спосіб виготовлення графічного елемента базується на принципі кодування графічного зображення блоками матриць бінарних комірок впорядкованої неперіодичної структури. На початковій стадії кодування за допомогою спеціальної ком-

п'ютерної програми здійснюють глобальну бінаризацію вхідного півтонового зображення. Довільне вхідне півтонове зображення отримують шляхом фотографування цифровою камерою, чи скануванням зображення, записують в цифровому форматі з роздільною здатністю  $R$  і представляють матрицею  $A=[a_{nm}]$  розмірності  $N \times M$ , де  $N=Ra$ ,  $M=Rb$ , а  $a$  і  $b$  - лінійні розміри зображення, яке розбивається на блоки  $B_{ij}$  розмірністю  $2 \times 2$ , кожен з яких містить 4 елементи  $b_{ij}$ , яким, в свою чергу, співставляються 4 базових елементи кодуючої структури. Кожен з 4 елементів блоку  $B_{ij}$  зображення характеризується значенням інтенсивності  $I_{nm}$  від 0 до 255 в градаціях сірого, чи градаціях кольорів синтезу. Виконують зчитування значень інтенсивності  $I_{nm}$  всіх елементів  $b_{ij}$  зображення. У випадку формування трирівневого зображення вводять два порогові значення інтенсивності  $I_{MED1}$  і  $I_{MED2}$ . Областям зображення, інтенсивності яких  $I_{nm} \leq I_{MED1}$ , присвоюють значення 0 і співставляють відповідний елемент блоку кодуючої структури. Відповідно, областям зображення, інтенсивності яких  $I_{MED1} < I_{nm} \leq I_{MED2}$ , присвоюють значення 1/2 і співставляють відповідний елемент блоку кодуючої структури, зсунутий на півперіод; а областям  $I_{nm} > I_{MED2}$  - значення 1 та співставляють інверсний елемент блоку кодуючої структури (Фіг.1).

У випадку формування дворівневого зображення вводять середнє порогове значення інтенсивності  $I_{MED}$ , відносно якого формують два рівні інтенсивності за алгоритмом: якщо для аналізованого елемента  $b_{ij}$  у блоці зображення  $I_{nm} \leq I_{MED}$ , то цьому елементу присвоюють значення 0 і співставляють відповідний елемент блоку кодуючої структури, і якщо  $I_{nm} > I_{MED}$ , то такому елементу присвоюють значення 1 та співставляють інверсний елемент блоку кодуючої структури. Отримують дворівневе зображення 1 (Фіг.5), першого рівня 2 і, відповідно, другого рівня 3.

Кодування вхідного зображення виконують за принципом глобальної заміни рівнів багаторівневого бінаризованого зображення блоками матриць комірок з впорядкованою неперіодичною структурою. В результаті цього на кодованому зображенні різні рівні заповнюють блоками матриць комірок з відповідною впорядкованою неперіодичною структурою, яка забезпечує візуальну нерозрізнимість ліній рівнів цього зображення. Для розкодування зображення формують ключ, який містить одну з кодуючих структур кодованого зображення (Фіг.2). В результаті суміщення ключа з кодованим зображенням взаємодоповнюючі блоки базових матриць комірок двох кодуючих структур перекриваються пропорційно до величини рівня і таким чином відновлюється закодоване зображення.

На Фіг.4 приведено типову S-подібну ортогональну матрицю Адамара  $H_4$  та відповідну їй впорядковану неперіодичну структуру, що складається з 4 матриць розмірністю  $2 \times 2$ . Множення ортогональної матриці  $H_4$  на -1 еквівалентно тому, що для матриці  $A_4$  будують взаємодоповнюючу базову матрицю  $N_4$ . Важливою властивістю ортогональних матриць Адамара є побудова нової ортогональної матриці  $T_4$  за допомогою зсуву її на півперіод, як показано на Фіг.4. Вона також володіє

усіма властивостями ортогональних матриць Адамара і використовується у даному винаході для кодування трирівневих зображень. На Фіг.4 показано випадок перетворення матриці  $H_4$  у матрицю зсунуту на півперіода  $T_4$  та процес їх накладання.

На Фіг.2 приведено 16 опорних матриць Адамара розмірністю  $4 \times 4$ , які складаються з 4 неортогональних базових матриць  $2 \times 2$  (+C, -C, +R, -R) та містять однакову кількість елементів 1 та -1.

У відповідності до корисної моделі, зображення, яке слід закодувати, бінаризується, причому кожним чотирьом суміжним пікселам у відповідність ставиться впорядкована неперіодична структура, еквівалентна до однієї з опорних матриць Адамара розмірністю  $4 \times 4$ , кожна з яких в свою чергу складається з 4 базових матриць розмірністю  $2 \times 2$  (Фіг.3). На Фіг.4 приведено приклади утворення опорних матриць Адамара із неортогональних матриць  $2 \times 2$ . Відомо 16 опорних матриць розмірністю  $2 \times 2$ , які зображені на Фіг.2.

На Фіг.5 приведено дворівневе зображення 1, яке слід закодувати. Вибираємо матриці, які будуть формувати ключ кодованого зображення і будемо його. Проводимо поділ зображення 1 на блоки елементів розміром  $2 \times 2$ . У відповідності до рівня інтенсивності та ключа кожному блоку присвоюємо певну впорядковану неперіодичну структуру. Таким чином, кодоване зображення 5, яке містить закодовану інформацію про вхідне зображення, формується глобальною заміною кожного рівня вхідного зображення блоками матриць комірок, яка має впорядковану неперіодичну структуру високої роздільної здатності, а ключ 4 кодованого зображення, який призначений для його розкодування, сформований щонайменше з однієї матриці комірок цієї впорядкованої неперіодичної структури. При суміщенні ключа 4 та кодованого зображення 5 отримуємо розкодоване зображення 6.

Для кожної ортогональної матриці  $H_4(n;m)$  будують відповідну їй базову кодууючу матрицю  $A_4(n;m)$  за формулою:

$$H_4(n;m) = \exp[i\pi A_4(n;m)]. \quad (1)$$

Всі матриці Адамара  $H_4(n;m)$  характеризуються фундаментальною властивістю ортогональності всіх її рядків та стовпців. Причому, властивість ортогональності зберігається при довільних перестановках рядків та стовпців, а також при множенні довільного рядка чи стовпця на -1.

Для формування матриць великих розмірностей використовують операцію кронекерового множення кількох ортогональних матриць Адамара

$$H_m(n;m) = H_4^{(1)}(n;m) \otimes H_4^{(2)}(n;m) \otimes \dots \otimes H_4^{(K)}(n;m), \quad (2)$$

де  $\otimes$  - символ кронекерового множення. В результаті множення двох матриць Адамара  $4 \times 4$  отримують матрицю Адамара розмірності  $16 \times 16$  і т.д. При множенні  $K$  матриць Адамара отримують матрицю Адамара розмірності  $4^K \times 4^K$ , а у випадку, коли всі  $K$  матриць рівні між собою, то за формулою (2) отримують кронекерову степінь порядку  $K$ . Таким чином, використовуючи базові матриці Адамара  $4 \times 4$ , на основі формули (2) формують матриці необхідної розмірності. Всі такі новоутво-

рені матриці, як і базові, відносяться до класу впорядкованих неперіодичних матриць. Важливим моментом для даного способу кодування є те, що під час такого множення обов'язково в якості другого множника ми використовуємо одну з базових кодуємих матриць (Фіг.2).

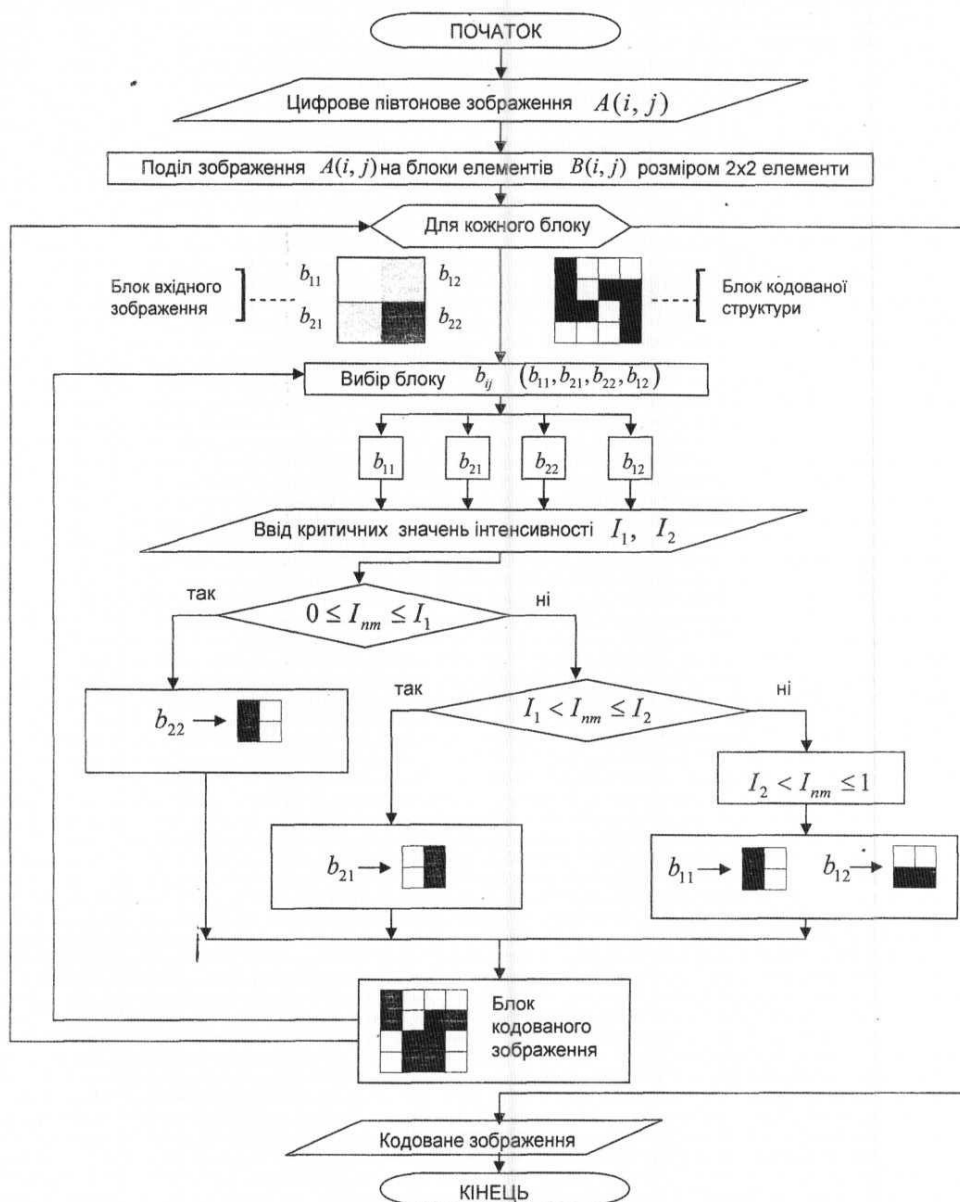
Спосіб кодування дворівневого зображення на основі матриць комірок впорядкованої неперіодичної структури полягає в наступному. Для кодування бінарного зображення 1 вибирають опорну ортогональну матрицю Адамара  $N_4$ . Для повного перекривання всіх елементів  $a_{nm}$  бінарного зображення, за формулою (2) будують ортогональну матрицю Адамара необхідної розмірності. Для даної ортогональної матриці за формулою (1) отримують кодуєму матрицю  $A_4$  і відповідну їй доповнюючу матрицю  $N_4$  необхідної розмірності. Рівень 2 глобально заміняють впорядкованою неперіодичною матрицею  $A_4$ , а рівень 3 - матрицею  $N_4$ . На Фіг.5 приведено структуру ключа 4 дворівневого зображення 1, структуру кодованого зображення 5 та розкодоване дворівневе зображення 6. Ключ 4 кодованого дворівневого зображення 1, який приведений на Фіг.5, формують однією з базових матриць  $A_4$  впорядкованої неперіодичної структури. В результаті суміщення кодованого дворівневого зображення 5 з ключем 4 формується розкодоване дворівневе зображення 6. Спосіб розкодовування даного зображення полягає в наступному. Кожна область рівня 2 на дворівневому зображенні 1 закодована базовою матрицею комірок  $A_4$ , яка одночасно міститься і на ключі 4. В результаті суміщення кодованого дворівневого зображення 5 і ключа 4 відповідні елементи матриці  $A_4$  накладаються самі на себе, внаслідок чого на рівні 2 формується впорядкована неперіодична структура, яка відповідає кодуєчій структурі ключа 4 і характеризується 50% задрукованою площею. Навпаки, рівень 3 на розкодованому дворівневому зображенні 6 формується за іншою схемою. Область кодованого зображення 5, яку кодує доповнюючою матрицею комірок  $N_4$ ,

накладають на базову матрицю комірок  $A_4$  ключа 4. В результаті цього рівень 3 на розкодованому дворівневому зображенні 6 формується суцільним фоном із 100% задрукованою площею. Наявністю цього фону забезпечується високий контраст розкодованого зображення 6, яке відтворює всі деталі дворівневого зображення.

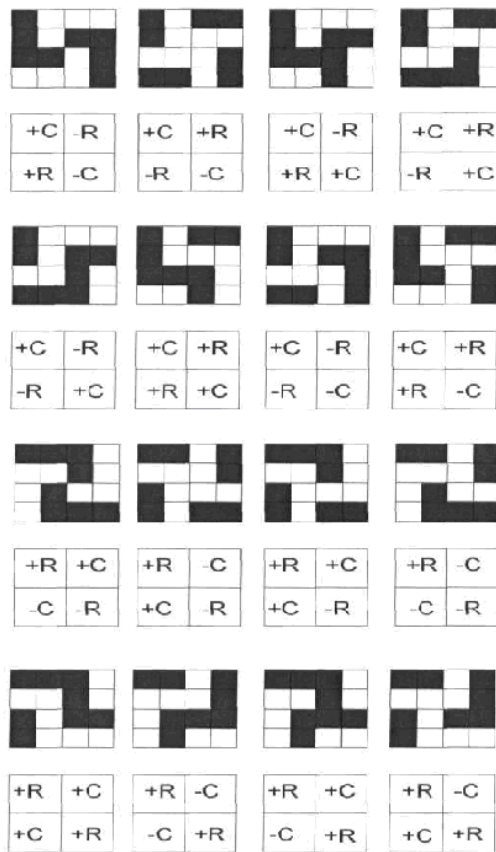
Для покращення якості кодування зображення реалізують спосіб кодування трирівневого бінаризованого зображення. На Фіг.6 показано показано цифрове півтонове зображення 7 та фрагмент блоку елементів 8, кожен з яких характеризується різним рівнем інтенсивності. Першому рівню будуть відповідати комірки 9 і 11, другому - 10 та третьому рівню - 12. Кодування відбувається у відповідності до Фіг.1. На Фіг.7 зображено ключ кодованого трирівневого зображення 13, а на Фіг.8 - кодоване трирівневе зображення 14, в якому середній рівень 10 глобально заміняють впорядкованою неперіодичною структурою, яка сформована з блоків матриць зсунутих на півперіод, а рівні 9, 11 та 12 сформовані способом кодування дворівневого зображення. Як видно, при способі кодування. Розкодоване трирівневе зображення 15 за допомогою ключа 13 показано на Фіг.9. Рівні 16 і 17 розкодовані структурою 2 та темним фоном 3 аналогічно способу розкодовування дворівневого зображення 1. Рівень 18 на розкодованому трирівневому зображенні 15 формується в результаті часткового перекривання кодуємих структур  $A_4$  та матриць зсунутих на півперіод, внаслідок чого виникає впорядкована неперіодична структура 18, яка характеризується 75% задрукованою площею і візуально подібна до структури 16. Як видно, наявність рівня 18 суттєво підвищує якість розкодованого трирівневого зображення 15 у порівнянні із аналогічним дворівневим зображенням 1.

Джерела інформації:

1. Заявка WO №9504665, Кл. B44F 1/12, публ. 1995р.
2. Патент України №64836, Кл. G09C5/00; G07D7/20, публ. 2004.



Фіг. 1



Φir. 2

$$+C = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline \blacksquare & \square \\ \hline \blacksquare & \square \\ \hline \end{array}$$

$$-C = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline \square & \blacksquare \\ \hline \square & \blacksquare \\ \hline \end{array}$$

$$+R = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline \blacksquare & \blacksquare \\ \hline \square & \square \\ \hline \end{array}$$

$$-R = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline \square & \square \\ \hline \blacksquare & \blacksquare \\ \hline \end{array}$$

Φir. 3

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline +C & & -R & \\ \hline & \blacksquare & & \\ \hline +R & & & -C \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline +C & -R \\ \hline +R & -C \\ \hline \end{array}$$

H4                      A4

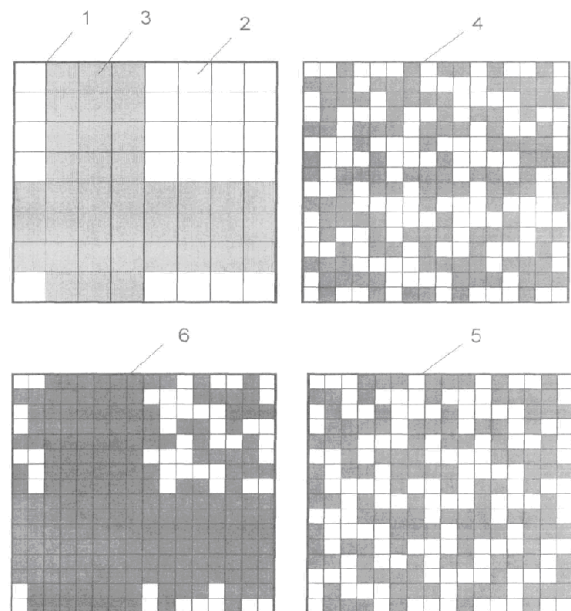
$$(-1) \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & \blacksquare & & \\ \hline & & \blacksquare & \\ \hline & & & \blacksquare \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|} \hline -C & +R \\ \hline -R & +C \\ \hline \end{array}$$

H4                      N4

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \blacksquare & & & \\ \hline & \blacksquare & & \\ \hline & & \blacksquare & \\ \hline & & & \blacksquare \\ \hline \end{array} \Leftrightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & \blacksquare & & \\ \hline & & \blacksquare & \\ \hline & & & \blacksquare \\ \hline & & & \\ \hline \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \blacksquare & \blacksquare & & \\ \hline & \blacksquare & & \\ \hline & & \blacksquare & \\ \hline & & & \blacksquare \\ \hline \end{array}$$

A4                      T4

Φir. 4



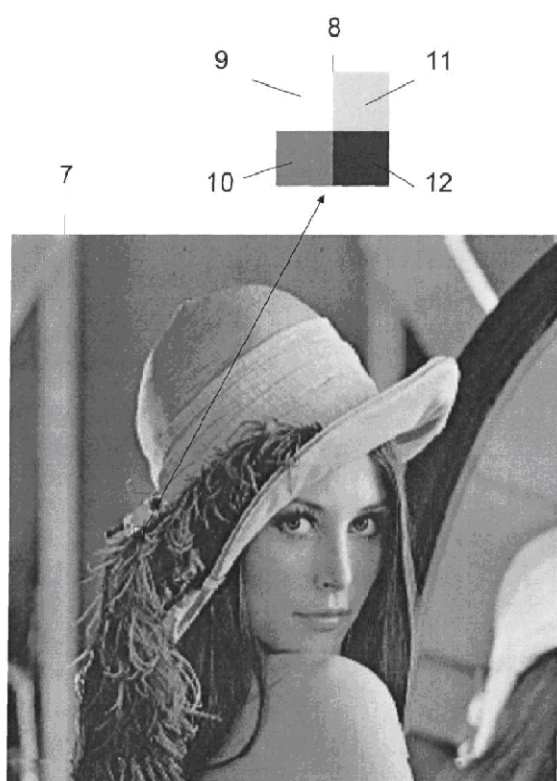
Φir. 5



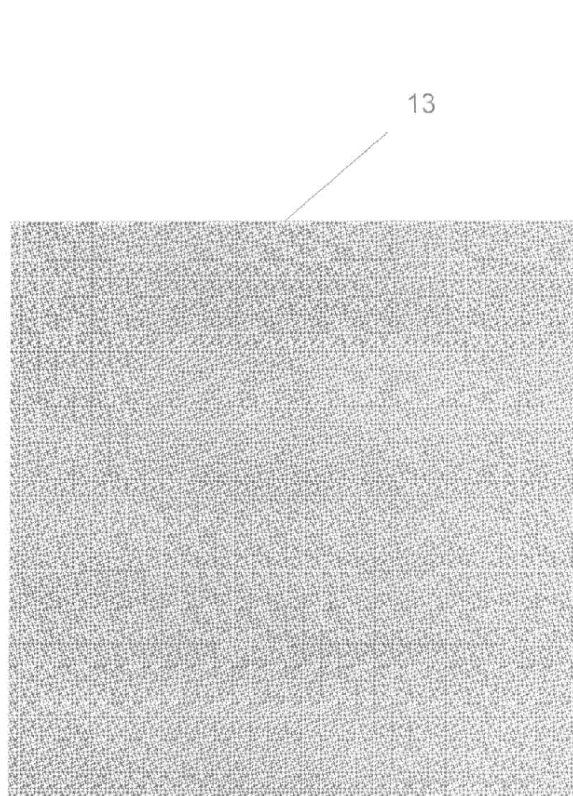
13

49956

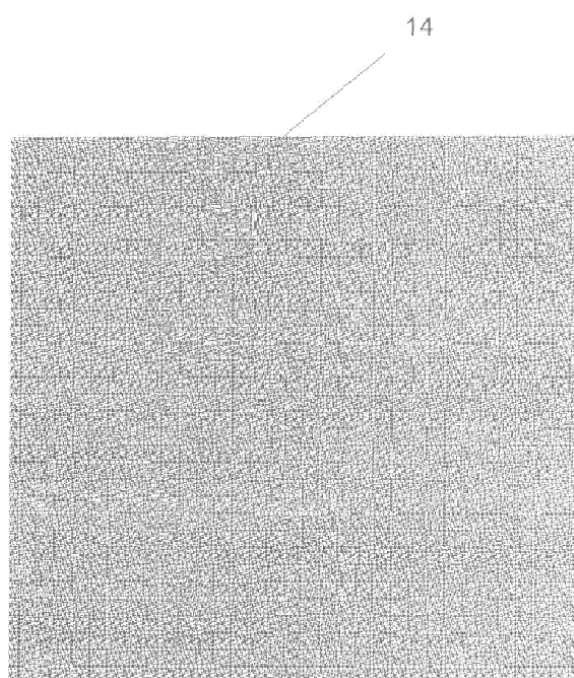
14



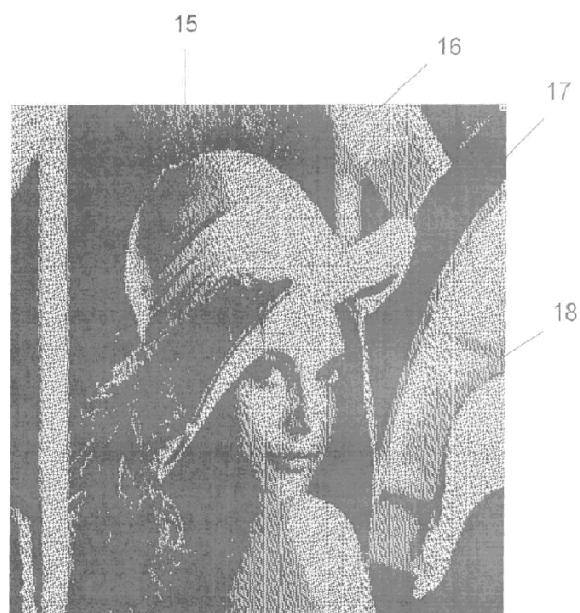
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9