

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

ТРОЯН ОКСАНА АНАТОЛІВНА



УДК 004.921 + 004.93:002.1-028.25(043.3)

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБЛЕННЯ
ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛАТЕНТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
НАЗАРКЕВИЧ Марія Андріївна,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри інформаційних технологій видавничої справи

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
СЕНЬКІВСЬКИЙ Всеволод Миколайович,
Українська академія друкарства,
завідувач кафедри комп'ютерних наук та
інформаційних технологій

кандидат технічних наук, доцент
ЛЯХ Ігор Михайлович,
Ужгородський національний університет,
доцент кафедри інформатики та
фізико-математичних дисциплін

Захист відбудеться «06» 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.14 у Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 28а, ауд. 807, V навч. корпус.

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «31» 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



А. Є. Батюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З розвитком інформаційних технологій усе частіше постає питання забезпечення захищеності та достовірності друкованих документів, оскільки кількість фальсифікації із кожним роком збільшується як у державному, так і у приватному секторах. Підробка друкованих документів стає все поширенішою, тому потрібно кожного року удосконалювати методи та засоби захисту документів. Друковані документи мають велике значення, оскільки посвідчують особу та підтверджують її статус у суспільстві. Відсутність захищеності документів може завдати шкоди та збитків державі та її громадянам. Для документів, які потребують захисту, існує низка економічно вигідних способів захисту, серед яких вагоме місце займають графічні елементи. Підвищення надійності друкованих документів можливе із застосуванням латентних зображень.

Латентні зображення мають властивість зміни видимості елементів при зміні умов спостереження, що забезпечує ідентифікацію документа внаслідок захисних властивостей зображення. Це потребує розроблення технології створення і виявлення прихованої частини, що формує вимоги до точності друку і складності відтворення. Розроблення інформаційних технологій, які ідентифікують фальсифікації документів, включено в перелік пріоритетних завдань у сфері інформаційних та комунікаційних технологій, затверджених Постановою Кабінету Міністрів України № 4198 від 11.03.2016.

Аналіз сучасного стану інформаційних технологій вказує на існування певного протиріччя між високими технічними вимогами створення латентних зображень, які б забезпечували точну побудову прихованих елементів із подальшою ідентифікацією та певними прогалинами їх формування на базі сучасних наукових підходів.

Методи та засоби формування графічних елементів підтверджено великою кількістю наукових досягнень українських і закордонних дослідників. Серед них варто відзначити результати, отримані такими науковцями як Amidrog I. (дослідження муару), Коростіль Ю.М., Шевчук А. В., Киричок П.О. (захист документів спеціального призначення), Коншин А. А. (рівні контролю фальсифікації), Шовгенюк М.В., Козловський М.П., Крохмальський Т.Є. (спосіб формування цінних паперів графічним кодованим зображенням), Дурняк Б. В., Пашкевич В.З (розроблення математичної моделі створення графічних елементів), Пелешко Д.Д. (локальні спотворення зображень), Медиковський М.О. (методи аналізу та пошуку за вмістом графічних об'єктів), Цмоць І.Г., Ткаченко Р.О., Березький О.М. (методи обробки зображень), Теслюк В.М., Пукач А.І. (методи фрактального стиснення зображень).

Незважаючи на велику кількість праць у цій області, залишається нерозв'язаною задача забезпечення достовірності друкованих документів. Таким чином, актуальність теми дисертаційного дослідження визначає важливість завдання підвищення захищеності друкованих документів, завдяки розробленню інформаційної технології формування латентних елементів, яка містить методи побудови цих елементів та встановлення їх достовірності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота пов'язана з планами науково-дослідної та навчальної роботи Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка». Дисертація відповідає науковому напрямку кафедри інформаційних технологій видавничої справи «Технологія підвищення графічного рівня захищеності друкованих та електронних документів». Роботу виконано в межах держбюджетних науково-дослідних робіт на кафедрі інформаційних технологій видавничої справи: «Розвиток теорії синтезу нейронних мереж на НГВС-структурах для обробки сигналів в робототехнічних системах» (№ державної реєстрації 0112U001204), «Відслідкування рухомих об'єктів у відеопотоках реального часу» (№ державної реєстрації 0115U000432) та на основі досліджень наданої грантової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (проект № Ф62 / 75 - 2015).

Мета та задачі дослідження.

Метою дисертаційної роботи є розроблення інформаційної технології формування латентних зображень для підвищення захисту та зменшення вартості документів при їх створенні.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. дослідити та проаналізувати моделі та методи формування графічних елементів, а також встановити переваги та недоліки графічних способів захисту;
2. розробити метод формування латентних зображень для забезпечення достовірності документа;
3. реалізувати моделі побудови графічних пасток на основі формування муару, які покращують ідентифікацію областей фальсифікації;
4. удосконалити моделі побудови графічних елементів на основі формування фракталів, які під час копіювання частково чи повністю спотворюють об'єкти;
5. удосконалити метод формування елементів тонкої графіки в інформаційній технології, які завдяки їх побудови із врахуванням умов друку унеможливають несанкціоновану модифікацію документа;
6. розробити інформаційну технологію, яка містить латентні зображення, тонку графіку, фрактали, графічні пастки на основі муару і за результатами аналізу надати підтвердження практичної цінності розроблених методів та моделей.

Об'єктом дослідження є процеси розроблення латентних зображень для ідентифікації оригінальності документів.

Предмет дослідження – методи та засоби створення інформаційної технології ідентифікації документів, що ґрунтується на використанні моделей формування графічних елементів для контролю та виявлення спотворень у документах.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених в дисертаційній роботі завдань використано: методи математичного аналізу та моделювання, методи комп'ютерної графіки, методи наближених обчислень, теорію алгоритмів та методи денситометрії для вимірювання оптичної густини та контролю якості друку.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробленні інформаційної технології формування латентних елементів та ідентифікації документів, які сформовано на основі графічних елементів:

вперше:

- розроблено метод формування латентних зображень, у якому елементами є лінії векторного формату, які формують зображення шарами з наперед заданими градієнтними властивостями та забезпечують підвищення графічних характеристик побудови документу;
- розроблено моделі графічних пасток на основі муару, які завдяки зміні періодів решіток, кутів нахилу та товщин ліній дають змогу встановити оригінальність елементів;
- розроблено інформаційну технологію, яка передбачає формування прихованих зображень із латентними елементами, тонкою графікою, фракталами, графічними пастками на основі муару та ідентифікує ці зображення за критеріальними ознаками, що дає змогу визначити оригінальність документа з урахуванням умов друкування.

вдосконалено:

- моделі побудови графічних елементів на основі формування фракталів, які завдяки рекурсивній процедурі покривають всю площу зображення із заданими параметрами дроблення, що забезпечує побудову відбитка із високою точністю;

отримав подальший розвиток:

- метод створення елементів тонкої графіки, який на етапі формування захищених документів створює умови для вибору позитивних та негативних ліній, що забезпечує візуалізацію прихованих елементів під час копіювання та дозволяє виявити спотворення в документах.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у розробленні інформаційної технології формування та ідентифікації латентних зображень способом ускладнення відтворюваності прихованих елементів, а саме:

1. на основі розробленого методу формування латентних елементів, який завдяки використанню технології накладання шарів із деякими градієнтними характеристиками підвищує ефективність виявлення підробки на 4,2%;
2. на основі методу формування елементів тонкої графіки розширено функціональні можливості створення графічних елементів для позитивного виконання ліній 40 - 80 мкм та для негативного – 60 - 100 мкм, що характеризується стійкістю до спотворення зображення внаслідок розпадання векторних ліній на растрові крапки під час копіювання (патент «Спосіб захисту друкованих та електронних документів»);
3. використання графічних пасток, які формуються при створенні тонких паралельних ліній завширшки 0,25мм та частотами повторень, які кратні цілому числу і виявляються при муарі для друкованих документів підвищують достовірність документів;

4. розроблено моделі графічних елементів, які утворюють на основі фракталу у векторному форматі за допомогою рекурсивної процедури підвищують надійність та гарантують високу якість відтворення документів;

Розроблені методи ідентифікації документів підвищують точність оцінювання достовірності документів на основі сумісного використання графічних елементів та структурних характеристик прихованих зображень на 10 - 15%.

Результати дисертаційних досліджень реалізовано та впроваджено.

Роботу виконано на основі досліджень за грантової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень «Технологія підвищення графічного рівня захищеності друкованих та електронних документів» (номер державної реєстрації 0115U004704). У проведених експериментальних дослідженнях розроблені в роботі методи на основі аналітичної залежності оригіналу та копії підтвердили свою ефективність. Розроблена в процесі досліджень інформаційна технологія розширює функціональні можливості захисних властивостей документів, а також підвищує надійність та достовірність документів.

Практична реалізація запропонованої інформаційної технології викорисовувалась для організації та обслуговування технологічних процесів виготовлення та використання захищених документів на Нафтогазовидобувне управління «Бориславнафтогаз» відкритого акціонерного товариства «Укрнафта».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Одноосібно опубліковані праці – [2, 3, 15] розроблення латентних зображень на основі локального викривлення лінії сітки; [17, 20] – формування латентних зображень з застосуванням муару; [21, 24, 25] – формування захисних елементів для підвищення захисту документів. У працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: [12, 13, 22] – способи побудови графічних елементів для захисту документів; [1, 16] – розроблення методу захисту на основі фракталів; [4, 8, 9, 10, 18] – формування графічних пасток на основі муару; [6, 14, 19] – розроблення латентних зображень; [7, 30] – спосіб захисту графічними побудовами; [5, 26] – формування інформаційної технології підвищення рівня захищеності; [23, 31] – ідентифікація латентних елементів в документах; [11] – ідентифікація та формування градієнтних властивостей графічних елементів; [27] – аналіз біометричних способів захисту; [28, 29] – розроблення графічного способу на основі гравюр.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення та результати роботи були представлені та обговорені та доповідались на міжнародних та всеукраїнських конференціях, а саме: Wspolczesne problemy bezpieczenstwa i marketingu. Bezpieczenstwo w obszarze nowych technologii, Katowice, Poland, 2015; International Symposium on Computer and Information Sciences, Krakow, Poland, 2016; IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Львів, Україна, 2016; The XII International scientific conference «Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence» (ISDMCI-2016), Херсон, Україна, 2016; 5-а міжнародна науково-технічна конференція «Захист інформації і безпека інформаційних систем», Львів, 2016; The XIV International Scientific workshop «Modern problems of computer science in management, economics, and education», Київ - Шацьк, Україна, 2015; Global scientific unity, Prague, Czech

Republic, 2014; IEEE International Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT'2013), Львів, Україна, IEEE International Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT'2014), Львів, Україна 2014, IEEE International Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT'2015), Львів, Україна 2015, IEEE International Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT'2016), Львів, Україна 2016; Free/Libre and Open-Source Software (FOSS 2014), Львів, Україна, 2014, Free/Libre and Open-Source Software (FOSS 2015), Львів, Україна 2015; 13th International Conference on Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM) Львів – Поляна, Україна, 2015.

Матеріали дисертації регулярно доповідались та обговорювались на наукових семінарах кафедри інформаційних технологій видавничої справи Національного університету «Львівська політехніка» (2012 – 2017 рр.).

Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено в 31 науковій публікації, серед них 6 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук; 2 статті у наукових фахових виданнях України, що включені до наукометричних баз даних; 1 патент України на корисну модель; 1 колективна монографія (розділ 5); 21 публікація тез доповідей та матеріалів конференцій, з яких 5 у виданнях, які включено до міжнародних наукометричних баз даних.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації – 189 сторінок, у тому числі 148 сторінки основного тексту, 64 рисунки та 6 таблиць, список використаних джерел налічує 176 бібліографічних найменувань на 19 сторінках. Дисертація містить 3 додатки, розміщені на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок роботи з науковими темами. Подано відомості про впровадження та апробацію результатів дисертаційної роботи, публікації та особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано існуючі інформаційні технології розроблення моделей, методів та засобів формування прихованих елементів та ідентифікації цих елементів у друкованих документах.

Аналіз сучасного стану інформаційних технологій вказує на існування певного протиріччя між високими технічними вимогами до створення графічних методів захисту документів, які б забезпечували точну побудову захисних елементів з подальшою ідентифікацією та принциповою неможливістю виконання за сучасними науковими підходами теорії графічного захисту на основі моделей та методів формування латентних елементів.

Детально проаналізовано сучасний стан існуючих інформаційних технологій, які забезпечують захищеність документів, теоретичні та прикладні засади побудови та впровадження інформаційних технологій для формування прихованих зображень.

Проаналізовано, що більшість фальсифікацій реалізується засобами репрографії, чому можна запобігти методами графічного захисту, а саме латентними зображеннями, які важко підробити чи скопіювати. Дослідження закономірностей побудови латентних елементів показує, що такого виду документи перебувають у вищому технологічному ряду захищеності за інформаційними ознаками. Відомі методи формування латентних зображень можна поєднати з методами формування тонкої графіки, фракталами та графічними пастками на основі муаротворення.

Елементи тонкої графіки використані в латентних зображеннях зможуть підвищити достовірність контролю за автентичністю документів та впровадити сучасні процедури аналізу перевірки достовірності документів.

Використання фракталів у латентних зображеннях унеможливить в подальшому копіювання документів без відтворення дефектів. А формування латентності на основі методу муаротворення забезпечить візуальне спотворення документа. Тому розроблення нових і ефективних методів впровадження прихованих елементів до латентних зображень є актуальним сьогодні.

Дослідження основних підходів до формування інформаційних технологій дозволило зробити висновок, що однією з прикладних задач є розроблення інформаційної технології шляхом використання латентних елементів, яка включає методи формування елементів тонкої графіки, фракталів та муару. Показано, що використання саме цих методів графічного захисту та ідентифікації має вагомі переваги. Проведений аналіз розкриває актуальність забезпечення відповідного рівня захищеності друкованих документів.

У **другому розділі** наведено метод формування латентних зображень для захисту друкованих документів від несанкціонованого доступу накладанням на документ прихованих елементів. Розроблено методи формування латентних зображень на основі тонкої графіки.

Математичну модель латентного зображення будують комбінуючи різні структури на основі створення позитивної й негативної масок.

Приймемо, що $G(x, y, z)$ – основне зображення, де x, y, z – інтенсивність кольору поточних пікселів у системі RGB, тоді $G_{inv}(x, y, z)$ – приховане зображення з інвертованою маскою. Нехай L – кількість шарів. Процес формування латентного зображення полягає у тому, що створюється приховане зображення з інвертованою копією $G_{inv}(x, y, z)$ основного зображення $G(x, y, z)$:

$$G_{inv}(x, y, z) = (2^L - 1) - G(x, y, z).$$

Основне зображення $G(x, y, z)$ формується з видаленням непарних діагональних ліній, утворюючи першу низькочастотну аперіодичну структуру $R_1(x_i, y_i, z_i)$:

$$R_1(x_i, y_i, z_i) = F_{R1}(G(x_1, y_1, z_1)) \mid \quad i=1, \dots, N; j=1, \dots, M; k=1, 2, 3.$$

де F_{R1} – функція растрівання низькочастотної аперіодичної структури, k – колірний компонент в системі RGB : $k=1$ – червоний; $k=2$ – зелений; $k=3$ – синій; i, j – координати поточного пікселя; N, M – граничне значення пікселів, що відповідають за ширину і висоту зображення.

Інвертована копія зображення $G_{inv}(x, y, z)$ формується видаленням парних діагональних ліній, утворюючи другу низькочастотну аперіодичну структуру $R_2(x_i, y_i, z_i)$:

$$R_2(x_i, y_i, z_i) = F_{R2}(G(x_1, y_1, z_1)) \quad | \quad i=1, \dots, N; j=1, \dots, M; k=1, 2, 3,$$

На наступному кроці це створюється маска $H(x, y, z)$ об'єднанням аперіодичних структур $R_1(x, y, z)$ й $R_2(x, y, z)$:

$$H(x, y, z) = R_1(x, y, z) + R_2(x, y, z).$$

Латентне зображення $L(x, y, z)$ формують вбудовуванням основного зображення $G(x, y, z)$ та інвертованої копії – додаткового шару і маски $H(x, y, z)$:

$$L(x, y, z) = G(x, y, z) + G_{inv}(x, y, z) + H(x, y, z).$$

Початкове зображення раструється, потім відбувається зміщення растрової точки в певному напрямку з кроком, меншим за період растрової структури. Метод створення латентних зображень формується шляхом утворення двох прихованих зображень, які накладаються. Визначають елементи рельєфу для кожного прихованого зображення, що передається відповідними лінійними структурами для утворення основного і допоміжного шарів. Елементи вбудовуються тільки в ті місця, де лінійні структури рельєфу першого і другого шару накладаються. Шар і приховане зображення відтворюватимуться під час копіювання сірою ділянкою. Схему формування латентного зображення наведено на рисунку 1.

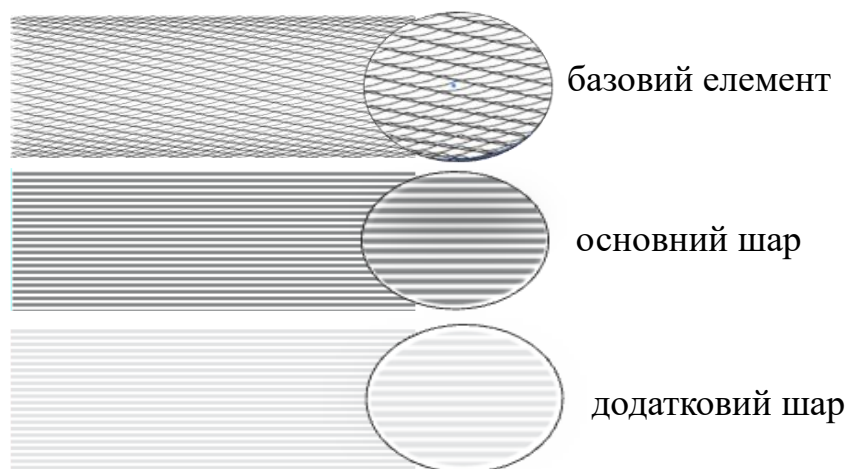


Рисунок 1 – Схема формування латентного зображення

Запропоновано створення верхніх шарів хвилями з частотами, які відповідають значенню порядку 10 – 60 мкм із заданими градієнтними характеристиками інтенсивності кольору. А зверху накладаємо інший шар періодичної структури, який будемо за принципом суперпозиції. Прихований елемент формують на основі двох рівномірних шарів, утворених лініями з однаковою лініатурою і відносною площею елементів. У першому полі встановлюємо 60 – 70% градацій сірого для ліній, а в другому 15 – 20%, та накладаємо на базовий елемент із відображенням темних ділянок на першому шарі й світлих ділянок на другому шарі. Суть цього методу полягає у створенні документа, який буде захищений прихованим елементом на основі шару основного елемента із додаванням додаткового шару та базового елемента шаблону – маски. На наступному етапі генерується текстовий документ. Ідентифікують документ внаслідок дослідження документа та шаблону – маски. Схему ідентифікації прихованого елемента за допомогою шаблону наведено на рисунку 2:

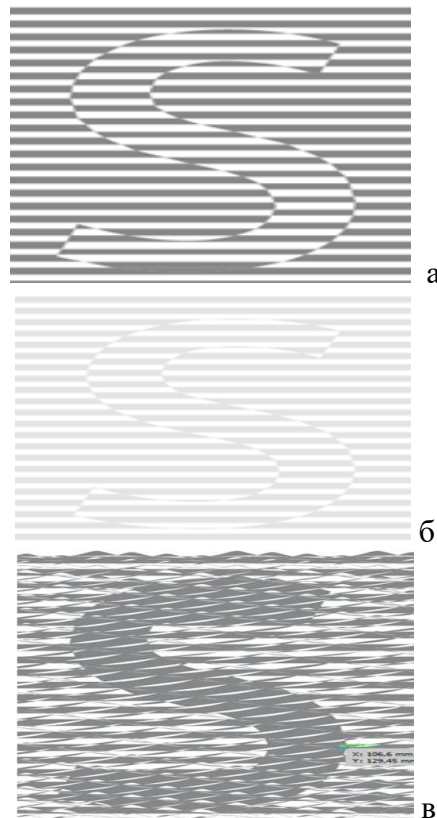


Рисунок 2 – Схема ідентифікації прихованого елемента за допомогою шаблону:

а – основний шар з прихованим написом «S»; б – додатковий шар з прихованим написом «S»; в – копія - результати суміщення шарів і маски

Під час перенесення фарби з друкарського апарата на аркуш відбувається її розтискування – збільшення площі друкарських елементів, яку обчислюють за відомою формулою Шеберстова-Мюррея-Девіса.

Обчислення градієнтних властивостей латентних зображень наведено в таблиці 1:

Результати обчислення градієнтних властивостей латентних зображень

Градієнтні властивості друкованих плашок	Обчислені значення (метод Шеберстова-Мюррея-Девіса)	Експериментальні дані (розроблений метод)	Відносна похибка ΔR
20%	2.09	7.3	5.21
40%	5.05	9.9	4.85
60%	6.25	9.9	3.65
80%	7.4	11.9	4.5
100%	8.8	13.6	4.8
Середнє значення			4.2

Середнє значення відносної похибки оптичної густини ΔR за результатами вимірювання дорівнює 4.2%.

Вперше розроблено метод створення латентних зображень, у якому на відміну від відомих методів, графічним елементом є лінії векторного формату, які складаються з шарів із наперед заданими градієнтними характеристиками, що дають змогу врахувати велику кількість контрольованих графічних елементів та можуть стати підґрунтям для розроблення інформаційної технології.

Метод формування тонкої графіки базується на побудові ліній, які формують елементи та мають різні форми й виконані позитивним та негативним способом. Товщина лінії для позитивного виконання 40 – 80 мкм, а для негативного 60 – 100 мкм. Головним призначенням методу тонкої графіки є формування графічних елементів у векторному форматі, який забезпечує високу якість відтворення. Вибір параметрів дає можливість отримати різні типи графічних зображень, що дає змогу персоніфікувати кожен документ. В основу цього методу покладено тонкі лінії, які сформовано шляхом математичних примітивів, які розмножуються, генеруються та видозмінюються. Лінії формують так, щоби фальсифікація стала максимально неможливою, адже при копіюванні лінії деформуються і розпадаються, таким чином не відображаються на копії. Колір та відтінок ліній підбирають таким чином, аби під час копіювання та сканування лінії не відтворювалися. До інформаційних характеристик друкованого документу належать оптична густина, процент растрової крапки, рівномірність нанесення фарби, розтиснення, трепінг, які наведено в таблиці 2:

Таблиця 2

Інформаційні характеристики друкованого документа

Інформаційні характеристики друкованого документа	Оригінал, %	Копія, %	Відносна похибка ΔE , %
Оптична густина	88 – 100	7 – 12	13
% растрової точки	85 – 100	9 – 15	15
Рівномірність нанесення фарби та розтиснення	82 – 100	8 – 10	12
Трепінг	80 – 100	6 – 9	10
Критеріальні ознаки порогових характеристик			10-15

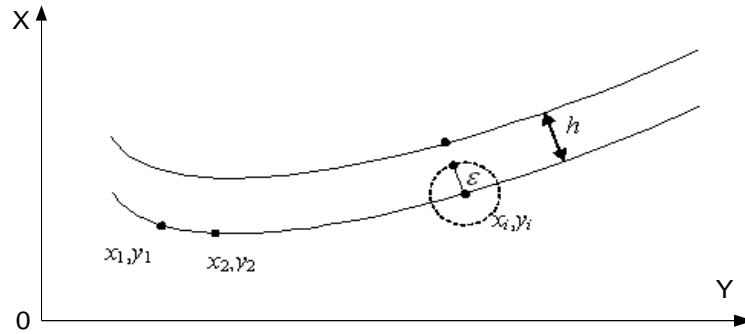


Рисунок 3а – Схема формування ліній тонкої графіки на основі локального викривлення лінії сітки

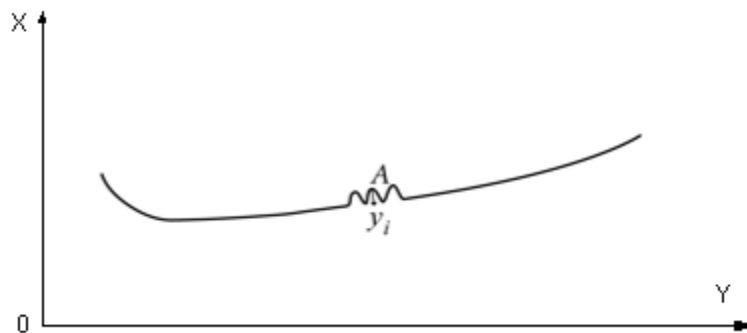


Рисунок 3б – Схема формування ліній тонкої графіки на основі деформація ліній сітки на основі малих збурень

На рисунку 3а та 3б наведено формування ліній тонкої графіки на основі локального викривлення лінії сітки та деформація ліній сітки на основі малих збурень відповідно. Вдосконалено векторний метод для захисту друкованих документів, що ґрунтується на використанні математичного апарату, який забезпечує генерацію нових захисних елементів із високою точністю побудови. На основі цього методу отримано патент «Спосіб захисту друкованих та електронних документів».

У **третьому розділі** роботи розроблено методи та моделі прихованих елементів на основі формування фрактальних елементів та муару із побудовою графічних пасток.

Метод створення фрактальних елементів базується на створенні захисної сітки, яку утворюють на основі фракталу у векторному форматі за допомогою рекурсивної процедури до генерування одиничного елемента із заданими параметрами дроблення. Фрактали будують рекурсивною процедурою, де кожен одиничний графічний елемент постає в ролі генератора і задає величину захисного елемента. Розроблений метод демонструє процес генерування фрактального растра із прихованою інформацією для захисту друкованих документів. Після опрацювання вхідних даних генерується фрактал і формується фрактальний захисний елемент, що додається до шаблону документа. Генерують фрактал простими геометричними побудовами. Побудова таких фракталів починається з

двох фігур – ініціатора та генератора. Останній є орієнтованою ламаною, що складається з N однакових відрізків довжиною r . Здійснюється заміна кожної прямої ділянки копією генератора, яка є зменшеною та суміщеною так, щоб її кінцеві точки збіглися з кінцевими точками відрізка, що замінюється. На рисунку 4 зображено формування латентного зображення зі вбудованим фрактальним елементом в додатковому шарі.

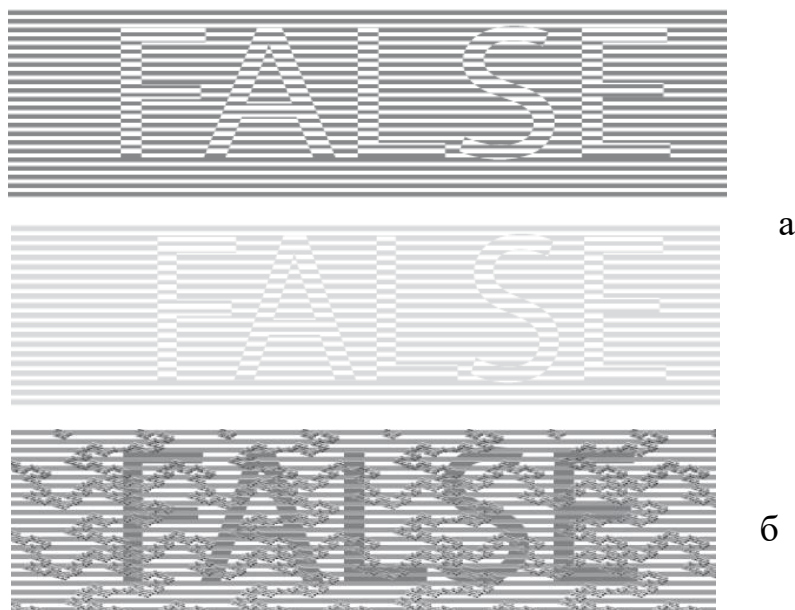


Рисунок 4 – Схема побудови латентного зображення з використанням фракталу
а – основний шар з прихованим написом; б – додатковий шар із утвореною фрактальною сіткою

Вдосконалено моделі побудови графічних елементів на основі формування фракталів, які завдяки рекурсивній процедурі покривають всю площу зображення із заданими параметрами дроблення, що забезпечує побудову графічних елементів із високою точністю. Таким чином можна сформувані велику кількість варіантів фрактальних елементів, змінюючи масштаб, поворот, а також збільшуючи або зменшуючи кількість ітерацій.

Вперше розроблено метод формування фрактальних елементів, в яких вибір параметрів генерації фракталу залежить від його параметрів, які є визначальними при формуванні графічних елементів для друку. Розроблено такі методи формування латентних зображень з використанням фрактальних сіток: метод створення зображень на основі однотипних фракталів; метод побудови зображень на основі двотипних фракталів, генератором яких є інший фрактал; метод створення сіток на основі патерну, де фрактал будується на всій площині документа.

Метод побудови графічних пасток на основі муаротворення полягає у створенні тонких паралельних ліній, із шириною 0,25 мм та частотами, які кратні цілому числу частоти повторень. Муар виникає в результаті інтерференційної взаємодії растрових решіток відбитка та сканувального пристрою у разі спроби здійснити фальсифікацію. Наявність муарових елементів спотворює вигляд документа та призводить до значних змін форми чи повної втрати елементів

зображення на копії, що дозволяє візуально легко відрізнити фальшиву копію від оригіналу. Базовий шар містить лінії, які рівновіддалені з періодом T_r і знаходяться під кутом α_r до початку відліку системи координат. Допоміжний шар матиме період повторення ліній T_b і з нахилом α_b . Накладанням базового та допоміжного шарів створюють муарну решітку, яку показано пунктирною лінією. На рисунку 5 показано, що вузли муарної решітки матимуть довжину l та знаходитимуться під кутом α_m . Проекції на вісь ординат базового та допоміжного шарів p_b, p_r та p_m – проекції муару. Обчислюємо періоди T_b, T_r , and T_m за формулами:

$$T_b = p_b * \cos\alpha_b, \quad T_r = p_r * \cos\alpha_r, \quad T_m = p_m * \cos\alpha_m.$$

Модель 1. Якщо базовий та допоміжний шари побудовано з однаковою товщиною ліній. Період рівновіддалений один від одного:

$$T_m = \frac{T_b}{\sqrt{2 * (\cos\alpha_r \cos\alpha_b + \sin\alpha_r \sin\alpha_b)}}.$$

Якщо прийняти, що $\alpha_r = 0$, то $\cos\alpha_r = 1$

$$T_m = \frac{T_b}{\sqrt{2 * \cos\alpha_b}}.$$

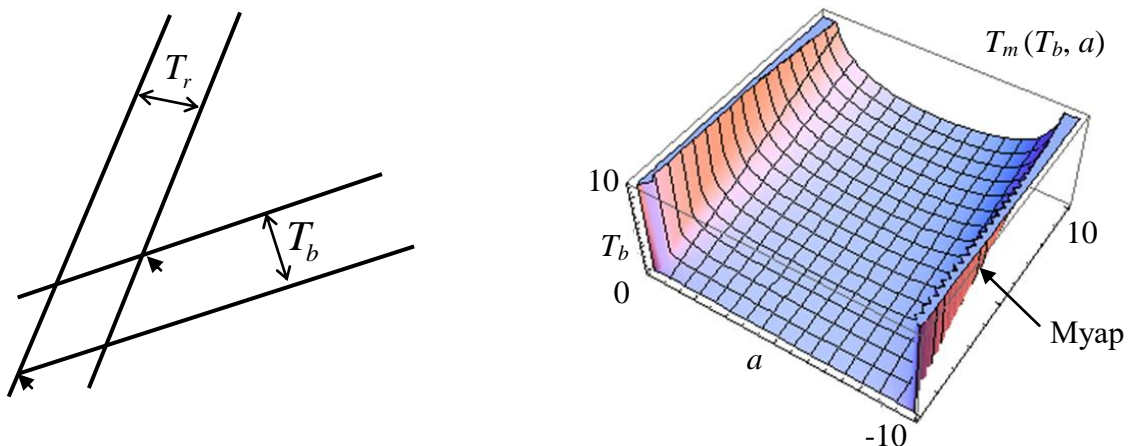


Рисунок 5 – Схема залежності періоду зміни муарної решітки T_m від кута нахилу решітки базового шару α_b та періоду базового шару $T_b \in [0 \dots 0,01]$

Модель 2. Допоміжний шар має період у k -разів менший за період базового шару, отже $T_b = kT_r$. Тобто періоди базового і допоміжного шарів відрізняються у k -разів. Період муаротворення обчислюється за формулою:

$$T_m = \frac{kT_r}{\sqrt{k^2 + 1 - 2k\cos(\alpha_r - \alpha_b)}}$$

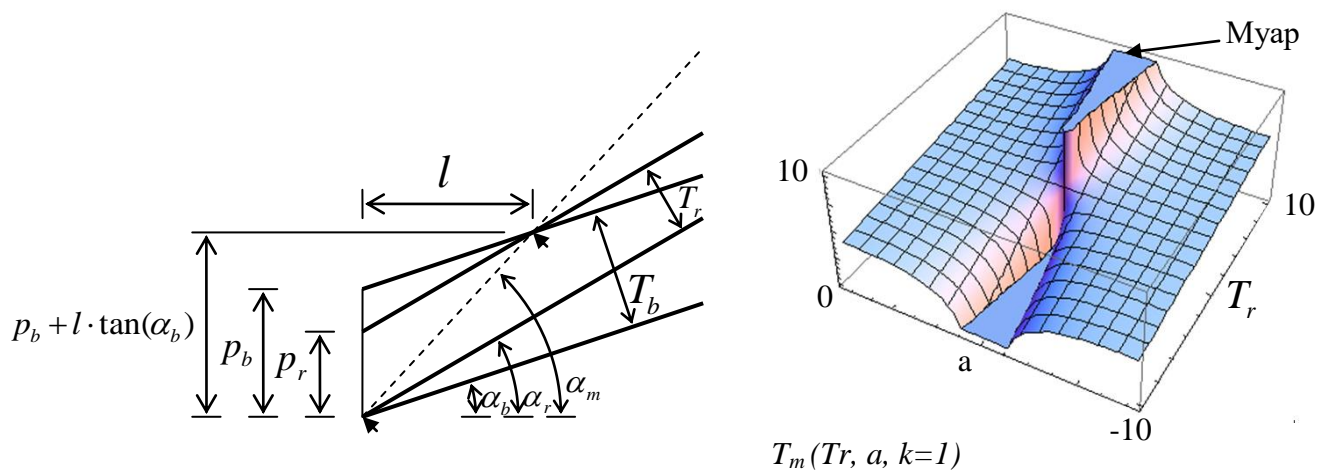


Рисунок 6 – Схема залежності періоду зміни муарної решітки T_m від кута нахилу решітки базового шару α_b та періоду базового шару $T_r \in [0 \dots 0,01]$, коли період базового шару був у 8 разів більший за допоміжний

Модель 3. Товщина ліній базового шару у k -разів більша за товщину ліній допоміжного шару. Утворення муарових ліній, які залежать від кута нахилу α базового та допоміжного шарів:

$$T_m = \frac{(T_b + l^*) * T_r * \sqrt{\frac{(T_b + l^*) - T_r}{(T_b + l^*)(\cos \alpha_r - \sin \alpha_r) - T_b}}}{(T_b + l^*) * \cos \alpha_r - T_r}$$

Метод муаротворення полягає в тому, що для захисних елементів формують зміщення частини ліній муару на половину величини кроку лінії. Іншим варіантом є поворот ліній на кут, в результаті цього, контур зображення розбивається на прямі лінії. Якщо ж у рівновіддалених лініях змінювати кут нахилу, то можна спостерігати муар у вигляді решіток, які змінюватимуться з кутами нахилу в 5^0 , 15^0 , 45^0 .

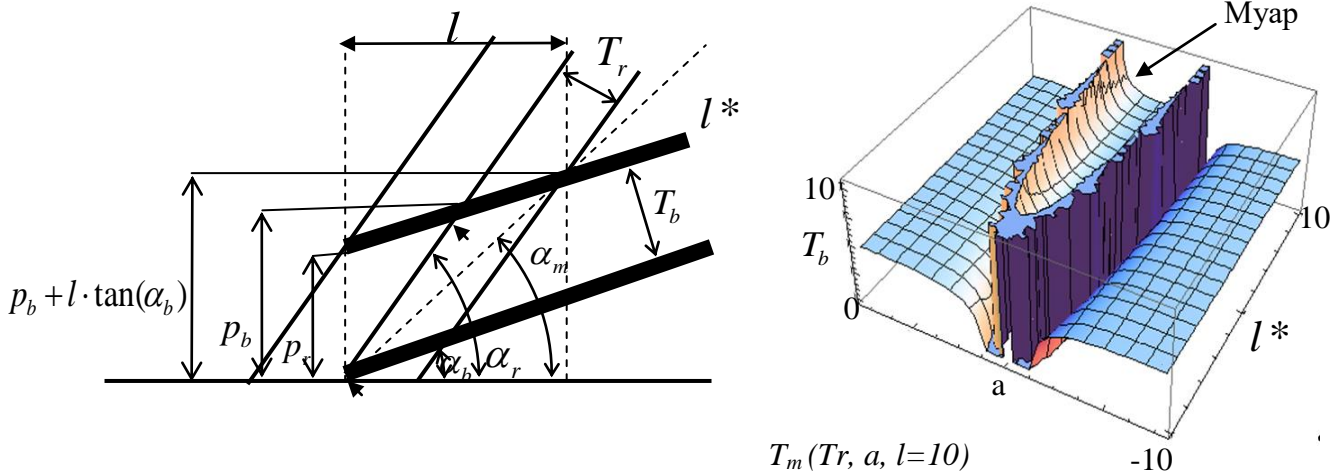


Рисунок 7 – Схема залежності періоду зміни муарної решітки T_m від кута нахилу решітки базового шару α_b та періоду базового шару $T_r \in [0 \dots 0,01]$

На рисунку 7 показано утворення муару з різними кутами нахилу та з різними товщинами ліній. Вперше розроблено моделі графічних пасток на основі муару, які завдяки зміні періодів решіток, кутів нахилу та товщин ліній контролюють оригінальність зображень.

У **четвертому розділі** наведено структурну схему інформаційної технології розроблення та ідентифікації документа, показано результати визначення параметрів порогових значень для оригінальності документів та копій; визначено коефіцієнти ефективності захищеності документа; порівняльних характеристик на різних взірцях паперу відносно оригіналу та підробки (копії). Ідентифікація й оцінювання достовірності друкованих документів є умовою ефективного захисту.

Для побудови захисних елементів, які накладаються на документ, розроблено інформаційну технологію, що ґрунтується на сумісному використанні розроблених моделей та методів формування латентних зображень за допомогою графічних елементів. За цим принципом побудовано графічні елементи з нерегулярною структурою прихованих елементів.

Розроблена технологія передбачає, що кожному документу, який потребує захисту, надаються персоніфікуючі ознаки залежно від рівня захищеності документа. Ця сукупність методів і алгоритмів дає змогу розробити комплекс, який вирішує завдання розпізнавання латентних зображень та використовує тонку графіку, фрактальні елементи та муар, як показано на рисунку 8.

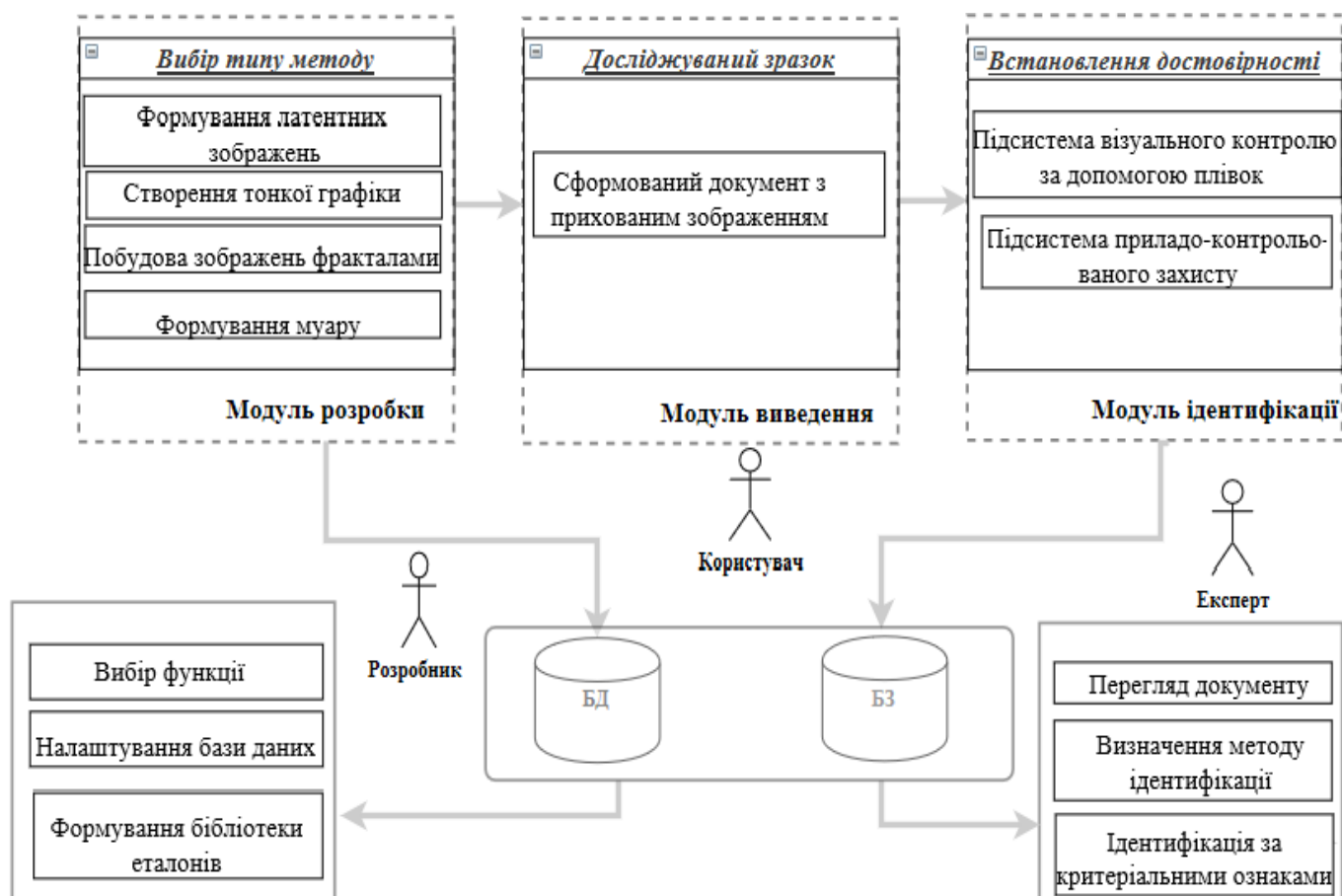
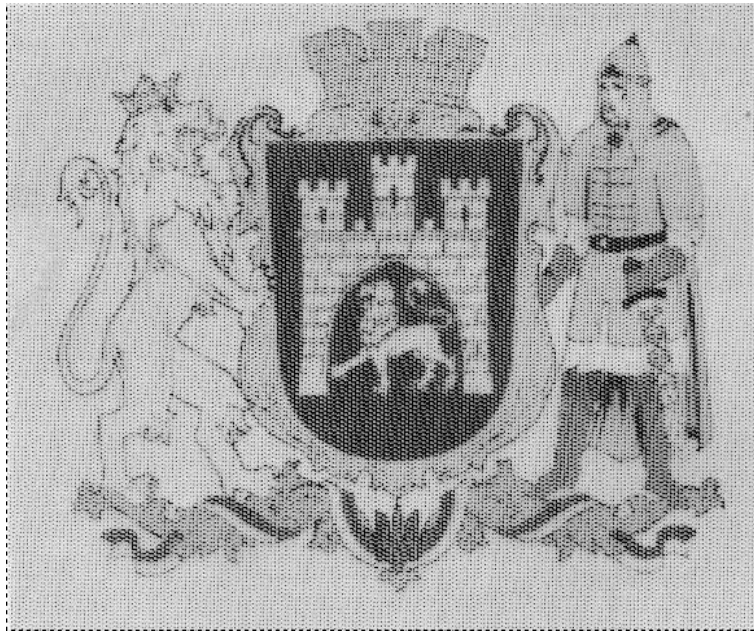


Рисунок 8 – Структурна схема інформаційної технології розроблення та ідентифікації латентних зображень

Алгоритм роботи системи:

Розробник отримує вхідний документ, з якого зчитує текстову, табличну і графічну інформацію; розробник вибирає функцію захисту та генерує прихований одиничний елемент на основі методів тонкої графіки, латентних елементів, муаротворення та фракталів, врахувавши критерії вхідного документа. Розроблене приховане зображення заносить до бібліотеки еталонів та записує до бази даних; Формується приховане зображення, де поєднано в єдине ціле документ та прихований елемент. Враховується формат та наповнення документа, а також розміщення прихованого зображення; Документ видруковується та надходить в обіг; Оригінальність документа підтверджує експерт з використанням плівок чи приладо-контрольованого пристрою. Експерт переглядає документ, визначає метод ідентифікації та за критеріальними ознаками встановлює оригінальність документа на основі невідповідності графічних елементів.

Результати роботи розробленого програмного модулю для ідентифікації оригінальності документа наведено на рисунку 9. Невідповідність між зображеннями значно полегшує визначення оригінальності, що дозволяє підвищити точність та пришвидшити процес ідентифікації. Розроблений метод ідентифікації документів було додано до існуючої бази та ідентифікації прихованих зображень, а також було додано метод піпкельного порівняння зображень за методом PSNR.



а



б

Рисунок 9 – Визначення достовірності документа за методом PSNR

а – оригінал; б – копія та попіксельне порівняння

Під час досліджень проведено експерименти на типових зірцях паперу, на яких було відображено документ з латентним зображенням та видруковано копії кожного документа на різних друкарських пристроях. На основі цього експериментального дослідження було проаналізовано та досліджено оригінали та копії документів різного типу, а також генерування зразків фальсифікації та можливості їх виявлення. Для ідентифікації та визначення достовірності документа було використано денситометр та спектрофотометр *x-rite spectroeye*, який вимірює оптичну щільність, чіткість відтворення, рівномірність розподілення фарби на відбитку та розтиснення.

На рисунку 10 зображено значення середніх порівняльних характеристик для експериментів із застосуванням методу ідентифікації документа, що демонструє виведені порогові значення для визначення оригінальності документа. Значення отриманих результатів верифікують точність проведених експериментів та обраних вибірок даних і параметрів коефіцієнта ефективності ідентифікації. За результатами можна зробити висновок, що впровадження методу ідентифікації для підтвердження достовірності документів на основі зібраних та опрацьованих значень параметрів друкованих документів та їх підробок створює умови для прогнозування та прийняття рішень щодо достовірності документів та на основі вимірних експериментальних параметрів в аналітичній залежності оригіналу та копії знятої спектрофотометричним приладом.

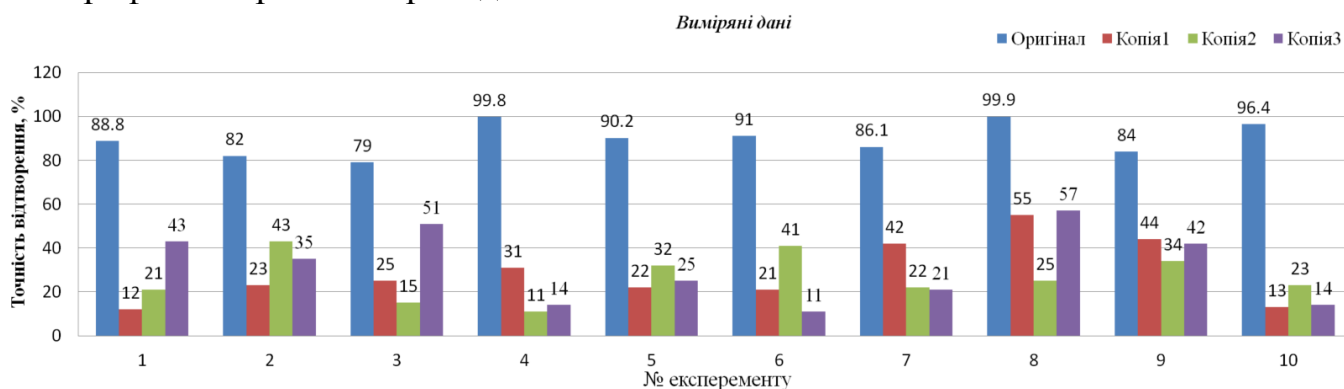


Рисунок 10 – Результати порівняння точності відтворення прихованого зображення

Розроблена система ідентифікації латентних зображень у документах характеризується точністю виявлення фальсифікації на основі вимірних денсометричних показників. Інформаційна технологія розроблена на сучасній елементній базі та використовує нові програмні засоби, і це дозволило сформуванню латентні зображення із елементами тонкої графіки, фракталів та графічних пасток. Такий підхід дав змогу підвищити ефективність інформаційної технології за рахунок виявлення фальсифікації. Дані, отримані в результаті роботи, можуть бути використані для створення друкованих документів із захищеними елементами для підвищення ефективності ідентифікації і, як наслідок, підвищення якості оригінальних документів та візуального спотворення документів при спробі фальсифікації. Отже, розроблений метод ідентифікації, що передбачає формування латентних зображень, тонкої графіки, фракталів та муару, показав кращі результати порівняно з існуючими на 10-15%. В додатках наведено вихідні дані, умови проведення та результати експериментальних досліджень, якими підтверджено теоретичні положення дисертації, а також документи щодо впровадження розробки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розв'язано актуальне наукове завдання – підвищення захищеності друкованих документів, на основі розроблення інформаційної технології формування латентних елементів, яка включає методи формування цих елементів та встановлення їх достовірності.

При цьому отримано такі результати:

1. Обґрунтовано необхідність створення моделей та методів формування графічних елементів для забезпечення рівня захищеності документа та показано розв'язання цієї задачі на основі розроблення інформаційної технології формування графічних елементів, побудованих за методами тонкої графіки, латентних елементів, муару, фракталів.
2. Вперше розроблено метод формування латентних зображень, які складаються із шарів з градієнтними властивостями на основі лінії векторного формату, що підвищує точність побудови графічних елементів на 4.2%.
3. Вперше розроблено моделі побудови графічних пасток на основі муару, який створюється із тонких ліній з шириною від 0,25 мм та із частотами повторень, які кратні цілому числу, деформація яких спричиняє спотворення.
4. Вдосконалено метод на основі створення фрактальних елементів, що базується на побудові сіток, що підвищило ефективність виявлення областей фальсифікації.
5. Розроблено інформаційну технологію встановлення достовірності документа способом побудови узагальненого критерію, який будується на основі даних, отриманих із використанням вимірювального устаткування. Досягнутий при цьому технічний результат полягає у підвищенні захисних властивостей друкованого документа на 10 - 15% від підробок. Захист друкованих документів на основі латентних зображень дав можливість зменшити час і вартість розроблення та ідентифікації документів.
6. Отримав подальший розвиток метод тонкої графіки, що ґрунтується на використанні математичного апарату, який забезпечує генерацію нових захисних елементів для позитивного виконання ліній 40 - 80 мкм та негативного 60 - 100 мкм. Новизна цього способу підтверджена Патентом України на корисну модель № 06221. «Спосіб захисту друкованих та електронних документів».

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Назаркевич М. А. Розробка методу захисту документів латентними елементами на основі фракталів / М. А. Назаркевич, І. І. Дронюк, О.А. Троян, Т. Ю. Томащук // Захист інформації. – 2015. – № 1. – С. 21 – 26.

2. Troyan Oksana Identification latent elements in the printed and electronic documents // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2016. – Вип. № 843. – С. 213 – 220.
3. Troyan Oksana Method of forming latent image to protect documents based on the effect moire // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2015. – № 826. – С.394- 403.
4. Назаркевич М.А. Метод захисту документів на основі ефекту муару / М.А.Назаркевич, О.А. Троян // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8. – С. 337 – 346.
5. Dronjuk Ivanna “The Modified Amplitude-Modulated Screening Technology for the High Printing Quality” / Ivanna Dronjuk, Maria Nazarkevych, Oksana Troyan // International Symposium on Computer and Information Sciences, ISCIS 2016: Computer and Information Sciences, Krakow-Poland, Springer, 26 - 27October 2016. С. 270 - 276.
6. Назаркевич М.А. Розроблення програмного продукту для захисту інформації на основі плівок із прихованим латентним зображенням // М. А.Назаркевич, О.А.Троян // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні системи та мережі. – Львів. – 2014. – Вип. № 806. – С. 187-194.
7. Назаркевич М.А. Аналіз сучасних методів та видів графічного захисту друкованих документів // М. А. Назаркевич, О. А. Троян // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів. – 2014. – Вип. № 800. – С. 61 - 65.
8. Nazarkevych M.A. Method of electronic and printed documents of protection on the basis of moire effect / М. А. Назаркевич, О. А. Троян, І. М. Дронюк // Актуальні проблеми економіки, Київ – 2016. – Вип №5 (179) С. 382-394.
9. Назаркевич М. А. Математична модель захисту документів з формуванням муару на основі кратних періодичних решіток // М. А. Назаркевич, О.А.Троян // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. – Львів: УАД, – 2015. – Вип. № 34 – С. 156 – 163.
10. Назаркевич М.А. Разработка скрытого изображения для защиты документов с использованием эффекта муара. / Мария Назаркевич, Иванна Дронюк, Оксана Троян // Wspolczesne problemy bezpieczenstwa i marketingu. Marketing : [monogr. nauk.] / Wyzsza szkola zarzadzania marketingowego i jez. obcych w Katowicach ; pod red. nauk. A. Limanskiego, Katowice – 2015. – С. 215-226.
11. Пат. України на корисну модель 06221 України, МПК(2006) G 06 К 15/22. Спосіб захисту друкованих та електронних документів / І. М. Дронюк, М.А.Назаркевич, О. А. Троян, Л. В. Легкий; заявник і патентовласник Національний університет «Львівська політехніка».–№ а201406221; заявл. 05.06.2014; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16.– 4с.
12. Troyan O. A Analysis of threats falsification of printed documents / O. Troyan, M. Korobchynskiy, O. Didyk // Proceedings of the 2016 IEEE 1st International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP – 2016. С. 248 - 253.

13. Nazarkevych M. A. Data protection based on encryption using Ateb-functions / M. Nazarkevych, R. Oliarnyk, O. Troyan, H. Nazarkevych // Proceedings of the 11-th International Scientific and Technical Conference «Computer Science and Information Technologies» (CSIT 2016), Lviv. – 2016. – P. 30 – 32.
14. Назаркевич М. А. Захист цінних паперів на основі нових методів захисту інформації / М. А. Назаркевич, О. А. Троян // Мат.V-ої міжнародної науково-технічної конференції «Захист інформації і безпека інформаційних систем» – Львів. – 2016. – С. 150-151.
15. Troyan O. A. Development system of protection electronic document to ensure the integrity and confidentiality of information // Materials of the XIIIth International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics. – Поляна. – 2015. – С.376–378.
16. Medykovskyy M Methods of protection document formed from latent element located by fractals / M. Medykovskyy, P. Lipinski, O. Troyan, M. Nazarkevych // Proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference «Computer Science and Information Technologies» (CSIT 2015) Lviv. – 2015. – P. 70–73.
17. Троян О. А. Розроблення вільного програмного забезпечення для захисту документів на основі латентних муарових елементів // Матеріали п'ятої міжнародної конференції FOSS Lviv. – Львів. – 2015. – С. 91-92.
18. Дронюк І. М. Метод створення мультимедійних документів, захищених елементами на основі ефекту «муар» / І. М. Дронюк, М. А. Назаркевич, О.А.Троян // Мат.XIV-ої міжнародного наукового семінару «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті».–Київ-Світязь.–2015.– С.207-209.
19. Дронюк І. М. Метод захисту латентними елементами на основі ефекту муару/ І. М. Дронюк, М. А. Назаркевич, О. А. Троян // Мат.IV-ої міжнародної науково-технічної конференції «Захист інформації і безпека інформаційних систем». – Львів. – 2015. – С. 179-180.
20. Троян О. А. Спосіб захисту друкованих документів на основі латентних елементів за допомогою ефекту муару // Всеукраїнська конференція «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» АСІТ-2015. – Тернопіль. – 2015. – С.180-182.
21. Троян О. А. Спосіб захисту документів на основі латентних елементів побудованих за допомогою фракталів // Міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерні технології та інформаційна безпека». – Кіровоград. – 2015. – С. 31-32.
22. Назаркевич М. А. Розроблення вільного програмного забезпечення для захисту друкованих документів мікрографікою / М. А. Назаркевич, О.А.Троян // Матеріали четвертої міжнародної конференції FOSS Lviv – Львів. – 2014. – С.132-134.
23. Troyan O. Analysis and development of latent elements as a method to protected documents / O. A. Troyan, T. Yu. Tomashchuk // Proceedings of the 9-th International Scientific and Technical Conference «Computer Science and Information Technologies» (CSIT 2014) Lviv. – 2014. – P. 91- 92.

24. Троян О. А. Метод формування гільйошних елементів для задач захисту графічних зображень // Всеукраїнська конференція «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» АСІТ-2014.–Тернопіль.–2014. – С.222-223.
25. Троян О. А. Аналіз латентних елементів на основі теорії Атеб-функцій // Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Інформаційні технології, економіка та право: стан та перспективи розвитку». – Чернівці. – 2014. – С. 34-35.
26. Назаркевич М. А. Розроблення програмного забезпечення для захисту друкованих документів / М. А. Назаркевич, О. А. Троян // Матеріали ІV науково-технічної конференції ITSEC. – Київ. – 2014. – С. 33-34.
27. Троян О. А. Аналіз біометричних видів захисту інформації / О. А.Троян , М. А.Назаркевич, З. Я.Шпак , І. І.Клюйник // матеріали Міжнародної науково-практична конференція «Сучасні наукові підходи до стабільного економічного розвитку та економічної безпеки». – Чернігів. –2014. – С. 45-47.
28. Troyan O. A. Development protection software document based on the engraving / O. A. Troyan , N. T. Terlecka, R Oliyarnik. // Global scientific unity 2014. – Prague, Czech Republic. – 2014. – С. 146-152.
29. Назаркевич М. А. Технологія графічного способу захисту документів на основі гравюр // М. А. Назаркевич, О. А. Троян // III-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології». – Одеса. – 2014 – С.175-178.
30. Назаркевич М. А. Аналіз сучасних методів та програмних ужитків з графічним захистом друкованих документів / М. А. Назаркевич, О. А. Троян // Технічні вісті: 2013/1 (37), 2 (38). – С. 42-44.
31. Nasarkevych M. A. Analysis of software protection and development of methods of latency in printed documents/ М. А.Nasarkevych, О. А. Troyan // Proceedings of the 8-th International Scientific and Technical Conference «Computer Science and Information Technologies» (CSIT 2013) Lviv. – 2013. – P. 120-121.

АНОТАЦІЇ

Троян О. А. Інформаційна технологія розроблення та ідентифікації латентних зображень. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2019.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню важливого наукового завдання – підвищення рівня захищеності друкованих документів завдяки використанню латентних елементів в інформаційній технології, яка включає методи формування тонкої графіки, фрактальних елементів, муару.

Здійснено аналіз проблем сучасного стану захищеності документів за рахунок чого виявлено потребу розроблення нових методів та засобів графічних елементів та створення на їх основі ефективних спеціалізованих засобів захисту. Розроблено методи та засоби формування латентних зображень для контролю та виявлення спотворень у документах. Здійснено побудову тонкої графіки на основі локальних викривлень ліній захисної сітки, зміни товщини ліній, заповнення контуру та поділу ліній. Для підвищення рівня захищеності друкованих документів в роботі запропоновано використання фрактальних сіток створених у векторному форматі. Розроблено моделі графічних пасток на основі муару, які стають видимими при копіюванні за рахунок налипання та зміщення ліній в зображеннях, що забезпечує створення захищеного документу високої якості із врахуванням умов друкування на етапі формування документу до друку.

Вперше розроблено інформаційну технологію, яка включає методи формування тонкої графіки, фрактальних та латентних елементів, муару чим забезпечується підвищення ідентифікації оригінальності документів. Ідентифікацію реалізовано методом попиксельного порівняння оригіналу та копій. До інформаційних характеристик друкованого документу належать оптична густина, % растрової крапки, рівномірність нанесення фарби, розтиснення, трепінг, які вимірювались спеціальним устаткуванням на оригіналах та копіях і з них виведені критеріальні ознаки порогових характеристик. На основі вимірних значень встановлено похибки для оригіналів та фальсифікованих документів. Здійснено ідентифікацію для запобігання порушення цілісності та попередження фальсифікації документів.

Ключові слова: інформаційна технологія, тонка графіка, фрактальні захищені елементи, латентні елементи, муароутворення, захист документів, фальсифікація.

Троян О.А. Информационная технология разработки и идентификации латентных изображений. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - информационные технологии. - Национальный университет «Львовская Политехника» Министерства образования и науки Украины, Львов, 2019.

Диссертация посвящена решению важного научного задания повышения уровня защищенности печатных документов благодаря использованию латентных элементов в информационной технологии, включая методы формирования тонкой графики, фрактальных элементов, муара.

Осуществлен анализ проблем современного состояния защищенности документов за счет чего выявлено потребность разработки новых методов и средств графических элементов и создание на их основе эффективных специализированных средств защиты. Разработаны методы и средства формирования латентных изображений для контроля и выявления искажений в документах. Осуществлено построение тонкой графики на основе локальных искажений линий защитной сетки, изменения толщины линий, заполнение контура и разделения линий. Для

повышения уровня защищенности печатных документов в работе предложено использование фрактальных сеток созданных в векторном формате. Разработаны модели графических ловушек на основе муара, которые становятся видимыми при копировании за счет налипания и смещение линий в изображениях, обеспечивает создание защищенного документа высокого качества с учетом условий печатания на этапе формирования документа в печать.

Впервые разработана информационная технология, которая включает методы формирования тонкой графики, фрактальных и латентных элементов, муара чем обеспечивается повышение идентификации подлинности документов. Осуществлена идентификация для предотвращения нарушения целостности и предупреждения фальсификации документов. К информационным характеристикам печатного документа относятся оптическая плотность, % растровой точки, равномерность нанесения краски, разжатия, треппинг, которые измерялись специальным оборудованием на оригиналах и копиях и из них выведены критериальные пороговые характеристики. На основе измеренных значений установлено критерии для оригиналов и фальсификатов. Идентификация реализована методом попиксельного сравнения оригинала и копий.

Ключевые слова: информационная технология, тонкая графика, фрактальные защитные элементы, латентные элементы, создание муара, защита документов, фальсификация.

О.А. Troyan. Information technology development and identification of latent images. – Manuscript copyright.

The thesis for the Scholarly Degree of Doctor of Philosophy, in specialty 05.13.06 – Information Technologies. Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2019.

This thesis aims to solve an important scientific problem — to ensure the level of security of the printed documents, using the latent elements through the development of the information technology, which includes the methods for forming these elements and establishing their reliability.

The analysis of problems of the current document security state has been analyzed, which has revealed the need for the development of new methods and tools of graphic elements and the creation of effective specialized means of protection on their basis. The identification has been made to prevent violation of integrity and prevent document falsification. The methods and means of forming the latent images for controlling and detecting any distortions in documents have been developed. The construction of fine graphics based on the local distortions of the protective grid lines, changes in the thickness of the lines, contour filling and line separation has been carried out. In order to increase the level of the printed documents security, the use of fractal grids created in a vector format have been proposed. The models of image-based traps based on moire have been developed. The models become visible when copying by sticking and displacing lines in images, which ensures the creation of a high-quality secure document with consideration of conditions at the stage of forming a document for printing.

For the first time, information technology which includes methods for the formation of fine graphics, fractal and latent elements, the moire has been developed. The technology provides an increase in the identification of document originality. The identification has implemented the method of pixel comparisons of an original document and its copies. The methods of fine graphics formation, the formation of fractal protected elements, the creation of latent elements, the creation of moire for protection of documents against falsification have been developed in the dissertation.

The method for identifying a document for two numerical rational parameters of a line have been developed. The method allows reducing the amount of initial conditions input for determining the originality of the document and provides the reduction in the processing time of information. Moreover, the methodology of establishing document authenticity is implemented by constructing a generalized criterion. This criterion is based on the data obtained while using the measuring equipment of documents by the method of comparison with the standards.

The obtained methods give the opportunity to predict and identify falsification. The improvement of the information technology, which includes the methods for forming fine graphics, fractal elements, creating latent elements, forming moire, increased the effectiveness of detection areas of falsification. The use of new ways has increased the security and prevented interference with the document. The information characteristics of the printed document include optical density, raster point %, uniformity of ink application, compression, trapping, which were measured by special equipment on the originals and copies, and the criterion signs of threshold characteristics were deduced from them. The errors for originals and forged documents have been established based on the measured values. The developed methods provided practical recommendations regarding the provision of the appropriate level of printed documents identification and, have improved the reliability of the document which based on the analytical dependence of the original and a copy of the spectrophotometer removed by the indicators.

Keywords: information technology, thin graphics, fractal protected elements, latent elements, moire, document protection, falsification.

Підписано до друку 28.10.2019 р.
Формат 60×90/16. Папір офсетний.
Друк цифровий. Гарнітура Times New
Умов. друк. арк. 0,89
Тираж 120 прим.

Видавництво Тараса Сороки
79026, м. Львів, вул. Володимира Великого, 2
Свідоцтво державного реєстру: серія ЛВ №17

Надруковано:
ФОП Сорока Т.Б.