

Л.А. Дідух

Інститут фізики конденсованих систем НАН України

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «ГРАФІКОД-4» ДЛЯ КОДУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Описано модифіковану спеціалізовану комп'ютерну програму «ГрафіКод-4» для виготовлення форм цінних паперів із кодованим графічним зображенням та ключем кодованого зображення, в т.ч. двосторонніх форм кодованого зображення та його ключа; нанесення спеціальних міток для суміщення кодованого зображення та його ключа, синтезування різних варіантів кольорового кодованого зображення та результату його розкодування. Програма дозволяє також виготовляти світле кодоване зображення та спеціальні кодовані символи і знаки із різним ступенем висвітлення та наперед заданою роздільною здатністю на фоні видимого графічного зображення, записаного в форматі векторної графіки.

The modified special software "Graph&Code 4" for producing the security blanks with encoded graphic image and its key including beside blanks, the blanks with special marks for overlapping encoded image and its key is described. The software allows one also to produce different variants of color encoded image and results of its decoding. It enables also to generate the light encoding image and special encoded symbols and signs with different level of highlighting and determined resolution on the visible graphic image background saved in the vector graphics format.

Вступ

Відомі способи друкування на цінному папері кодованого зображення базуються на використанні періодичних та випадкових структур: заявка WO № 9504665 (1995); патент США № 5 790 703 (1998); патент США № 5 499 664 (1996). При використанні періодичних структур за вказаними патентами неможливо досягнути повної нерозрізності контурів кодованого зображення. Такі структури легко розпізнати і підробити.

Метою даної роботи є опис розробленої спеціалізованої комп'ютерної програми для реалізації запропонованого нового способу виготовлення кодованого графічного зображення для захисту цінних паперів [1]. В запропонованій раніше спеціалізованій комп'ютерній програмі «ГрафіКод-4» [2] освоєна принципово нова технологія захисту цінних паперів із використанням кодованого графічного зображення. Аналогічної технології захисту та відповідного програмного забезпечення для її реалізації в Україні немає. Відомо ряд зарубіжних фірм, зокрема ORELL FUSSELL Security Printing (Швейцарія), JOHAN ENSCHEDE Security Printing (Голандія), JURA JSP (Угорщина) та інш., які розробляють спеціальне програмне забезпечення для технологій захисту цінних паперів. Запропонований нами програмний продукт використовує принципово новий спосіб кодування і суттєво відрізняється від відомих зарубіжних аналогів.

Ідея кодування візуальної інформації базується на принципі глобальної заміни зображення кодуючими структурами, побудованими на основі ортогональних матриць Адамара [3-6]. Матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерового добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірністю 4×4 , які мають рівну кількість елементів $+1$ і -1 ;

причому матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури служать ключем кодованого зображення. Перевагою способу кодування є абсолютна візуальна нерозрізнимість кодованого зображення, можливість розкодування графічного зображення з високою роздільною здатністю та мінімальними шумами, що забезпечує надійність ідентифікації та високий рівень захисту. Одним ключем можна розкодувати різноманітні кодовані зображення. В програмі реалізується велика кількість (біля 10^8 варіантів) різних ключів для розкодування графічної інформації.

Склад комп'ютерної програми "ГрафіКод 4"

В результаті кодування програмою створюється і виводиться на екрані монітора кодоване зображення та ключ. Алгоритми кодування реалізовано у вигляді зовнішньої бібліотеки *Code384.dll*. В програмі також передбачена можливість накладання кодованого зображення та його ключа, що дозволяє оператору візуально оцінити на моніторі якість кодування-декодування. Дані кодування зберігаються в трьох форматах *bmp*, *eps*, *tiff*.

Загальний вигляд вікна комп'ютерної програми "ГрафіКод 4" наводиться на рис. 1. Перед початком роботи з програмою при вході в пункт меню **Фільтри** → **Налаштувати** оператор виводить на панель інструментів необхідні фільтри та операції. В якості прикладу тут показано вхідне зображення, яке буде кодуватися.

Попередня обробка зображення

Для вводу зображення необхідно увійти в пункт меню **Файл** → **Відкрити**. В діалоговому вікні, що з'явиться, вибирається потрібний файл. Можна відкривати дані або формату *bmp*, *tiff*, *targa*, *pcx* та *png* - звичайні растрові формати, або *postscript* файли, які створені у цій програмі (*Encapsulated PostScript*). Щоб скопіювати дані з буфера обміну, потрібно вибрати пункт меню **Редагувати** → **В новий**. Якщо буфер обміну порожній, цей пункт меню буде неактивним.

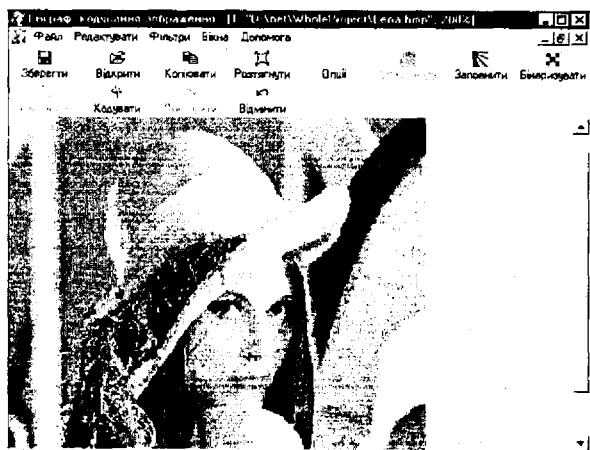


Рис. 1. Вигляд загального вікна програми "ГрафіКод 4".

Для попередньої обробки зображення в програмі “ГрафіКод 4” застосовуються фільтри, які описані нижче. Всі фільтри діють на зображення у активному вікні. Деякі з них вимагають виконання додаткових умов.

Розтягнути. За допомогою даного фільтра встановлюються необхідні розміри зображення. При виклику фільтра з’являється вікно з параметрами розтягу. В стрічці **Роздільна здатність принтера** вводиться значення роздільної здатності принтера в одиницях піксель на дюйм (dpi).

При встановленні відмітки **Пропорційно** зображення розтягується пропорційно по горизонталі та вертикалі. Потім у стрічках **Розмір зображення по X** та **Розмір зображення по Y** необхідно встановити необхідні розміри (в см, мм чи дюймах). Зверху, з підписом **Розміри**, вказані розміри зображення в пікселях після розтягу, а в дужках – розміри зображення в активному вікні.

Негатив. В результаті дії на зображення утворюється негатив активного зображення.

Дзеркало X. В результаті дії активне зображення дзеркально відображається відносно вертикальної лінії, що проходить через центр зображення.

Дзеркало Y. В результаті дії активне зображення дзеркально відображається відносно горизонтальної лінії, що проходить через центр зображення.

Пом’якшити. В результаті дії активне зображення стає більш розмитим, м’якшим.

Різкість. В результаті дії активне зображення стає більш різким.

Контраст. В результаті дії активне зображення стає більш контрастним.

Бінаризувати. Фільтр переводить графічне зображення у активному вікні у чорно-білий варіант.

Заповнити. Даний фільтр дозволяє перетворити півтонове чорно-біле зображення на два чи три рівні з однаковою інтенсивністю. Кількість рівнів є суттєвою для процесу кодування.

У випадку трирівневого заповнення (рис. 2) при зміні у вікні **Поділ на рівні** положення курсорів оператор формує бінаризоване трирівневе зображення, яке максимально буде відтворювати деталі та сюжетні особливості півтонового вхідного зображення.

Якщо результат дії фільтру не задовільняє вимогам оператора, то можна повернутися назад, вибравши пункт меню **Редагувати** → **Відмінити**.

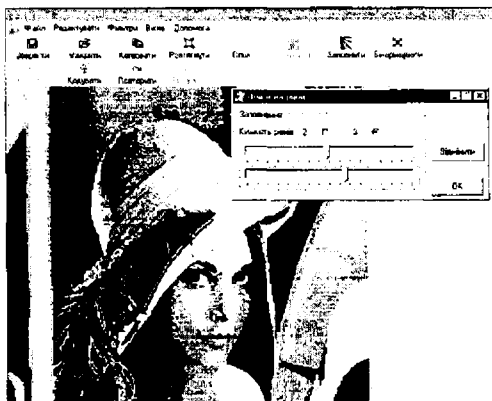


Рис. 2. Результат дії фільтру *Заповнити*.

Операція кодування зображення

В програмі “ГрафіКод 4” операція кодування базується на принципі глобальної заміни бінаризованого графічного зображення кодуєчими впорядкованими неперіодичними структурами, побудованими на основі ортогональних матриць Адамара. Ця операція виконується за допомогою найважливішого фільтра **Кодувати**, який задається при вході в пункт меню **Фільтри** → **Опції** на закладці **Кодування**, яка показана на рис. 3. Спочатку необхідно відкрити закладку **Назва бібліотеки**.

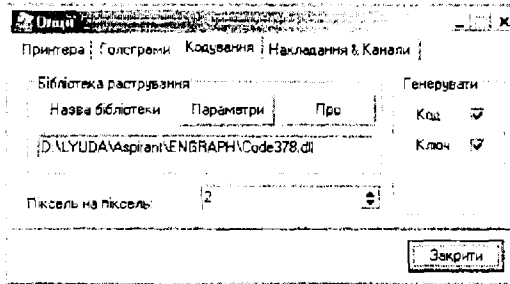


Рис. 3. Параметри фільтра **Кодувати**.

Авторські алгоритми кодування зреалізовані у вигляді зовнішньої бібліотеки Code384.dll (рис.4). В стрічці **Піксель на піксель** задається число, яке показує в скільки раз зросте розмір коду (ключа) порівняно з розміром вхідного зображення.

Для процесу кодування оператору необхідно відмічати **Генерувати Код і Ключ**. В результаті дії фільтра **Кодувати** на екрані монітора утворюються два додаткові вікна, які відповідають кодованому зображенню та відповідному цьому ключеві. Залежно від кількості рівнів буде утворюватися дворівневий або трирівневий код.

Отже, ця програма перетворює вхідне (реальне) зображення у багаторівневе графічне зображення, кожен рівень якого глобально замінюють матрицею комірок впорядкованої неперіодичної структури. Аналогічно виготовляють ключ кодованого зображення. Причому, кодоване зображення та його ключ можуть мати різні розміри.

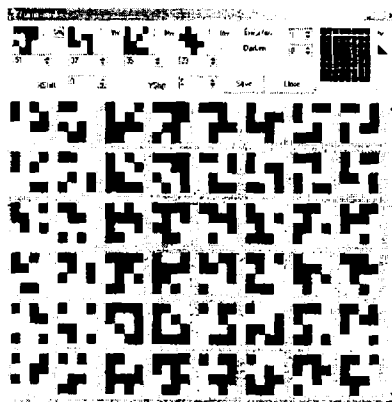


Рис. 4. Видяг головного вікна бібліотеки Code384.dll.

Дана програма дозволяє також виготовляти світліс кодоване зображення. У вікні параметрів бібліотеки кодування Code384.dll реалізуються алгоритми висвітлення кодованого зображення. Тут у верхній частині, справа від матриць є дві стрічки **Висвітлити** та **Затемнити**. Якщо у двох з них встановлено нульові значення (а це є по замовчуванню), то отримані код і ключ будуть з 50% заповненням - чорних та білих пікселів буде порівну.

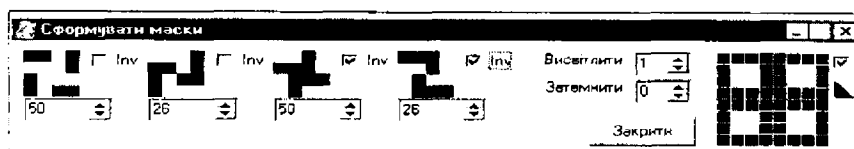


Рис.5. Приклад висвітлення.

Для висвітлення оператору необхідно встановленні у стрічці **Висвітлити** ненульове значення (рис. 5). Якщо програма працює в режимі висвітлення, то використовуються алгоритми висвітлення. На рис. 6. приведені приклади зображень ключів коду (зліва) та висвітленого варіанту цього коду (справа).

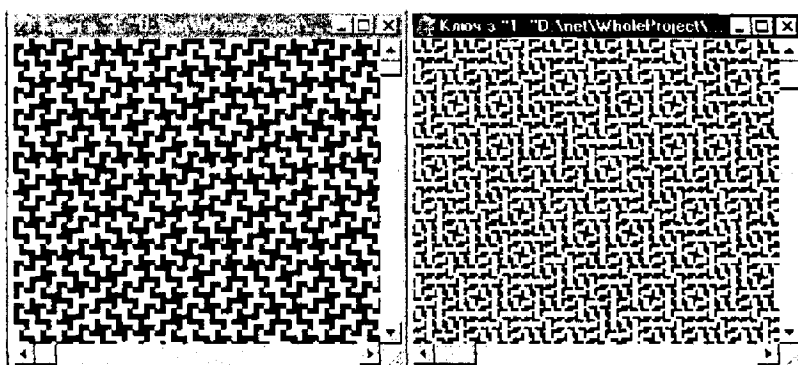


Рис. 6. Ключ коду та його світлий варіант.

Контроль якості кодування. Для контролю якості кодування в програмі використовуються два фільтри: **Накласти**, **До кольору**.

Накласти. Фільтр активізується при наявності будь-якого зображення з таким самим розміром, як і в активного. При виконанні з'являється вікно зі списком всіх таких зображень, з яких необхідно вибрати одне. В результаті отримуємо зображення в активному вікні, яке сформоване на основі логічної операції над кольорами обох зображень. Тип операції можна задати при виборі закладки **Накладання** у пункті меню **Фільтр** → **Опції**.

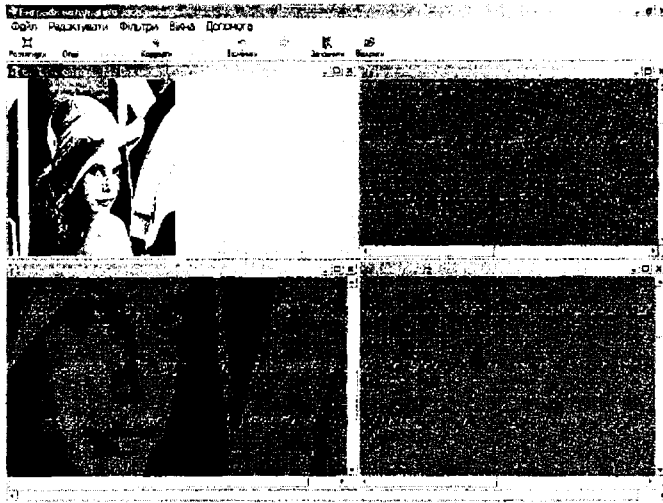


Рис. 7. Результат дії фільтрів Кодувати та Накласти.

До кольору. Фільтр переводить активне чорно-біле зображення у кольоровий варіант шляхом заміни чорного чи білого кольору на заданий колір. Щоб отримати чорно-біле зображення, застосуйте до зображення фільтр **Бінаризувати**.

При застосуванні до активного чорно-білого зображення фільтру **До кольору** на екрані монітора з'являється віконце **До кольору**, в якому оператор відмічає **Білий** (фон) чи **Чорний** (растрові елементи), колір яких необхідно змінити. При вході у вікно **Колір** з'являється додаткове вікно **Color**, в якому оператор вибирає стандартні кольори у віконцях, чи синтезує необхідний колір. В результаті дії фільтра активне чорно-біле кодоване зображення перетворюється на кольорове.

За допомогою фільтрів **Накласти**, **До кольору** оператор має можливість візуально оцінити якість кодування зображення при виборі різних кодів, а також перевірити різні варіанти накладання кодованого зображення одного кольору з ключем іншого кольору (рис.7).

Вивід кодованого зображення на форму

Третьою суттєвою складовою проекту є програма **ComposePage**. Програма призначена для формування сторінок коду та ключа для друку шляхом вставлення *eps* файлів чи тексту та додання міток з точним позиціюванням елементів для можливості точного суміщення сторінок. Вихідний результат отримується у вигляді *PS*-файлу або у вигляді *tiff*-формату.

При виборі пункту меню **Файл** → **Новий** (рис.8) з'являється вікно **Нова сторінка**. Оператор вводить значення ширини та висоти сторінки в пунктах ($1/72$ дюйма, приблизно $0,353$ мм) або в мм. По замовчуванню стоять розміри листка формату A4. Роздільна здатність принтера впливає лише на розміри міток.

При виборі пункту **Двостороння** в результаті програмою буде генеруватися дві сторони сторінки (код та ключ). В результаті сформоване робоче поле заданих розмірів буде обмежене пунктирними лініями, які оточують сторінку. Для монтажу сторінки необхідно відкрити пункт меню **Додатково** → **Завантажити**

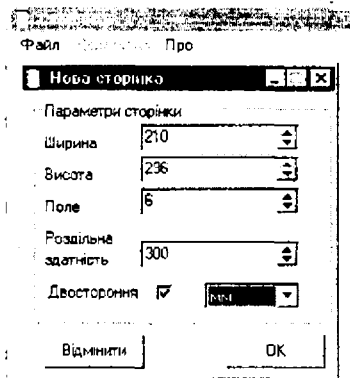


Рис. 8. Загальний вигляд вікна програми *ComposePage*.

В процесі роботи при завантажуванні *eps*-файлів буде вимагатися завантаження пари файлів: кодованого зображення для першої сторони і ключа для другої сторони сторінки. В результаті на робочому полі з'являється у вигляді **обрамленого** прямокутника кодоване зображення, яке за допомогою курсора можна вільно переміщувати по полю, або встановити у задане положення. При повторному виборі **Додатково** → **Завантажити** на робочому полі можна розмістити друге кодоване зображення і т.д.

Для нанесення спеціальних міток для суміщення необхідно за допомогою курсора в положенні на полі кодованого зображення відкрити пункт контекстного меню **Помітити** → **Новими кутиками**. Тоді з'являється вікно **Додати нові кутики**, яке зображене на рис. 9.

В даному вікні вводяться значення параметрів мітки в пунктах, які в неактивних віконцях автоматично перераховуються в мм. Вигляд мітки і її параметри зображені справа. В результаті по чотирьох кутах кодованого зображення, як показано на рис. 9, будуть нанесені спеціальні мітки для суміщення кодованого зображення на одній стороні з інверсним зображення ключа на зворотній стороні сторінки.

При виборі пункту меню **Файл** → **Зберегти** результати монтажу сторінки зберігаються як текст в текстовий файл. Додання нових елементів на сторінку здійснюється вибором відповідного підменю з меню **Додатково**.

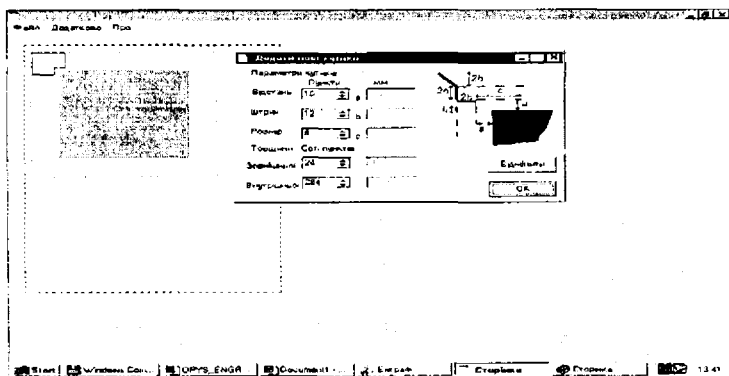


Рис. 9. Вигляд вікна для нанесення спеціальних міток для суміщення.

Для створення додаткових елементів захисту, кодоване зображення можна друкувати 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.

Можливий також спосіб друкування графічного елемента захисту кольоровими друкарськими фарбами. При цьому кодоване зображення друкують на білому фоні об'єкту захисту синьою друкарською фарбою, а ключ друкують на білому фоні з другого боку об'єкту захисту червоною друкарською фарбою. Тоді для всіх темних комірок в результаті суміщення базових матриць комірок у прохідному світлі візуалізується пурпурний колір, який у відбитому світлі відсутній на кодованому зображенні та його ключі.

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

Висновки

Розроблена модифікована комп'ютерна програма "ГрафіКод 4" на платформі Windows, яка дозволяє виконувати попередню цифрову обробку зображень: масштабування, зміну роздільної здатності, бінаризацію та інші. В склад програми включена бібліотека базових впорядкованих неперіодичних матриць, на основі яких генеруються різні типи кодуєчих структур.

Програма дозволяє синтезувати кольори кодованого зображення та його ключа, а також результат їх накладання при друкуванні, монтаж друкарської форми, нанесення спеціальних міток, тексту і т.п. Закодована інформація про вхідне зображення формується за принципом глобальної заміни кожного рівня багаторівневого вхідного зображення матрицею комірок, яка має впорядковану неперіодичну структуру високої роздільної здатності. Матриці комірок впорядкованої неперіодичної структури будують методом кронекерівського добутку з базових ортогональних матриць Адамара розмірності 4×4 .

Ключ кодованого зображення, призначений для його розкодування, сформований щонайменше з однієї матриці комірок цієї впорядкованої неперіодичної структури. Це дозволяє один і той самий ключ використовувати для розкодування різних кодованих зображень графічного елемента.

Приймаючи до уваги використання принципово нового способу кодування оптичної інформації, модифікована комп'ютерна програма «ГрафіКод-4» може застосовуватися для друкування цінних паперів та документів з присутніми на них захисними елементами. Слід зауважити, що ідентифікація прихованих зображень не вимагає застосування спеціальної апаратури і здійснюється візуально шляхом їх перегляду в прохідному світлі.

Автор висловлює щире подяку науковому керівникові, доктору фіз.-мат. наук, професору Шовгенку М. В. за допомогу при виконанні даної роботи та надані консультації.

1. Шовгенюк М.В., Дідух Л. Класи подібних матриць Адамара та їх властивості. Препринт ІФКС НАН України, ІСМР-09-11У, 18с.

2. Комп'ютерна програма "ГрафіКод 4" // Автори: Фітьо Т.В., Шовгенюк М.В., Крохмальський Т.С., Козловський М.П., Білорус В.Є. Ресстраційне свідоцтво № 8943

Державного департаменту інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України. Дата реєстрації: 11 грудня 2003 р.

3. Патент України № 64836. Графічний елемент захисту банкнот, цінних паперів, документів та спосіб його виготовлення // Автори: Шовгенюк М.В., Білорус В.Є., Козловський М.П., Крохмальський Т.Є. Дата публ. 15.03. 2004 р. Бюл. № 3.

4. Шовгенюк М., Дідух Л. Графічний елемент захисту цінних паперів // Комп'ютерні технології друкарства, №16, 2006 – с.245-251.

5. Шовгенюк М.В., Дідух Л.А. Метод кодування графічних зображень та впровадження нової технології захисту цінних паперів // Наука та інновації, 2009, Т.5., №1, С. 54-59.

6. Дідух Л.А., Шовгенюк М.В. Методы кодирования графических изображений с использованием матриц Адамара // Международная конференция молодых ученых «PRINT-2009», г. Санкт-Петербург, 22-24 апреля 2009.