

DOI: [10.28925/2663-4023.2019.3.2741](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2019.3.2741)

УДК 004.056.5: 655.25

**Назаркевич Марія Андріївна**

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій видавничої справи  
Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна  
OrcID 0000-0002-6528-9867  
[mar.nazarkevych@gmail.com](mailto:mar.nazarkevych@gmail.com)

**Возний Ярослав Васильович**

аспірант

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна  
OrcID 0000-0002-5481-9973  
[voznyuy@outlook.com](mailto:voznyuy@outlook.com)

## МЕТОД ЗАХИСТУ МАТЕРІАЛЬНИХ НОСІВ ІНФОРМАЦІЇ ЛАТЕНТНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

**Анотація.** Розроблено метод захисту латентних елементів для друкованих документів на стадії додрукарської підготовки із подальшим виведенням друкарських форм та відбитків. Обґрунтовано вибір мінімальної товщини ліній для офсетного способу друку. Досліджено вимірювання відносного розміру растрової крапки, оптичного світлорозтиснення при друці на різних паперах за формулою Шеберстова–Мюррея–Девіса. Проведено дослідження властивостей п'ятнадцяти зрізів паперів, які використовуються при друці та показано їх денситометричні показники, які впливають на якість друку. Проведено порівняння тонких ліній при друці офсетом та офісною технікою, яка використовує спосіб друку електрофотографії. Розроблено цифрові захисні латентні елементи. Розроблено графічний спосіб захисту друкованих документів шляхом створення прихованих зображень при виборі високої роздільної здатності ліній. Метод захисту полягає в тому, що для захисних елементів формують зміщення частини ліній растра на половину величини кроку ліній растра. Вдосконалено захист латентними елементами шляхом накладання фрактальних сіток, що дає можливість створення графічних пасток. Досліджено друк розроблених захисних елементів на зрізах паперу. Захисні елементи надруковано на машині офсетного друку Гейдельберг. Із відбитків зроблено копії, які порівняно з оригіналами, використовуючи метод піксельного порівняння співвідношення сигналу до шуму, результати порівняння оригіналів між собою, оригіналів та їх копій представлені в даній праці. Проведено експериментальні дослідження на основі методу повного піксельного порівняння (PSNR) оригіналу захисного елемента надрукованого на офсетній машині з оригіналом, та оригіналу з його копією. На основі досліджень встановлено достовірність документів. Також порівняно оригінали документів між собою.

**Ключові слова:** захисний елемент; латентні елементи; друк; графічний захист

### 1. ВСТУП

На основі аналізу сучасних засобів захисту документів виявлено, що найбільш перспективними щодо практичної реалізації графічних засобів захисту є технології створення латентних елементів [1].

У даному методі латентні елементи формуються на етапі додрукарської підготовки документів. Будують графічні елементи, які містять приховану інформацію, що може бути відтворена тільки при застосуванні відомих розробнику спеціалізованих програмних засобів. Латентні зображення – велика група зображень, що мають одну спільну властивість – зміну видимості елементів зображення у разі зміни умов

спостереження. Для їх створення застосовують цілий ряд складних і точних процесів, зокрема, побудову деяких елементів в прихованих зображеннях. Залежно від кута освітлення можна спостерігати різні орнаменти, кольори і зображення. Комплексна структура і безмежні можливості використання латентних елементів утворюють надійний захист від підробок. Латентні зображення можна створювати різними способами: за допомогою засобів голографії, з використанням явища поляризації, із застосуванням спеціальних фарб і покриттів. Існує спосіб створення латентних елементів на етапі додрукарської підготовки при формуванні графічного захисту. Одним з видів графічного способу захисту друкованих документів є побудова прихованих зображень на основі вибору високої роздільної здатності ліній.

## 2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Створення нових латентних елементів, які би підвищували захищеність друкованих документів шляхом розроблення нових графічних елементів на етапі додрукарської підготовки шляхом візуального та вимірювального контролю сфальсифікованих захисних елементів. Вважаємо оригіналами такі відбитки, які надруковані офсетним способом друку, а копіями - відтворення електрографічним способом. При спостереженні копії документа виникає муар, який виявляється через латентність друкованих елементів.

Розробці нових графічних захисних елементів, які би при копіюванні виявляли підробку присвячене дане дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багато робіт присвячено розробці захисних друкарських елементів. На етапі додрукарських процесів присвячені роботи [2], на етапі друку [3, 4] післядрукарські процеси [5]. У дисертаційній роботі [6] досліджено технологічний процес забезпечення якості банкнотних відбитків. Актуальність теми зумовлена високими вимогами до збереження якості банкнот в обігу. Для цього необхідно забезпечити стійкість паперу та поліграфічного оформлення, а також збереження захисних елементів при перебуванні банкнотних відбитків в обігу, але у цій праці нема досліджень розроблення захисних елементів.

У [7] розроблено новий метод захисту даних, в основу якого покладено безпеку друку. В загальному випадку цей метод може бути застосований для безпеки фінансових документів, таких як банкноти та цінні папери. Метод захисту створює приховані повідомлення чи зображення, котрі стають видимими на підроблених документах. Проте факту виявлення підроблень у документах не досліджується у даній статті.

У [8] розроблено розрахунок комплексного показника захисту ідентифікаційних документів, створені пріоритети захисних елементів, які запропоновано цілеспрямовано досліджувати в пунктах пропуску через державний кордон.

**Мета статті.** Метою статті є розроблення методу захисту матеріальних носіїв інформації латентними елементами та дослідження їх захищеності.

## 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТОВЩИНИ ЛІНІЙ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Проведено аналіз обґрунтування мінімальної товщини штрихів[9], який може відтворювати традиційний офсетний спосіб друку та офісна техніка, яка працює на основі друку електрофотографії, та друкує копії. Якість друкованої продукції

визначається оптичною щільністю, чіткістю відтворення, рівномірністю розподілення фарби на відбитку [10] та розтисненням, які можна визначити за допомогою спектрофотометра. Оптична густина  $D$  [11] визначається логарифмом зворотної величини відбивання і описується:

$$D = \lg \frac{1}{R} \quad (1)$$

де  $R$  – відбивання, визначене відношенням світлового потоку, відбитого поверхнею, до світлового потоку, відбитого чистою білою поверхнею.

Під час перенесення фарби з друкарського апарата на аркуш відбувається її розтискування – збільшення площі друкарських елементів, яке обчислюється за формулою Шеберстова-Мюррея-Девіса [12]:

$$\Delta S = \frac{1-10^{-D_p}}{1-10^{-D_{pl}}}, \quad (2)$$

де  $D_p$  – оптична густина растрового поля;  $D_{pl}$  – оптична густина плашки.

Проте під час вимірювання відносного розміру растрової крапки на деяких матеріалах, необхідно враховувати оптичне світлорозтиснення, тому в формулу Шеберстова-Мюррея-Девіса вводиться коректувальний коефіцієнт Юла-Нільсена [12]:

$$\Delta S = \frac{1-10^{-D_p/N}}{1-10^{-D_{pl}/N}}, \quad (3)$$

де  $N$  – коефіцієнт світлорозсіювання Юла-Нільсена, який змінюється від 1 до 4. Формула Юла-Нільсена показує, що чим якісніший папір, тим менше фарби проникає всередину, тому меншим є фарборозтиснення. Проте чим більша лініатура растра, тим ближче розташовані штрихи і тим гіршим є розмиття.

Одержані за результатами спектрофотометричних вимірювань  $D_p$ ,  $S$ , відносний розмір растрової крапки наведено у табл. 1.

#### 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗІРЦІВ ПАПЕРУ

Проведено експерименти на таких 15-ти взірцях паперу [13]:

1. CANSON калька Tracing Paper, 90g, Франція. Напівпрозора калька на основі целюлози і синтетичних смол. Рекомендується для виведення оригінал-макетів документів на лазерному принтері, а також використовується у поліграфії для офсетного друку, лакування, конгреву і ламінування.

2. Папір фірми 4CC з шовковими волокнами. Високоякісний сорт паперу для цифрового друку документів виробництва фінської компанії Stora Enso. Даний сорт паперу виробляється у таких видах: каландрований, некрейдований папір 4CC; високоглянцевий 4CC, мистецький і папір 4CC шовковий з шовковим матовим покриттям. Усі види паперів випускаються із щільністю від 90 до 270 г/м<sup>2</sup>. Папір типу 4CC відрізняється гладкою поверхнею.

3. Папір фірми 4CC каландрований. Високоглянсовий папір двостороннього крейдування 4CC спеціально розроблений для друку високохудожніх зображень. За своїми параметрами папір має оптимальну комбінацію високої пухкості, непрозорості і гладкості, що досягається за допомогою певної технології виготовлення паперу та



крейдування. Це також забезпечує виняткову стабільність характеристик даного типу паперу. 4СС шовковий папір є папером з двостороннім матовим крейдованим покриттям.

4. Sirio pearl oyster shell. Для друку на папері Sirio Pearl можна застосовувати всі основні способи друку: високий, офсетний, термодрук і трафаретний.

5. Самоклеяка Optima. Самоклеюча етикетка (самоклеяка) Optima- папір для струменевих і лазерних принтерів, а також копіювальних апаратів. Папір шорсткий із щільністю 70 г/м<sup>2</sup>. ЗРОБИЛА ОДНИМ РЕЧЕННЯМ. Спеціальний термостійкий клей папір-основа забезпечує коректне і безперебійне проходження у різних друкуючих пристроях.

7. Folia 300 г Fotokarton. Папір Fotokarton ТМ Folia (Німеччина) щільністю 300 гр/м<sup>2</sup>, - це двосторонній, гладкий, матовий повноколірний щільний картон високої якості.

8. Папір картковий російський тиснений 200 г/м акварель. Папір картковий тиснений застосовується для офсетного, трафаретного друку, безкольорового тиснення і тиснення фольгою. Цей вид паперу добре надається різанню, фальцюванню, проклеюванню, а також характеризується високими показниками білизни.

9. Калька 200 г/м<sup>2</sup> Canson. Є різновидом прозорого паперу. Калька для копіювання креслення тушшю і для отримання світлокопій – це каландрований папір МОЖЕ ОБ'ЄДНАТИ?. Ефект прозорості досягається застосуванням дрібно подрібленої целюлози із різними смолами. Матова калька для електрографічних пристроїв використовується для виведення на лазерних принтерах поліграфічних оригінал-макетів, з яких згодом методом копіювання отримують друкарські форми.

10. Fedrigoni constellation jade riccio. Білий некрейдований папір і картони з різноманітними одно- і двосторонніми тисненнями і високими показниками міцності. Цей папір можна використовувати при друці офсетним, лазерним та струменевим способом друку.

11. Constellation ivory / snow. Виробник: Fedrigoni. Паморозь. Білий та бежевий некрейдований папір з різноманітними одно- і двосторонніми тисненнями і високими показниками міцності виробляються з вибіленої целюлози.

12. Папір двостороннього крейдування Art-Tech Gold East Paper (Китай). Матовий крейдований папір Art-Tech виробництва Gold East Paper (Jiangsu) має голубувато-білий відтінок з високим ступенем білизни. У матовому виконанні блиск поверхні не перевищує 35%. Володіє високою міцністю та має відмінні друкарські властивості. Папір характеризується низьким вмістом вуглецю та є екологічно чистим.

13. Stardream peridot. Дизайнерський картон Stardream peridot щільністю 120-285 г/м<sup>2</sup>. Колір дизайнерського картону - сірий-зелений, фактура гладка металізована.

14. Canon Plus Glossy II PP-201. Глянсовий покращений фотопапір компанії Canon — ідеальний вибір для глянцевого друку найвищої якості. Переваги цієї марки паперу: ультраглянсова поверхня, друк фотографій найвищої якості, реалістичне відтворення фарб і насиченість чорного.

15. Star Dream Moon Stoo. Тонований папір з перламутровим і металізованим покриттям. Щільність паперу 285 г/м<sup>2</sup> дає можливість використовувати його для виробництва листівок, папок, обкладинок, пакетів та іншої упаковки [14].

Для даних взірців паперу виміряно денситометричні показники оптичної густини растрового поля,  $D_p$ , процент розтиснення растрової крапки, відносний розмір растрової крапки,  $S$ . Результати приведені в табл. 1 [15].

Таблиця 1

**Результати денситометричних показників**

№	Взірець паперу	Оптична густина растрового поля, $D_p$	Розтиснення друкувальних елементів, S	Відносний розмір растрової крапки
1	CANSON калька Tracing Paper	0.77	88	80
2	4CC з шовковими волокнами	0.71	60	96
3	4CC каландрований	0.74	30	90
4	Sirio Pearl oyster shell	0.6	14	84
5	Самоклейка Optima	0.8	25	99
6	Самоклейка Optima	0.1	29	102
7	Folia 300 г Fotokarton	0.2	100	82
8	Папір картковий російський тиснений	0.2	33	98
9	Калька, Canson	0.16	100	99
10	Fedrigoni constellation jade riccio	0.32	47	87
11	Constellation ivory.	0.25	100	91,9
12	Папір двостороннього крейдування Art-Tech Gold	0.3	90	96
13	Stardream peridot	0.2	88	98
14	Canon Plus Glossy II PP-201	0.16	88	95
15	Star Dream Moon Stoo	0.15	77	100

Із результатів таблиці можна зауважити, що найбільше розтиснення друкувальних елементів є на взірці паперу № 7, 9, 11. А відносний розмір растрової крапки має найвищі показники у взірцях паперу № 2, 5, 6, 8, 9, 12. Із приведених даних випливає, що на взірці паперу № 9 не рекомендовано друкувати розроблені захисні елементи. Найбільш прийнятні до друку є взірці № 1,3,4, 10, у яких показники розтиснення друкувальних елементів S та відносний розмір растрової крапки є мінімальний. Із формул (2) і (3) можна обчислити оптичну густина плашки і таким чином отримати достовірні дані для побудови захисних елементів.

**5. ПОРІВНЯННЯ ЯКОСТІ ДРУКУ ТОНКИХ ЛІНІЙ, ЯКІ НАДРУКОВАНІ ОФСЕТОМ ТА ЕЛЕКТРОФОТОГРАФІЄЮ**

Розроблений далі метод побудови латентних елементів буде реалізовано з товщиною штрихів 40–90 мкм, які офсетна друкарська машина якісно продруковує [16].

Розглянемо формування зображень на копіях за допомогою офісної техніки, зокрема принтерів та ксероксів. Отримання копії досягається перенесенням заряджених частинок тонера на задруковуваний матеріал, тобто папір. Сформоване тонером зображення переноситься на папір і фіксується в результаті прилипання тонера до паперу під час нагрівання. Тонер складається з дрібних елементарних частинок середнього радіуса 0,1–0,2 мкм. Найтонші штрихи, які можуть утворитися на основі електрофотографії, – 40 мкм [11] (див рис. 1, крива – 1). Проте, аналізуючи утворення ширших штрихів, на отриманій копії чітко спостерігаємо крайовий ефект, котрий показаний на рис. 1 (крива 2). Із рисунку видно, прогаліни між штрихами не

утворюються, як між тонкими лініями, а утворюється впадина, що показано на заштрихованій ділянці [11].

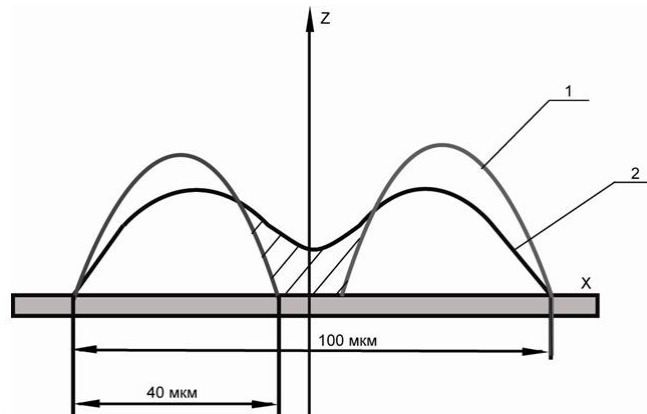


Рис. 1. Розподіл частинок тонера під час утворення копії на копіювальному апараті, де  $Z$  – кількість частинок тонера,  $X$  – (поточне значення) ширина штриха

Розроблений метод захисту ґрунтуватиметься на створенні дрібних штрихів, які добре друкує друкарська машина офсетного друку і які не може відтворити або ж відтворює з похибками копіювальний апарат. На рис. 1 (крива 2), показано відтворення штриха, ширина якого 100 мкм, з крайовим ефектом. В результаті на середині штриха осідає тонер і розщеплення штрихів не спостерігається. Тому латентні елементи важко відтворити на копіювальному апараті, оскільки мала товщина ліній і постійна зміна кривизни кожної лінії створює перешкоди для відтворення.

З проведеного аналізу можна зробити висновки, що для ефективного захисту латентного елемента товщина лінії повинна бути в межах від 40 до 90 мкм. Якщо товщина лінії більша за 90 мкм, копіювальна техніка відтворюватиме латентні елементи без спотворень і не забезпечуватиметься потрібний захист. А якщо товщина лінії менша за 40 мкм, офсетна машина не відтворюватиме лінії на вибраних взірцях паперу [16].

Після порівняння значень мінімальної відтворюваності штрихів перейдемо до розроблення методу захисту латентних елементів для друку.

## 6. РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ ЗАХИСНИХ ЛАТЕНТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Запропонована технологія формування латентних елементів ефективна при використанні високих лініатур більших ніж 200 lpi, і виведенні документу з роздільною здатністю 3000-4000 dpi. У такому випадку метод надійно захищає документ від копіювання. При спробі видрукувати копії не буде якісно відтворюватися растрова структура оригіналу. Також при накладанні шаблону не буде відтворюватись приховане зображення та спостерігатиметься муар. Структурну схему методу захисту наведено на рис. 2.

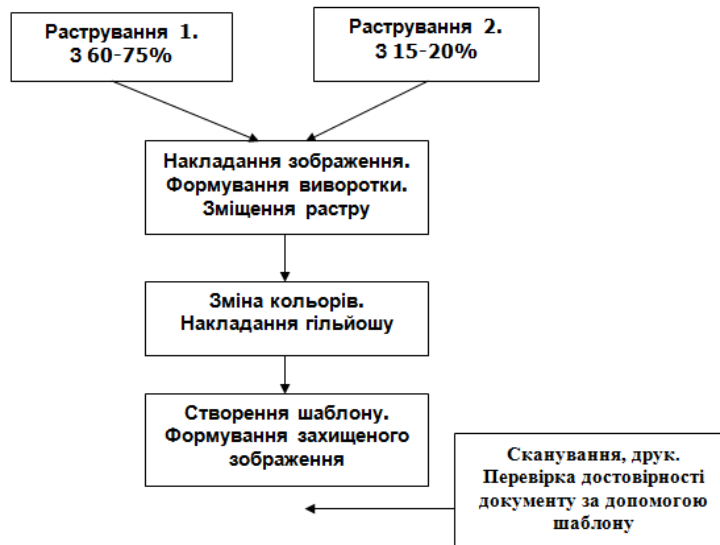


Рис.2. Структурна схема методу захисту

Основна ідея методу захисту полягає в тому, що для захисних елементів формують зміщення частини ліній растру на половину величини кроку ліній растру [17]

Захисний елемент (рис. 3) формують на основі двох рівномірних растрових полів, утворених лінійним растром з однаковою лініатурою і відносною площею растрових елементів. У першому растровому полі 60-70% градацій сірого для ліній растру і в другому растровому полі 15-20% градацій сірого співпадають за розміром з базовим гільйошним елементом із відображенням темних ділянок на першому растровому полі і світлих ділянок на другому растровому полі (рис. 4).

На сформовані таким чином растрові поля поміщають зображення майбутнього елементу захисту, який потім вирізають, а утворену область заповнюють тим самим растром зі зміщенням на половину кроку ліній растру. Далі здійснюють перефарбування базового елементу для створення маски. Для цього білі елементи залишаються білими, а темні елементи – прозорими. Поверх другого растрового поля формують маску для приховування інформації. Прихована інформація може бути перевірена за допомогою оригінального шаблону плівки-детектора. Тим самим забезпечується можливість перевірки достовірності документу.

Для створення елементу захисту на перше та друге растрові поля поміщають зображення прихованої інформації, наприклад, у вигляді напису, «Оригінал» (рис. 3,4).

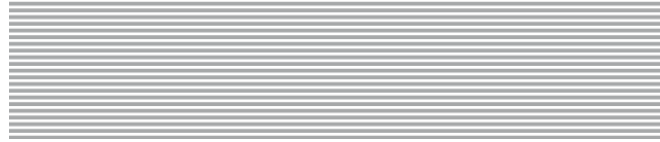


Рис.3. Прихований напис «Оригінал», що утворений зміщенням ліній растру, на першому растровому полі



Рис.4. Прихований напис «Оригінал», що утворений зміщенням ліній растру, на другому растровому полі

З метою перевірки достовірності документа для спостереження прихованого зображення на елементах захисту використовується шаблон (рис. 5), який містить сітку з лінійним растром частотою рівною лінійності растру прихованого зображення з відносною площею растрових елементів 40-45%.

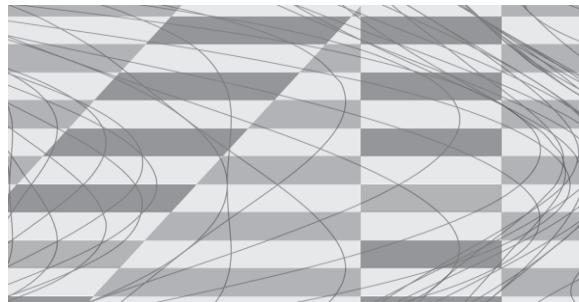


*Рис. 5. Шаблон з відносною площею растрових елементів 40-45%*

Створений захисний елемент показано на рис. 6, а його збільшений фрагмент на рис. 7. При порівнянні оригіналу документу з його копією, виникає різниця лінійності растру, тому при накладенні шаблону буде спостерігатися муар, а приховане зображення буде гірше читатися (аж до нерозбірливості при сильній різниці лінійностей).

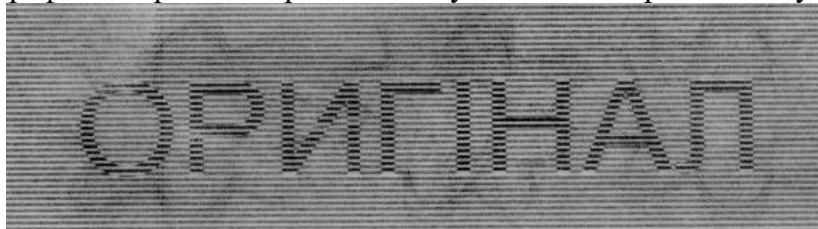


*Рис. 6. Створення захисного елемента*



*Рис. 7. Збільшений фрагмент елемента захисту*

На рис.8 показано сфальсифікований захисний елемент, де з оригіналу зроблена копія електрографією. При спостереженні документа спостерігається муар.



*Рис. 8. Ознаки фальсифікації, сильний муар*

Такий спосіб формування захисного елемента дає можливість перевірити оригінал таким чином: беремо шаблон, який надруковано на прозорій плівці, що показано на рис. 4 і накладаємо його на захисний елемент, який показано на рис. 5. Зміщуючи на пів кроку шаблон, спостерігаємо напис "Оригінал" світлим тоном, а



зміщуючи вниз – напис змінюється на темний. Причому зміна тону спостерігається чітко і є різкою. Якщо з оригінального документу зробити копію, то тонкі пробіли між лініями втрачать чіткі контури, як показано на рис. 1, оскільки заповнюються тонерним порошком. Таким чином спостерігати напис світлий-темний не доведеться. Це і продемонстровано на рис. 8. Такий вид захисту належить до візуальних і не потребує приладів, аби виявити копію.

Вибір товщини лінії доцільно вибирати із обчислених значень розтиснення друкувальних елементів та відносного розміру растрової крапки.

## 7. РОЗРОБКА КОМПЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ФРАКТАЛАМИ

Для підвищення захисту на захисний елемент накладаємо сітку з геометричних фракталів. У геометричних фракталів форма будується як послідовність певних геометричних операцій. Побудова таких фракталів починається з двох фігур – ініціатора та генератора. Останній є орієнтованою ламаною, що складається з  $N$  рівних відрізків довжиною  $g$ . Візьмемо за основу захисного елемента геометричний фрактал, названий фракталом Мінковського. Генератор складається з восьми рівних частин. Параметри фрактала Мінковського:  $N = 8$ ;  $r = 1/4$ ;  $D = 1,26$ .

Спосіб захисту полягає у тому, що у векторному форматі утворюють графічні елементи захисної сітки, які копіюють, розмножують та утворюють захисну сітку на основі фракталу за допомогою рекурсивної процедури. Фрактали будуються рекурсивною процедурою, де кожен одиничний графічний елемент є генератором, який задає величину захисного елемента. Величина захисного елемента будується мінімально можливою для відтворення в друкованому виді, а потім ініціатором заповнюється площа сітки.

Побудова сітки починається з задання параметрів фракталу. На основі створеного фракталу можна створити велику кількість варіантів фрактальних сіток, змінюючи масштаб, поворот, а також збільшуючи або зменшуючи кількість ітерацій. Фрактальні фонові сітки є складними для відтворення, адже при цьому необхідно використати алгоритм побудови вибраного типу фракталу. Документ, який підлягає захисту може містити текстову, графічну чи табличну інформацію, яку розмішуємо на верхній рівень. На нижньому рівні генерується фрактальна фонові сітка, з певними керованими параметрами, тобто з ступенем дроблення величини захисних елементів.

Будь-яке графічне наповнення документу складається з одиничних графічних елементів, величина яких задається параметрами фракталу та задаються параметри елементів. Товщина одиничних графічних елементів задається з мінімальними параметрами, які важко відтворити при копіюванні офісною технікою. Колір одиничних графічних елементів задається в світлій тонові гамі або з додаванням особливих фарб у процентному співвідношенні до основної фарби, що забезпечує надійність та ефективність захисту. Спосіб захисту документів використовує векторну технологію побудови сіток з використанням програмного коду, який повністю адаптований до виведення інформації на поліграфічній техніці, що дає можливість підвищити ефективність захисту, має функцію генерації файлу в pdf-файл.

## 8. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДРУКОВАНИХ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ РОЗРОБЛЕНОЇ ПРОГРАМИ

Авторами розроблено методику виявлення підробки комп'ютерними засобами на основі повного попиксельного порівняння оригінального зображення та його копії.

Експеримент проводився таким чином. Було розроблено захисний елемент зображення методом тонкої графіки. Цей елемент було виведено на машині офсетного друку Гейдельберг. Далі з плівок було надруковано відбитки на 15 взірцях паперу, денситометричні характеристики яких приведені в табл. 1. Із оригіналів відбитків було зроблено копії.

Оригінали та їх копії було оцифровано. Достовірність захисних елементів на друкованих документах встановлювалася шляхом порівняння усіх пікселів на оригіналі та копії, запропонованого в [18]. Результатом достовірності було значення коефіцієнта PSNR. Чим більше значення коефіцієнта – тим більше знайдено співпадінь пікселів, чим менше значення – тим більше два зображення відрізняються між собою. Достовірність захисних елементів встановлювалася методом повного попиксельного порівняння еталонного та контрольованого зображень на основі розробленої авторами програмного продукту [19]. Результати експериментів приведені в таблиці 2, 3. В експериментах аналізувалися оригінали та їх копії. Це можна пояснити тим, що оригінали та копії документів були надруковані на різних взірцях паперу, які мають різну білизну, щільність, білила, гладкість, фактуру. Відповідно і різна ступінь закріплення фарбового шару на оригіналі та копії.

Таблиця 2.

**Результати методу повного попиксельного порівняння (PSNR) оригіналу захисного елемента надрукованого на офсетній машині з оригіналом, та оригіналу з його копією**

Взірець паперу	PSNR Оригінал з оригіналом	PSNR Оригінал з копією
1	217.95	14.92
2	210.45	13.48
3	220.57	14.92
4	213.48	13.45
5	218.54	12.45
6	217.53	14.04
7	215.23	13.61
8	218.78	14.04
9	219.36	16.63
10	218.45	12.45
11	217.22	13.68
12	219.28	13.06
13	217.13	13.62
14	215.53	13.06
15	218.53	12.51

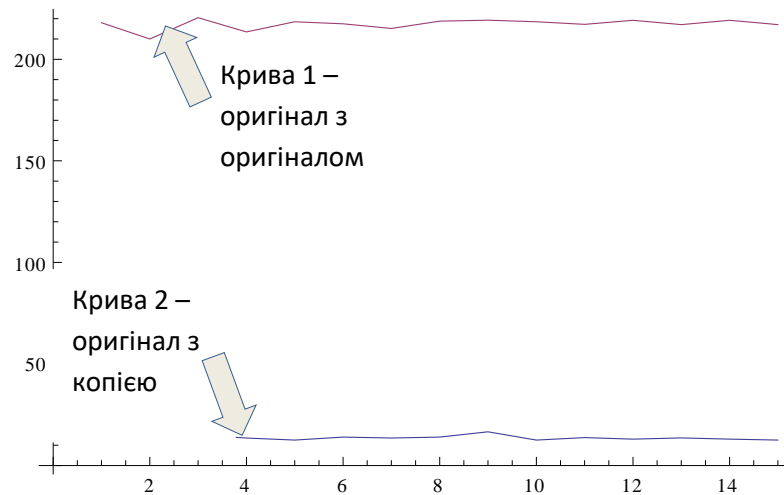


Рис. 9 Графічне представлення результатів методу повного попiксельного порiвняння (PSNR) оригіналу захисного елемента надрукованого на офсетній машині з оригіналом, та оригіналу з його копією. Тут вісь  $x$  – номери зiрцiв паперiв, якi описанi в таблиці 1, а вісь  $y$  – результат PSNR

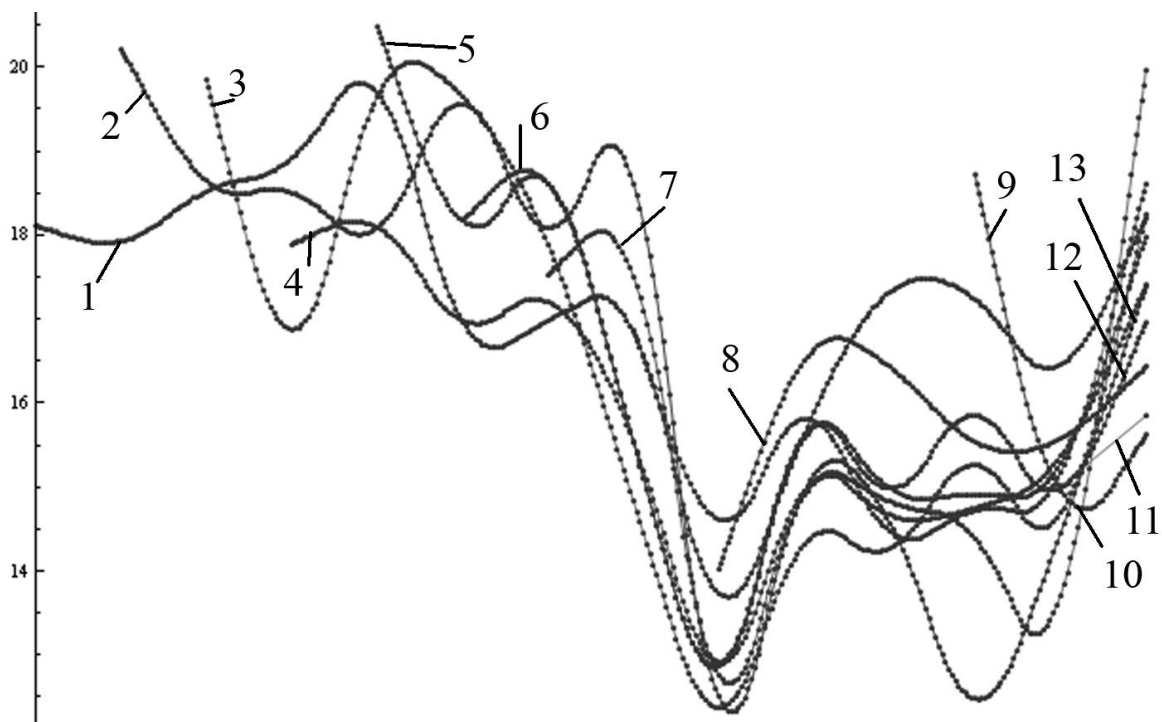


Рис.10. Графічне представлення порiвняння між собою результатiв PSNR оригіналiв друкованого документу на рiзних зiрцях паперу (таблиця 3) . Тут вісь  $x$  – номери зiрцiв паперiв, якi описанi в таблиці 1, а вісь  $y$  – результат PSNR

Таблиця 3

**Результати методу повного попиксельного порівняння оригіналу захисного елемента надрукованому на офсетній машині на різних взірцях паперу**

Порівняння оригіналу з оригіналом № → №	Результат порівняння, dB	Порівняння оригіналу з оригіналом № → №	Результат порівняння, dB	Порівняння оригіналу з оригіналом № → №	Результат порівняння, dB
1→2	18.11	3→12	14,27	7→9	17.50
1→3	17.93	3→13	15.26	7→10	12.76
1→4	18.52	3→14	14.69	7→11	14.90
1→5	18.92	3→15	18.25	7→12	14,67
1→6	19.69	4→5	17.89	7→13	14,75
1→7	16.97	4→6	18.09	7→14	15.37
1→8	16.98	4→7	16.98	7→15	17.40
1→9	16.84	4→8	17.20	8→9	16.88
1→10	13.74	4→9	15.54	8→10	14.62
1→11	15.63	4→10	12.92	8→11	15.81
1→12	17,32	4→11	14.95	8→12	16,48
1→13	17,23	4→12	14,83	8→13	14,72
1→14	16,46	4→13	14,38	8→14	15,18
1→15	18,21	4→14	13,71	8→15	18,61
2→3	20,21	4→15	19,96	9→10	14,03
2→4	18,65	5→6	20,49	9→11	16,50
2→5	18,50	5→7	18,17	9→12	16,43
2→6	18,09	5→8	18,61	9→13	15,54
2→7	19,56	5→9	15,54	9→14	15,58
2→8	18,09	5→10	12,89	9→15	16,43
2→9	18,61	5→11	15,62	10→11	12,55
2→10	12,50	5→12	14,99	10→12	12,43
2→11	14,95	5→13	15,85	10→13	19,56
2→12	14,57	5→14	14,99	10→14	12,32
2→13	12,48	5→15	16,97	10→15	15,99
2→14	14,45	6→7	18,17	11→12	15,27
2→15	17,39	6→8	18,61	11→13	19,75
3→4	19,85	6→9	15,54	11→14	14,86
3→5	16,88	6→10	12,87	11→15	14,74
3→6	19,65	6→11	15,58	12→13	18,71
3→7	19,65	6→12	14,99	12→14	14,96
3→8	17,89	6→13	14,91	12→15	15,62
3→9	14,83	6→14	15,28	13→14	15,01
3→10	12,38	6→15	17,98	13→15	15,85
3→11	14,31	7→8	17,53	14→15	14,61

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Побудовано латентні елементи на друкованих документах, які надруковано офсетом та копіювальною технікою. Досліджено вплив оптичної густини растрового поля, розтиснення друкувальних елементів, відносний розмір растрової крапки на якість при роздруці офсетом і електрографією. Досліджено показники якості друку латентних захисних елементів, які виконані офсетом та їх копіями на п'ятнадцяти взірцях паперу відомих брендів, які в даний час успішно реалізовані на ринку.



На основі алгоритму суміщення зображень оцифрованого оригіналу документу і його копії та піксельному порівнянні цих зображень реалізовано метод визначення достовірності друкованого документу. Критерієм порівняння вибрано, обчислений для всіх пікселів оригіналу та копії, коефіцієнт відношення сигналу до шуму PSNR. Результати порівняння представлені в даному дослідженні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A. A. Shevelev, "Creation of Latent Displays with use of Stochastic Raster Structures," *Technology and Printing Technician*, no. 1-2 (23-24), 2009, pp. 226–233.
- [2] M. A. Nazarkevych, I. M. Dronyuk, and O. A. Troian, "Method of Electronic and Printed Documents Protection on the basis of Moire Effect," *Актуальні проблеми економіки*, no. 5, pp. 382–394.
- [3] C. Sánchez, F. Verbakel, M. J. Escuti, C. W. M. Bastiaansen, and D. J. Broer, "Printing of Monolithic Polymeric Microstructures Using Reactive Mesogens," *Advanced Materials*, vol. 20, no. 1, pp. 74–78, Jan. 2008. DOI: 10.1002/adma.200700597.
- [4] K. T. P. Lim, H. Liu, Y. Liu, and J. K. W. Yang, "Holographic Colour Prints for Enhanced Optical Security by Combined Phase and Amplitude Control," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Jan. 2019. DOI: 10.1038/s41467-018-07808-4.
- [5] T. Blumenthal, J. Meruga, P. Stanley May, J. Kellar, W. Cross, K. Ankireddy, S. Vunnam, and Q. N. Luu, "Patterned Direct-Write and Screen-Printing of NIR-to-Visible Upconverting Inks for Security Applications," *Nanotechnology*, vol. 23, no. 18, pp. 185–305, Apr. 2012. DOI: 10.1088/0957-4484/23/18/185305.
- [6] Т. Ю. Киричок і П. П. Когут, «Комплексна оцінка показників зношування банкнот української гривні в умовах реального обігу», *Технологія і техніка друкарства*, №3, 2012, сс. 4–26.
- [7] М. А. Назаркевич. *Методи підвищення ефективності поліграфічного захисту засобами Атеб-функцій*. Львів, Львівська політехніка, 2011, 188 с.
- [8] О. В. Сойко, «Комплексний захист ідентифікаційних документів за принципом максимальної ефективності захисних елементів», *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Військові та технічні науки*, №4, 2015, сс. 224–235.
- [9] К. О. Чепурна і Ю. О. Стельмах, «Відтворення зображень ризографічним друком», *Технологія і техніка друкарства*, №2 (52), лип. 2016, сс. 30–40. DOI: 10.20535/2077-7264.2(52).2016.65158.
- [10] Б. Ковальський, Н. Занько і М. Шовгенюк, «Технологічні особливості визначення колірних характеристик друкарських фарб», *Комп'ютерні технології друкарства*, №32, 2014, сс. 117–127.
- [11] H. Kipphan, G. Loffler, G. Keller, and H. Ott, "Process and Apparatus for Controlling the Inking Process in a Printing Machine," U.S. Patent 5 182 721, Jan. 26, 1993.
- [12] C. Lampert, L. Mei, and T. Breuel, "Printing Technique Classification for Document Counterfeit Detection," in *2006 International Conference on Computational Intelligence and Security*, Nov. 2006, pp. 639-644. DOI: 10.1109/iccias.2006.294214.
- [13] М. Назаркевич і Є. Сидоренко, «Експериментальні дослідження друку із захисними елементами на видах паперу відомих брендів», *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Комп'ютерні науки та інформаційні технології*, №843, 2016, сс. 108–115.
- [14] D. Milčić, A. Vučina, and D. Donevski, "Integrating Industrial Ecology into the Print Production Processes," *DESIGN 2010 Proceedings*, 2010, pp. 1887–1890.
- [15] А. Харлан і О. Зоренко, «Дослідження якості репродукування електрофотографічною технологією», *Матеріали науково-практичного семінару «Сучасне репродукування: інжиніринг, моделювання, мульти- та кросмедійні технології»*, жовт. 2018, сс. 75–78.
- [16] Б. Р. Кушлик і О. І. Кушлик-Дивульська, «Принципи статистичного аналізу показників при аналізі якості відбитків плоского офсетного друку», *Технологія і техніка друкарства*, №1 (55), сс. 10–20, трав. 2017. DOI: 10.20535/2077-7264.1(55).2017.90686.
- [17] V. V. Gricik and M. A. Nazarkevich, "Mathematical Models Algorithms and Computation of Ateb-Functions," in *Dopovidi NAN Ukraini Seriji A*, 12, 2007, pp. 37–43.
- [18] M. Gschwandtner, S. Štolc, and A. Vrabl, "Active display attack on automated security document readers," in *International Conference Optical Document Security*, Jan. 2014.
- [19] M. Medykovsky, P. Lipinski, O. Troyan, and M. Nazarkevych, "Methods of Protection Document formed from Latent Element Located by Fractals," in *2015 X<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference "Computer Sciences and Information Technologies" (CSIT)*, Sep. 2015, pp. 70–72. DOI: 10.1109/stc-csit.2015.7325434.

**Nazarkevych Mariya**

Doctor of technical sciences, professor, professor of Department of Information Technology Publishing  
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
OrcID 0000-0002-6528-9867  
[mar.nazarkevych@gmail.com](mailto:mar.nazarkevych@gmail.com)

**Voznyi Yaroslav**

PhD student  
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
OrcID 0000-0002-5481-9973  
[voznyyy@outlook.com](mailto:voznyyy@outlook.com)

## METHOD OF PROTECTION OF MATERIAL INFORMATION CARRIED OUT BY LATENT ELEMENTS

**Abstract.** The method of protection of latent elements for the printed documents at the stage of preprint preparation with the further withdrawal of printing forms and prints is developed. The choice of the minimum thickness of lines for the offset printing method is substantiated. The measurements of the relative size of the raster point, optical light shrinkage when printed on different papers are studied using the Sheberstov-Murray-Davis formula. The study of the properties of fifteen paper models used for printing and their densitometric indices, which influence the quality of printing, are shown. The comparison of thin lines with offset printing and office equipment, which uses the method of printing an electrophotography, is carried out. Digital protective latent elements are developed. A graphical way of protecting printed documents is created by creating hidden images when choosing high resolution lines. The method of protection is that for the protective elements, the displacement of the part of the lines of the raster is formed by half the size of the step of the raster lines. Improved latent element protection by overlaying fractal nets, which makes it possible to create graphic traps. The printing of developed protective elements on paper models has been investigated. Protective items are printed on Heidelberg offset printing machine. From the prints there are made copies which, compared with the originals, using the method of pixel comparisons of the signal-to-noise ratio, the results of comparing the originals among themselves, the originals and their copies are presented in this paper. Experimental research was conducted on the basis of the Full Pixel Comparison (PSNR) method of the original of the protective element printed on the offset machine with the original, and the original with its copy. On the basis of researches the reliability of documents is established. Also compare the originals of documents among themselves.

**Keywords:** protective element; latent element; printing; graphic protect

## REFERENCES

- [1] A. A. Shevelev, "Creation of Latent Displays with use of Stochastic Raster Structures," *Technology and Printing Technician*, no. 1-2 (23-24), 2009, pp. 226–233.
- [2] M. A. Nazarkevych, I. M. Dronyuk, and O. A. Troian, "Method of Electronic and Printed Documents Protection on the basis of Moire Effect," *Aktual'ni problemy ekonomiky*, no. 5, pp. 382–394.
- [3] C. Sánchez, F. Verbakel, M. J. Escuti, C. W. M. Bastiaansen, and D. J. Broer, "Printing of Monolithic Polymeric Microstructures Using Reactive Mesogens," *Advanced Materials*, vol. 20, no. 1, pp. 74–78, Jan. 2008. DOI: 10.1002/adma.200700597.
- [4] K. T. P. Lim, H. Liu, Y. Liu, and J. K. W. Yang, "Holographic Colour Prints for Enhanced Optical Security by Combined Phase and Amplitude Control," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Jan. 2019. DOI: 10.1038/s41467-018-07808-4.
- [5] T. Blumenthal, J. Meruga, P. Stanley May, J. Kellar, W. Cross, K. Ankireddy, S. Vunnam, and Q. N. Luu, "Patterned Direct-Write and Screen-Printing of NIR-to-Visible Upconverting Inks for Security



- Applications,” *Nanotechnology*, vol. 23, no. 18, pp. 185–305, Apr. 2012. DOI: 10.1088/0957-4484/23/18/185305.
- [6] T. Yu. Kyrychok and P. P. Kohut, “Kompleksna Otsinka Pokaznykiv Znoshuvannya Banknot Ukrayins'koyi Hryvni v Umovakh Real'noho Obihu [Comprehensive Evaluation of Indicators of Wearing out of Ukrainian Hryvnia Banknotes in Real Circulation],” *Tekhnolohiya i Tekhnika Drukarstva*, no. 3, 2012, pp. 4–26. (In Ukrainian).
- [7] M. A. Nazarkevych. *Metody Pidvyshchennya Efektyvnosti Polihrafichnoho Zakhystu Zasobamy Ateb-Funksiy [Methods of Increasing the Efficiency of Printing by Means of Ateb-Functions]*. L'viv, L'vivs'ka politekhnik, 2011, p. 188. (In Ukrainian).
- [8] O. V. Soyko, “Kompleksnyy Zakhyst Identyfikatsiynykh Dokumentiv za Pryntsypom Maksymal'noyi Efektyvnosti Zakhysnykh Elementiv [Comprehensive Protection of Identification Documents on the Principle of Maximum Efficiency of Protective Elements],” *Zbirnyk Naukovykh Prats' Natsional'noyi Akademiyi Derzhavnoyi Prykordonnoyi Sluzhby Ukrayiny. Viys'kovi ta Tekhnichni nauky*, no. 4, 2015, pp. 224–235. (In Ukrainian).
- [9] K. O. Chepurna and Yu. O. Stel'makh, “Vidtvorennya Zobrazhen' Ryzohrafichnym Drukrom [Image Reproduction with Rhizograph Printing],” *Tekhnolohiya i Tekhnika Drukarstva*, no. 2 (52), Jul. 2016, pp. 30–40. DOI: 10.20535/2077-7264.2(52).2016.65158. (In Ukrainian).
- [10] B. Koval's'kyy, N. Zan'ko, and M. Shovhenyuk, “Tekhnolohichni Osoblyvosti Vyznachennya Kolirnykh Kharakterystyk Drukar's'kykh Farb [Technological Features of Determination of Color Characteristics of Printing Inks],” *Komp'yuterni Tekhnolohiyi Drukarstva*, no. 32, 2014, pp. 117–127. (In Ukrainian).
- [11] H. Kipphan, G. Loffler, G. Keller, and H. Ott, “Process and Apparatus for Controlling the Inking Process in a Printing Machine,” U.S. Patent 5 182 721, Jan. 26, 1993.
- [12] C. Lampert, L. Mei, and T. Breuel, “Printing Technique Classification for Document Counterfeit Detection,” in *2006 International Conference on Computational Intelligence and Security*, Nov. 2006, pp. 639–644. DOI: 10.1109/iccias.2006.294214.
- [13] M. Nazarkevych and Ye. Sydorenko, “Eksperymental'ni Doslidzhennya Druku iz Zakhysnymy Elementamy na Vydakh Paperu Vidomykh Brendiv [Experimental Studies of Printing with Protective Elements on Types of Papers of Well-Known Brands],” *Visnyk Natsional'noho Universytetu L'vivs'ka Politekhnik. Komp'yuterni Nauky ta Informatsiyi Tekhnolohiyi*, no. 843, 2016, pp. 108–115. (In Ukrainian).
- [14] D. Milčić, A. Vučina, and D. Donevski, “Integrating Industrial Ecology into the Print Production Processes,” *DESIGN 2010 Proceedings*, 2010, pp. 1887–1890.
- [15] A. Kharlan and O. Zorenko, “Doslidzhennya Yakosti Reprodukuvannya Elektrofotografichnoyu Tekhnolohiyeyu [Research of Quality of Reproduction by Electrophotographic Technology],” In *Materialy Naukovo-Praktychnoho Seminaru “Suchasne reprodukuvannya: inzhynirynh, modelyuvannya, mul'ty- ta Krosmediyni Tekhnolohiyi” [Materials of the Scientific and Practical Seminar “Modern Reproduction: Engineering, Modeling, Multi- and Cross-Media Technologies”]*, Nov. 2018, pp. 75–78. (In Ukrainian).
- [16] B. R. Kushlyk and O. I. Kushlyk-Dyvul's'ka, “Pryntsypy Statystychnoho Analizu Pokaznykiv pry Analizi Yakosti Vidbytkiv Ploskoho Ofsetnoho Druku [Principles of Statistical Analysis of Indicators when Analyzing the Quality of Prints of Flat Offset Printing],” *Tekhnolohiya i Tekhnika Drukarstva*, no. 1 (55), pp. 10–20, May 2017. DOI: 10.20535/2077-7264.1(55).2017.90686. (In Ukrainian).
- [17] V. V. Gricik and M. A. Nazarkevich, “Mathematical Models Algorithms and Computation of Ateb-Functions,” in *Dopovidi NAN Ukraini Seriji A*, 12, 2007, pp. 37–43.
- [18] M. Gschwandtner, S. Štolc, and A. Vrabl, “Active display attack on automated security document readers,” in *International Conference Optical Document Security*, Jan. 2014.
- [19] M. Medykovskyy, P. Lipinski, O. Troyan, and M. Nazarkevych, “Methods of Protection Document formed from Latent Element Located by Fractals,” in *2015 X<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT)*, Sep. 2015, pp. 70–72. DOI: 10.1109/stc-csit.2015.7325434.