

Винахід стосується спеціальних видів друкованої продукції (банкнот, цінних паперів, документів), зокрема кодування графічних зображень, символів, знаків і може бути використаний для захисту друкованої продукції від підробки.

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

Відомий також спосіб кодування зображення [2], у якому символами для кодування використовують точкові періодичні растрові структури.

Проте періодичні растрові структури дуже чутливі на границях контурів кодованого зображення, що не дозволяє досягти високої якості кодування. Крім того такі структури легко можна розкодувати і підробити.

Прототипом вибраний спосіб захисту візуальної інформації з використанням криптографічних водяних знаків [3], який полягає в тому, що графічний елемент захисту складається з двох зображень у вигляді двовимірних матриць бінарних комірок. Перше кодоване зображення друкують на документі, чи цінному папері, які підлягають захисту, а друге зображення, ключ до нього, друкують на прозорій плівці. В результаті точного суміщення зображення на плівці з першим кодованим зображенням, на документі захисту формується видиме зображення криптографічного водяного знаку.

Проте цей спосіб захисту візуальної інформації має ряд недоліків. Кодування графічного зображення здійснюється шляхом формування двовимірних взаємодоповнюючих матриць комірок, побудованих із базових матриць 2x2, які в результаті набувають вигляду випадкових структур. Такі структури дуже сильно зашумлюють видиме зображення і не придатні для виготовлення криптографічних водяних знаків із тонкою структурою деталей, символів чи знаків. Разом з тим, грубі випадкові структури легко піддаються копіюванню. Крім того, на основі базових матриць 2x2 можна побудувати матрицю впорядкованої структури типу шахової, чи лінійної періодичної структури, які на границях контурів кодованого зображення візуально помітні.

В основу винаходу поставлено завдання шляхом зміни структури кодування графічного елементу та зміни способу друкування кодованого зображення і його ключа на об'єкті захисту, забезпечити високу роздільну здатність, зменшити зашумленість розкодованого зображення, а отже забезпечити надійність ідентифікації та високий рівень захисту від несанкціонованого копіювання.

Поставлене завдання досягається тим, що у графічному елементі захисту банкнот, цінних паперів, документів, що складається з надрукованих кодованого зображення та його ключа, які являють собою двовимірні матриці бінарних комірок, і які при суміщенні формують видиме зображення графічного елементу, згідно з винаходом кодоване зображення, яке містить закодовану інформацію про вхідне зображення, сформоване глобальною заміною кожного рівня багаторівневого вхідного зображення матрицею комірок, яка має впорядковану неперіодичну структуру високої роздільної здатності, а ключ кодованого зображення, який призначений для його розкодування, сформований щонайменше з однієї матриці комірок цієї впорядкованої неперіодичної структури, надрукований інверсно з другого боку об'єкту захисту і точно суміщений з кодованим зображенням, внаслідок чого у відбитому світлі на кожному боці об'єкту захисту кодуючі матриці комірок візуально подібні і сприймаються як нейтрально сірий чи кольорового відтінку однорідний тон, а у прохідному світлі спостерігається видиме зображення графічного елементу, колір якого може бути відмінним від видимих кольорів кодованого зображення та ключа.

Кодоване зображення може містити в собі додаткові кодовані зображення, які розкодовуються додатковим ключем надрукованим окремо. Крім того один і той самий ключ служить для розкодування різних кодованих зображень графічного елементу.

Поставлене завдання досягається ще й тим, у способі виготовлення графічного елементу захисту банкнот, цінних паперів, документів, 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, згідно з винаходом кодування здійснюють з використанням спеціальної комп'ютерної програми, за допомогою якої вхідне зображення перетворюють у багаторівневе графічне зображення, кожен рівень якого глобально замінюють матрицею комірок впорядкованої неперіодичної структури, ключ кодованого зображення друкують інверсно з другого боку об'єкту 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.

Згідно з винаходом матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерового добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірності 4x4 і більше, в яких 50% елементів рівні +1 і 50% елементів рівні -1, з подальшою перестановкою рядків, стовпців чи окремих фрагментів матриці комірок між собою.

Дворівневе графічне кодоване зображення формують заміною обох рівнів вхідного графічного зображення матрицею комірок взаємодоповнюючих впорядкованих неперіодичних структур з 50% задрукованої площі, а для утворення світлого кодованого зображення, задруковану площу матриці комірок дворівневого кодованого зображення зменшують шляхом вилучення темних комірок.

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.

Крім того згідно з винаходом:

кодоване зображення та його ключ друкують з роздільною здатністю більшою і не кратною величині роздільної здатності копіювальних апаратів;

кодоване зображення та його ключ друкують спеціальними кольоровими друкарськими фарбами двох взаємодоповнюючих чи частково доповнюючих кольорів;

кодоване зображення друкують кольоровою друкарською фарбою, яка відбиває світло в одній із трьох зон видимого спектру, на кольоровому фоні, який відбиває світло в двох інших зонах видимого спектру, а ключ

друкують кольоровою чи нейтрально сірою фарбою, складеною з кольорів синтезу;

кодоване зображення друкують кольоровою друкарською фарбою на білому фоні, яка відбиває світло в одній із трьох зон видимого спектру, а ключ друкують кольоровою фарбою на білому фоні, яка відбиває світло в іншій зоні видимого спектру;

кодоване зображення та його ключ друкують на фоні видимого одностороннього або двостороннього суміщеного графічного зображення для утворення додаткових елементів видимого зображення або спеціальних знаків чи символів для додаткового захисту;

кодоване зображення та його ключ друкують на папері зі світлим водяним знаком, додатково обробленому речовиною для підвищення його прозорості або на плівці.

Використання матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури, дозволяє кодувати зображення з високою роздільною здатністю, що, в свою чергу, дає можливість більш точно ідентифікувати видиме зображення. Крім того такі структури при спробі копіювання у цифровому форматі, через відмінність структур запропонованих у винаході та закладених у програми роботи копіювальної техніки, суттєво спотворюються. Друкування матриці комірок ключа інверсно з другого боку об'єкту захисту точно сумістивши його з матрицею комірок кодованого зображення, дає можливість швидко і точно ідентифікувати в прохідному світлі видиме зображення. У відбитому світлі видиме зображення відсутнє, видно лише матрицю комірок впорядкованої неперіодичної структури у вигляді однорідної графічної структури. При спробі несанкціонованого копіювання об'єкту захисту, виникають принципові труднощі. Щоб отримати видиме розкодоване зображення, необхідно точно сумістити кодоване зображення та ключ, чого досягнути практично неможливо через їх візуальну ідентичність у відбитому світлі та відсутність будь-яких характерних ознак кодованого зображення. Крім того, сучасна копіювальна техніка не дозволяє виконувати одночасно двостороннього друкування. Отже, при послідовному друкуванні спочатку з одного боку, а потім з другого боку об'єкту захисту технічно неможливо досягнути точного суміщення двох різних зображень. В результаті такого несанкціонованого копіювання об'єкту захисту при неточному суміщенні кодованих зображень суттєво знижується якість розкодованого зображення, або таке зображення взагалі не спостерігається.

Згідно з винаходом, досягнення обов'язкової умови точного суміщення кодованих зображень при несанкціонованому копіюванні ускладнюють способами, описаними вище, а саме: на стадії кодування зображення та виготовлення ключа кодуєчі структури попередньо зміщують на довільно вибрану кількість рядків та стовпців, або кодоване зображення і ключ розділяють на кілька фрагментів, які друкують на різних ділянках об'єкту захисту, що відомо лише його виробнику, а отже підробити кодоване зображення і ключ, а також точно їх сумістити практично неможливо.

Друкування кодованого зображення і ключа з двох боків об'єкту захисту під кутом або з різними розмірами, також суттєво технічно ускладнює їх суміщення при підробці.

На фіг.1 показана будова графічного елемента; на фіг.2 - схеми спостереження на об'єкті захисту кодованого і розкодованого зображень графічного елемента; на фіг.3 - дворівневе та триврівневе вхідні зображення; на фіг.4 - приклади базових матриць 4x4; на фіг.5 - кодоване дворівневе зображення; на фіг.6 - ключ кодованого дворівневого зображення; на фіг.7-розкодоване дворівневе зображення; на фіг.8 - кодоване світле дворівневе зображення; на фіг.9 - розкодоване світле дворівневе зображення; на фіг.10 - кодоване триврівневе зображення; на фіг.11- розкодоване триврівневе зображення; на фіг.12 і 13 - схеми формування кольорового зображення графічного елемента; на фіг.14 - фрагмент кодованого зображення і результат його копіювання з меншою роздільною здатністю.

Графічний елемент захисту банкнот, цінних паперів, документів складається з надрукованих на об'єкті захисту 1 кодованого зображення 2 та його ключа 3, які являють собою двовимірні матриці бінарних комірок, і які при суміщенні формують видиме зображення графічного елемента. Кодоване зображення 2, яке містить закодовану інформацію про вхідне зображення, сформоване глобальною заміною кожного рівня багаторівневого вхідного зображення матрицею комірок, яка має впорядковану неперіодичну структуру високої роздільної здатності, а ключ 3 кодованого зображення, який призначений для його розкодовування, сформований щонайменше з однієї матриці комірок цієї впорядкованої неперіодичної структури, надрукований інверсно з другого боку об'єкту захисту 1 і точно суміщений з кодованим зображенням 2, внаслідок чого при освітленні джерелом світла 4 (фіг.2а) у відбитому світлі на з кожного боку об'єкту захисту 1 кодуєчі матриці комірок візуально подібні і сприймаються експертом 5 як нейтрально сірий чи кольорового відтінку однорідний тон 6, а у прохідному світлі (фіг.2б) спостерігається видиме зображення 7 графічного елемента, колір якого може бути відмінним від видимих кольорів кодованого зображення 2 та ключа 3, що є для експерта 5 підтвердженням того, що документ не підроблений.

Кодоване зображення 2 може містити в собі додаткові кодовані зображення, які розкодовуються додатковим ключем надрукованим окремо. Крім того у запропонованому винаході один і той самий ключ може розкодовувати різні кодовані зображення графічного елемента.

Спосіб виготовлення графічного елемента базується на принципі кодування графічного зображення матрицею бінарних комірок впорядкованою неперіодичною структурою. На початковій стадії кодування за допомогою спеціальної комп'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 $N=R_a$, $M=R_b$, а i і b - лінійні розміри зображення. Кожен елемент a_{nm} 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 a_{nm} зображення. Вводять середнє порогове значення інтенсивності I_{MED} , відносно якого формують два рівні інтенсивності за алгоритмом: якщо для аналізованого елемента a_{nm} зображення $I_{nm} \leq I_{MED}$, то цьому елементу присвоюють значення 0, і якщо $I_{nm} > I_{MED}$, то такому елементу присвоюють значення 1 і отримують дворівневе зображення 8 (фіг.3а), першого рівня 9 і, відповідно, другого рівня 10. В результаті зміни порогового значення I_{MED} вибирають таке дворівневе зображення 8, яке максимально відображає характерні ознаки та деталі вхідного

півтонового зображення.

Аналогічним чином глобальної бінаризації формують трирівневе зображення 11 (фіг.36). У цьому випадку вводять два порогові значення інтенсивності I_{nm} і I_{MED2} . Областям зображення, інтенсивності яких $I_{nm} \leq I_{MED1}$ присвоюють значення 0. Відповідно, областям зображення, інтенсивності яких $I_{MED1} < I_{nm} \leq I_{MED2}$, присвоюють значення 1/2; а областям $I_{nm} > I_{MED2}$ - значення 1. Як видно, наявність областей, які відповідають середньому рівню 12 градації, суттєво покращує якість трирівневого бінаризованого зображення 11 в порівнянні з дворівневим зображенням 8.

Аналогічним чином формують багаторівневе бінарне зображення, яке зі збільшенням кількості рівнів все більше буде наближуватися до півтонового. Проте для задач кодування оптичної інформації в більшості випадків достатньо трьох рівнів.

Кодування вхідного зображення виконують за принципом глобальної заміни рівнів багаторівневого бінаризованого зображення матрицею комірок з впорядкованою неперіодичною структурою. В результаті цього на кодованому зображенні різні рівні заповнюють матрицею 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. В результаті суміщення ключа з кодованим зображенням взаємодоповнюючі базові матриці комірок двох кодуючих структур перекриваються пропорційно до величини рівня і таким чином відновлюється закодоване зображення.

Для кодування зображення використовують впорядковані неперіодичні структури, побудовані на базі ортогональних матриць Адамара розмірності 4x4 і більше. Вибирають клас ортогональних матриць Адамара 4x4, для яких 50% елементів приймає значення +1, а 50% елементів - значення -1. Для кожної такої ортогональної матриці $H_4(n;m)$ будують відповідну їй базову кодуючу 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. Шляхом перестановок лише рядків чи стовпців однієї матриці Адамара $H_4(n;m)$ отримують 4!=24 нових матриць Адамара. Враховуючи, що кожен рядок чи стовпець нових матриць Адамара можна множити на -1, отримують можливість побудувати велику кількість різних базових матриць $A_4(n;m)$ 4x4 для кодування зображення. Всі новоутворені матриці мають одну спільну закономірність - два довільно вибрані рядки, чи стовпці різняться між собою і мають рівну кількість однакових і відмінних елементів. Всі матриці $A_4(n;m)$ відносяться до класу впорядкованих неперіодичних.

На фіг.4 приведена типова хрестоподібна ортогональна матриця Адамара H_4 і побудована за формулою (1) базова матриця A_4 розмірності 4x4, в якій всі рядки і стовпці різні. 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, яку використовують в даному винаході, є побудова нової ортогональної матриці за допомогою поелементного множення ортогональної матриці на періодичну матрицю, побудовану із значень +1 і -1. На фіг.4 показано випадок поелементного множення ортогональної матриці H_4 на періодичну матрицю P_4 . В результаті такого множення отримують нову базову матрицю S_4 , яка хоча і відмінна від матриці A_4 , але шляхом перестановок парних і непарних рядків зводиться до неї.

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 4x4 отримують матрицю Адамара розмірності 16x16. На фіг.4 показано приклад кронекерового множення двох матриць Адамара H_4 , в результаті чого отримують кодуючу матрицю H_{16} розмірності 16x16, побудовану із базових матриць A_4 і N_4 . Далі при множенні на третю матрицю Адамара 4x4 отримують матрицю Адамара розмірності 64x64 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 4x4, на основі формули (2) формують матриці необхідної розмірності. Всі такі новоутворені матриці, як і базові, відносяться до класу впорядкованих неперіодичних матриць.

За базові матриці можна вибрати також клас матриць Адамара 8x8. Для формування такої матриці достатньо за формулою (2) обчислити кронекерівий добуток $H_8(n;m) = H_4(n;m) \otimes H_4(n;m)$, де $H_4(n;m)$ - довільно вибрана матриця із класу базових матриць Адамара 4x4, $H_2(n;m)$ - матриця Адамара 2x2. Базові матриці Адамара розмірності 8x8 будують і без використання кронекерового множення. Чим вища розмірність базових матриць, тим більша кількість різних комбінацій перестановок рядків і стовпців та множення їх на -1 і, відповідно, більший клас базових кодуючих матриць.

Спосіб кодування дворівневого зображення на основі матриць комірок впорядкованої неперіодичної структури полягає в наступному. Бінарне зображення 8, має розмірність 227x255 елементів. Для кодування даного зображення вибирають базову ортогональну матрицю Адамара H_4 . Для повного перекривання всіх елементів a_{nm} бінарного зображення, за формулою (2) будують ортогональну матрицю Адамара H_{1024} розмірності 1024x1024, яка є п'ятою кронекеровою степінню базової матриці H_4 . Для даної ортогональної матриці за формулою (1) отримують кодуючу матрицю A_{1024} і відповідну їй доповнюючу матрицю N_{1024} розмірності 1024x1024. Рівень 9 глобально замінюють впорядкованою неперіодичною матрицею A_{1024} , а рівень 10 - матрицею N_{1024} . Кодоване дворівневе зображення 13, отримане шляхом такої глобальної заміни двох рівнів впорядкованими неперіодичними структурами, приведено на фіг.5. Як видно, на кодованому дворівневому зображенні 13 всі контури бінарного дворівневого зображення 8 стають візуально непомітними. Завдяки тому, що структури кодуючих матриць неперіодичні, на кодованому зображенні не проявляються будь-які деталі, чи фрагменти бінарного дворівневого зображення 8.

Ключ 14 кодованого дворівневого зображення 13, який приведений на фіг.6, формують однією матрицею

A1024 впорядкованої неперіодичної структури. В результаті суміщення кодованого дворівневого зображення 13 з ключем 14 формується розкодоване дворівневе зображення 15, яке приведене на фіг.7. Спосіб розкодовування даного зображення полягає в наступному. Кожна область рівня 9 на кодовому зображенні 13 закодована базовою матрицею комірок A4, яка одночасно міститься і на ключі 14. В результаті суміщення кодованого дворівневого зображення 13 і ключа 14 відповідні елементи матриці A4 накладаються самі на себе, внаслідок чого на рівні 9 формується впорядкована неперіодична структура 16, яка відповідає кодуєчій структурі ключа 14 і характеризується 50% задрукованою площею. Навпаки, рівень 10 на розкодованому дворівневому зображенні 15 формується за іншою схемою. Кожна область кодованого зображення 13, яку кодують доповнюючою матрицею комірок N4, накладають на базову матрицю комірок A4 ключа 14. В результаті цього рівень 10 на розкодованому дворівневому зображенні 15 формується суцільним фоном 17 із 100% задрукованою площею. Наявністю цього фону забезпечується високий контраст розкодованого зображення 15, яке в точності відтворює всі деталі бінаризованого дворівневого зображення 8.

Одним ключем 14, який не містить ніяких деталей кодованого зображення 13, розкодовують різноманітні зображення, закодовані таким способом. Іншим ключем закодовані зображення не розкодовуються, хоча візуально всі ключі подібні між собою. Для побудови ключів розмірності 1024×1024 є як мінімум 24 варіанти базових матриць. Виконання кронекерового добутку за формулою (2) з п'яти різних матриць отримують більше як $24^5 \approx 8 \times 10^6$ варіантів різних ключів. Враховуючи, що кодовані зображення є прихованими, а комбінації ключів є велика кількість, то даним способом кодують різноманітні графічні елементи, в т.ч. текст чи графічні символи, які розкодовують спільним ключем, чи індивідуальним ключем, число яких перевищує мільйон.

Кількість ключів можна збільшити. Якщо сформувати ключ із матриці комірок з впорядкованою неперіодичною структурою N1024, то в результаті суміщення такого ключа з кодованим зображенням 13 розкодовують негативне дворівневе зображення, оскільки формування рівнів 9 і 10 міняється місцями. Можлива конструкція більш складного ключа, в якому одна довільно вибрана частина площі ключа містить кодуєчу матрицю A1024, а друга частина площі ключа - кодуєчу матрицю N1024. На ключі границя двох кодуєчих матриць є непомітною. Проте при суміщенні такого ключа з кодованим дворівневим зображенням 13 будуть розкодовуватися фрагменти негативного та позитивного зображень.

Спосіб формування світлого кодованого зображення 18 (фіг.8) полягає в тому, що із кодованого зображення і відповідного йому ключа вилучають частину темних комірок 19. Для прикладу, для рівня 9 вибирають матрицю комірок з впорядкованою неперіодичною структурою S1024, утворену за правилом кронекерової степені порядку п'ять базової матриці S4 і, відповідно, для рівня 10 - доповнюючу матрицю комірок M1024. Періодичне вилучення 50% темних комірок 19 із даних структур здійснюють наступним чином. Вибирають базову матрицю A4 і обчислюють за формулою (2) кронекерів добуток $A4(n; m) \otimes E256(n; m)$, де $E256(n; m)$ - одинична матриця розмірності 256×256 , всі елементи якої рівні +1. В результаті множення отримують періодичну матрицю P1024 розмірності 1024×1024 з базових матриць A4. Тоді перемножують за правилом поелементного множення матриці кодуєчих структур S1024 і M1024 на періодичну матрицю P1024. Оскільки періодична матриця P1024 містить 50% комірок, значення яких рівні 0, то в результаті поелементного множення ($1 \times 0 = 0$) світлі комірки 20 (значення 1) кодуєчих структур S1024 і M1024 стають чорними 19 (значення 0) і, відповідно, в результаті множення ($0 \times 0 = 0$) чорні комірки 19 даних структур залишаються чорними. Далі будують нові кодуєчі матриці K1024 і L1024 за правилом: $K1024 = E1024 - S1024$; $L1024 = E1024 - M1024$. Це значить, що в результаті множення на періодичну матрицю P1024 і віднімання від одиничної матриці E1024 із кодуєчих матриць S1024 і M1024 періодично вибрано 50% чорних комірок 19 і, відповідно, є побудовані світлі неперіодичні структури K1024 і L1024, які мають 75% світлих комірок 20.

На фіг.8 показаний приклад світлого кодованого дворівневого зображення 18, в якому рівень 9 бінаризованого дворівневого зображення 8 глобально замінений світлою неперіодичною структурою K1024, а рівень 10 - світлою неперіодичною структурою L1024. Як видно, такі світлі неперіодичні структури K1024 і L1024 мають характерний вигляд лабіриту. На світлому кодованому дворівневому зображенні 18 також візуально непомітні границі контурів, чи ознаки дворівневого зображення 8.

Далі будують ключ із кодуєчої структури K1024. В результаті суміщення такого ключа із світлим кодованим зображенням 18 отримують світле розкодоване зображення 21, показане на фіг.9. В даному випадку рівню 9 відповідає світла неперіодична структура 22, яка у відповідності до ключа характеризується 25% задрукованою площею, а рівню 10 відповідає періодична шахова структура 23 із 50% задрукованою площею. Оскільки ці дві структури є різні, то на світлому розкодованому зображенні 21 чітко розділяються дві градації.

Для покращення якості кодування зображення реалізують спосіб кодування трирівневого бінаризованого зображення 11. На фіг.10 показане кодоване трирівневе зображення 24, в якому середній рівень 12 глобально заміняють впорядкованою неперіодичною структурою S1024, яка сформована як кронекерова степінь порядку п'ять базової матриці S4, а рівні 9 і 10 сформовані способом кодування дворівневого зображення. Як видно, при способі кодування трирівневого зображення також візуально непомітні будь-які характерні ознаки, фрагменти чи контури трирівневого зображення 11.

Розкодоване трирівневе зображення 25 за допомогою ключа 14 показане на фіг.11. Рівні 9 і 10 розкодовані структурою 16 та темним фоном 17 аналогічно способу розкодовування дворівневого зображення 15. Рівень 12 на розкодованому трирівневому зображенні 25 формується в результаті часткового перекривання кодуєчих структур S1024 та A1024, внаслідок чого виникає впорядкована неперіодична структура 26, яка характеризується 75% задрукованою площею і візуально подібна до структури 16. Як видно, наявність рівня 12 суттєво підвищує якість розкодованого трирівневого зображення 25 у порівнянні із аналогічним дворівневим зображенням 15.

Графічний елемент захисту отримують шляхом друкування кодованого зображення 2 з одного боку об'єкту захисту 1, а ключа 3 - з другого боку кольоровими фарбами, точно сумістивши їх між собою.

Спеціальна поліграфічна техніка для виготовлення захищеної продукції дозволяє друкувати з високою точністю суміщення двосторонніх зображень. Враховуючи, що рівень 10 на розкодованих зображеннях (фіг.7, 11) формується як суцільний темний фон 17, при друкуванні на папері, незважаючи на розсіяння світла в

товщині паперу, в прохідному світлі (фіг.2б) чітко спостерігається видиме розкодоване зображення 7 графічного елемента. Для підвищення контрасту розкодованого зображення 7 папір додатково обробляють речовиною, яка зменшує поглинання світла в папері і підвищує його прозорість. У випадку, коли кодоване зображення та його ключ друкують з обох боків плівки, то спосіб виготовлення графічного елемента захисту забезпечує в прохідному світлі високий контраст розкодованого зображення 7.

Для створення додаткових елементів захисту, кодоване зображення друкують на фоні видимого графічного зображення, а його ключ - з другого боку об'єкту захисту. Або кодоване зображення та його ключ друкують з обох боків в комбінації з двосторонніми суміщеними видимими графічними зображеннями об'єкту захисту.

Друковане на об'єкті захисту 1 кодоване зображення 2 та його ключ 3 кольоровими фарбами у відбитому світлі візуально сприймаються експертом 5 як однорідний фон 6 близький до нейтрально сірого, або з характерним кольоровим відтінком, а в прохідному світлі - розкодоване кольорове зображення 7, кольори якого не співпадають з кольорами кодованого зображення 2 та ключа 3. Зміна кольору графічного елемента у відбитому та прохідному світлі виконує функцію додаткового захисту.

Опишемо більш детально механізм формування розкодованого кольорового зображення і наслідки копіювання надрукованого кольоровими друкарськими фарбами кодованого зображення та його ключа.

Матриця комірок впорядкованих неперіодичних структур кодованого зображення 2 та його ключа 3, які містять 50% задрукованої площі, має свою особливість. Якщо світлі комірки 20 кодує матриці надруковані на об'єкті захисту 1 друкарською фарбою, яка поглинає світло в одній області видимого спектру і відбиває світло у двох інших його областях, а темні комірки 19 надруковані друкарською фарбою іншого кольору, яка поглинає світло в двох інших областях видимого спектру і відбиває світло в одній з його областей, то така структура візуально сприймається як 50% нейтрально сірий тон. Наприклад світлі комірки 20 друкують жовтою (Y) фарбою, яка поглинає світло в синій (B) області і відбиває світло в зеленій (G) та червоній (R) областях спектру. Темні комірки 19 друкують доповнюючою синьою (B) фарбою, яка, навпаки, відбиває світло в синій (B) області і поглинає світло в зеленій (G) та червоній (R) областях спектру. Надруковані таким чином кодоване зображення 2 та його ключа 3 на об'єкті захисту 1 візуально сприймається експертом 5 як 50% нейтрально сірий тон, оскільки у відбитому світлі присутні всі три області видимого спектру, які формують весь його діапазон.

Можливі інші способи друкування кольорового кодованого зображення 2 та його ключа 3. Наприклад світлі комірки 20 друкують пурпурною (M) фарбою, яка поглинає світло в зеленій (G) області і відбиває світло в синій (B) та червоній (R) областях спектру, а темні комірки 19 друкують доповнюючою зеленою (G) фарбою. Або світлі комірки 20 друкують голубою (C) фарбою, яка поглинає світло в червоній (R) області і відбиває світло в синій (B) та зеленій (G) областях спектру, а темні комірки 19 друкують доповнюючою червоною (R) фарбою.

Такі способи кольорового друкування кодованого зображення 2 та його ключа 3 технічно легко реалізують. Оскільки друкарські фарби кольорового синтезу не відповідають ідеальним спектральним характеристикам, то надруковані такими способами кодоване зображення 2 та його ключ 3 візуально сприймаються близьким до нейтрально сірого тону.

Пояснимо формування кольорового розкодованого зображення на прикладі кодування числа "10", яке побудоване із темних комірок 19 на полі світлих комірок 20 матриці 8x8 (фіг.12). Для формування базової матриці Н8 розмірності 8x8 вибирають із класу базових матриць 4x4 матрицю Адамара Н4s якій за формулою (1) відповідає базова кодує матриця S4, і за правилом кронекерового множення (2) множать на матрицю Адамара Н2. Далі в результаті кронекерового множення базової матриці Н8 на матрицю Н4s отримуємо матрицю комірок ключа 27 з впорядкованою неперіодичною структурою, для якої одні комірки 28 побудовані із базових матриць комірок 29, а інші комірки 30 - із доповнюючих базових матриць комірок 31. Ключ кодованого зображення 27 цифри "10" друкують на білому фоні з одного боку об'єкту захисту 1 чорною (C) фарбою, складеною із рівних частин кольорів синтезу - голубого (C), пурпурного (M), жовтого (Y). У відбитому світлі ключ 27 візуально сприймається як нейтрально сірий тон 6.

Матриця комірок кодованого зображення 32 цифри "10", яка приведена на фіг.13, будується із комірок 33 і 34. Комірка 33 побудована із базової матриці комірок 35 і, відповідно, комірка 34 - із доповнюючої матриці комірок 36. Кодоване зображення 32 друкують на жовтому (Y) фоні з другого боку об'єкту захисту 1 синьою (B) друкарською фарбою. У відбитому світлі кодоване зображення 32 теж візуально сприймається як нейтрально сірий тон, оскільки жовтий (Y) фон відбиває зелену (G) і червону (R) області видимого спектру, а фарба відбиває третю - синю (B) область видимого спектру.

У прохідному світлі при суміщенні кодованого зображення 32 та ключа 27 формування кольорового розкодованого зображення відбувається за іншою схемою. Для всіх світлих комірок 20 має місце суміщення базових матриць комірок 28 і 33 і, відповідно, базових матриць комірок 30 і 34. В результаті синій (B) колір кодованого зображення 32 перекривається чорною (C) фарбою ключа 27 і в прохідному світлі спостерігається жовтий (Y) фон. Для всіх темних комірок 19, навпаки, має місце суміщення базових матриць комірок 28 і 34 і, відповідно, базових матриць комірок 30 і 33. В цьому випадку, чорною (C) фарбою ключа 27 перекривається жовтий (Y) фон кодованого зображення 32 і в результаті у прохідному світлі візуалізується синій (B) колір. Таким чином, у прохідному світлі розкодовується видиме зображення цифри "10" синього (B) кольору на жовтому (Y) фоні.

Можливий спосіб друкування графічного елемента захисту кольоровими друкарськими фарбами. При цьому, кодоване зображення 32 друкують на білому фоні об'єкту захисту 1 синьою (B) друкарською фарбою, а ключ 27 друкують на білому фоні з другого боку об'єкту захисту 1 червоною (R) друкарською фарбою. Тоді для всіх темних комірок 19 в результаті суміщення базових матриць комірок 28 і 34 і, відповідно, базових матриць комірок 30 і 33 у прохідному світлі візуалізується пурпурний (M) колір, який у відбитому світлі відсутній на кодованому зображенні 32 та його ключі 27.

Можливі інші способи друкування графічного елемента захисту, коли кодоване зображення 32 та його ключ 27 друкують спеціальними кольоровими друкарськими фарбами різних спектральних характеристик.

З метою підвищення ступеня захисту від несанкціонованого копіювання кодоване зображення та його ключ формують з використанням спеціальної комп'ютерної програми, яка дозволяє задати значення роздільної здатності R_{cod} , величину якої вибирають більшою і не кратною величині роздільної здатності R_{copy} копіювального апарату.

На фіг.14а приведено збільшений фрагмент кодованого дворівневого зображення 13, яке виготовлено з роздільною здатністю $R_{cod}=2540dpi$. Як видно, оригінальна неперіодична кодуюча матриця складається лише із світлих 20 та темних 19 квадратних комірок. Якщо значення роздільної здатності R_{cod} матриці комірок дворівневого кодованого зображення 13 рівне значенню роздільної здатності R_{copy} копіювального апарату, або кратне цій величині, то така кодуюча матриця копіюється без всяких спотворень та втрат. У випадку, коли роздільна здатність R_{cod} кодованого дворівневого зображення 13 значно більша, ніж роздільна здатність R_{copy} , то таке кодоване зображення відтворюється копіювальним апаратом спотворено як 50% сірий однорідний фон.

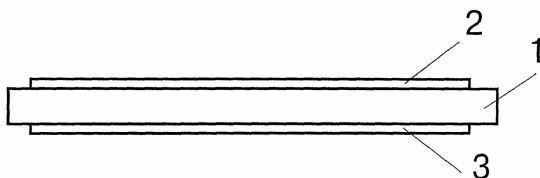
На фіг.14б показано приклад формування сірого фону, коли роздільна здатність копіювального апарату $R_{copy} = 300dpi$. Як видно, внаслідок невідповідності значень роздільних здатностей R_{cod} і R_{copy} крім світлих комірок 20 і темних комірок 19 додатково формуються квадратні комірки 37 в градаціях сірого тону. В результаті структура кодованого зображення 13 суттєво спотворюється.

В результаті несанкціонованого сканування кодованого зображення та його ключа, надрукованого кольоровими фарбами на стадії аналізу кольору кожне із кольороподільних зображень буде зазнавати суттєвих спотворень, де додаткові квадратні комірки 37 формуються в градаціях кольорів синтезу. При накладанні кольороподільних зображень в базових кольорах синтезу структура кодованого зображення 13 буде зазнавати додаткових спотворень. Якщо роздрукувати кодоване зображення з такою структурою на копіювальному апараті, то на об'єкті захисту 1 вона ще більше спотвориться через те, що в цифровому форматі 50% кольоровий однорідний тон буде відтворений з використанням закладеної в даному копіювальному апараті стандартної програми цифрового растрування, яка принципово відрізняється від кодуючої впорядкованої неперіодичної структури, запропонованої у даному винаході. У випадку використання програми цифрового растрування періодичною структурою кодоване зображення 2 і його ключ 3 будуть роздруковані періодичним растром, внаслідок чого повністю спотвориться структура матриці комірок і, відповідно, у прохідному світлі погіршиться якість розкодованого видимого зображення 7. Аналогічні спотворення структури матриці комірок будуть також у випадку використання програми стохастичного растрування.

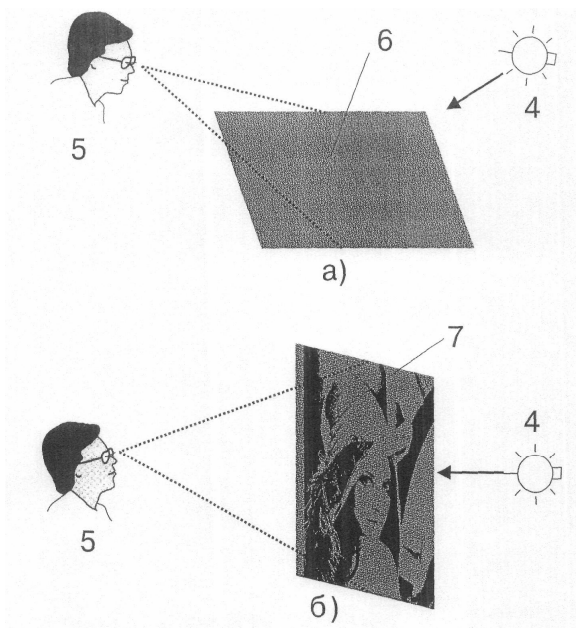
Таким чином, завдяки можливості вибору наперед заданого значення роздільної здатності R_{cod} , яке відоме лише виробнику, згідно з даним способом досягаються умови, при яких кодоване зображення 2 та його ключ 3, при несанкціонованому копіюванні суттєво спотворюються, що призводить до часткової чи повної втрати видимого розкодованого зображення 7 графічного елементу захисту.

Джерела інформації:

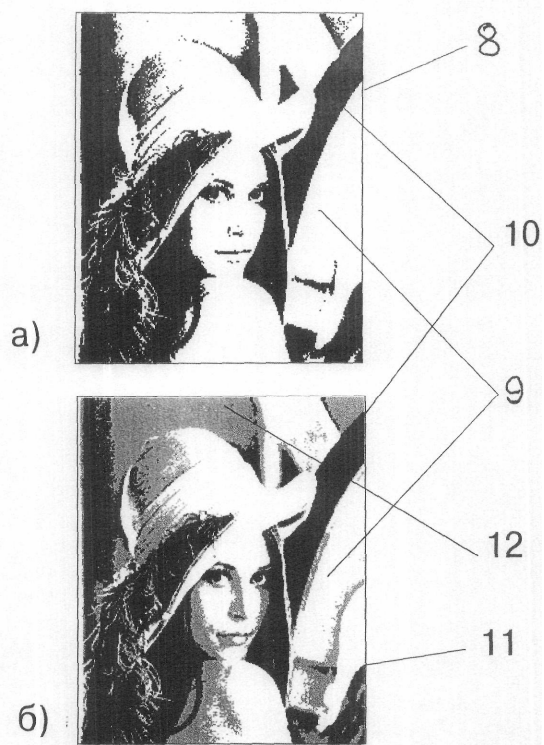
1. Заявка WO №9504665, Кл. B44F 1/12, публ. 1995р.
2. Патент США №5 790 703, Кл. G06K9/74; H04N1/405; H04N1/52, публ. 1998р.
3. Патент США №5 488 664, Кл. G09C5/00, публ. 1996р.



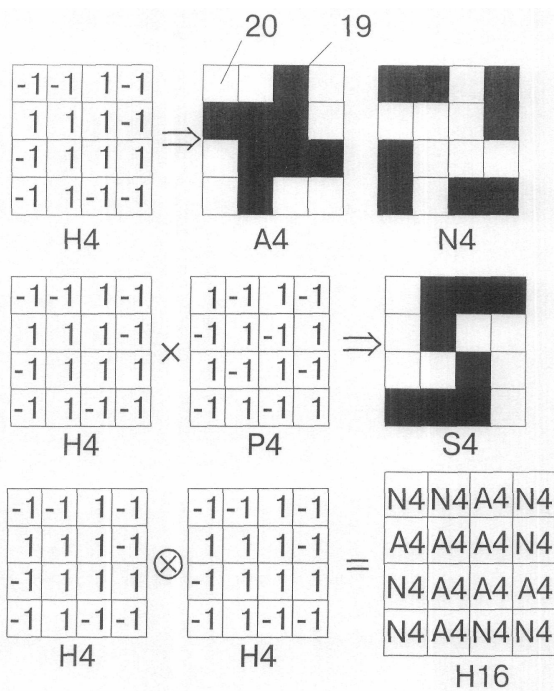
ФІГ. 1.



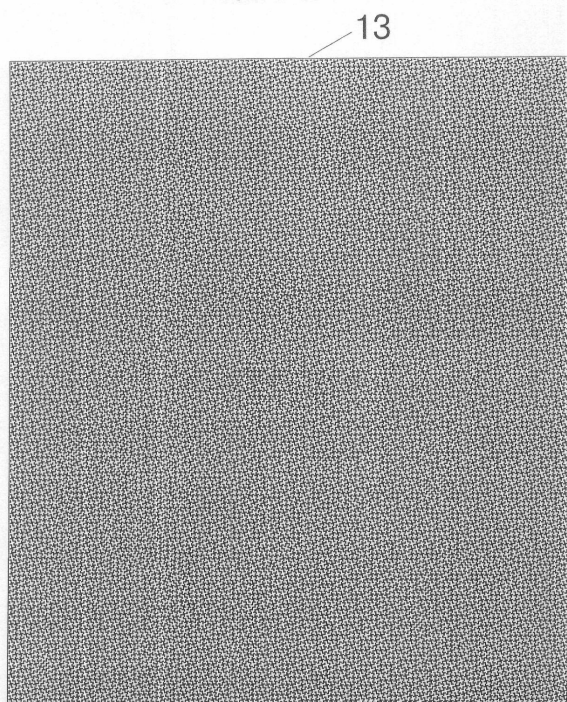
ФИГ. 2.



ФИГ. 3.

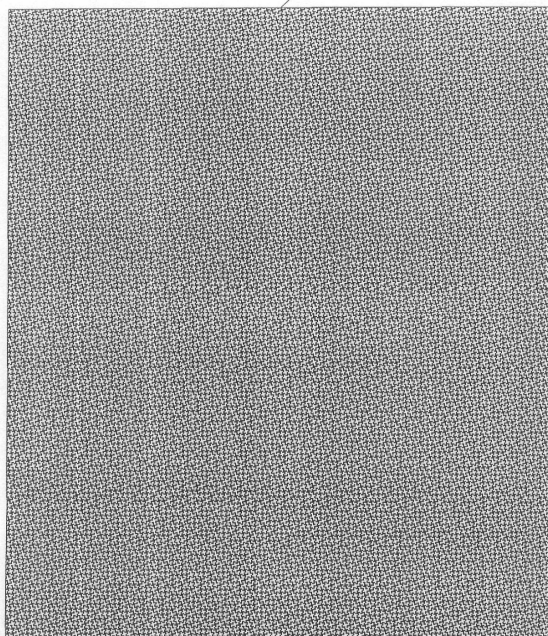


Фиг. 4.



Фиг. 5.

14



ΦΙΓ. 6.

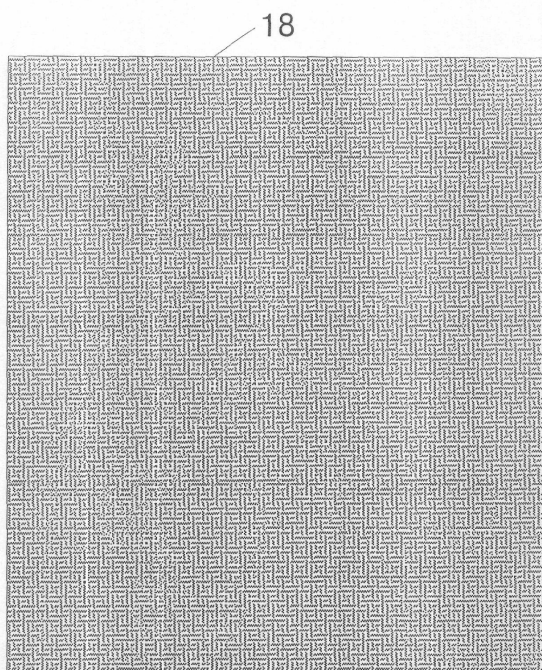
17

16

15



ΦΙΓ. 7.

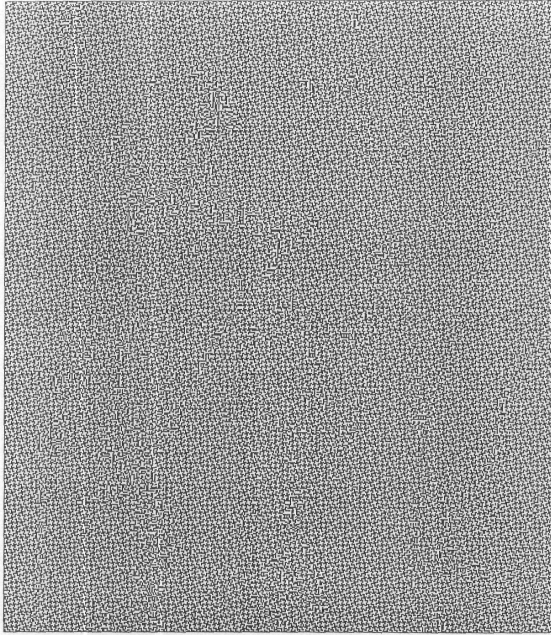


ΦΙΓ. 8.



ΦΙΓ. 9.

24



ФИГ. 10.

17 26 16 25



ФИГ. 11.

