

Publication 78–104, under NASA Contract No. NAS7-100, – February 15, 1979. – p. 1–93. 17. Winograd S., On computing the discrete Fourier transforms. / S. Winograd // *Mathematics of Computation*. – 1978. – Vol. 32. – p. 175–199. 18. Zohar S., Winograd's discrete Fourier transform algorithm. / *Two-dimensional Digital Signal Processing. Transforms and Median Filters*. Edited by T. S. Huang. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, – New York, 1981. – 222 p. 19. Prots'ko I., The generalized technique of computation the discrete harmonic transforms / I. Prots'ko // *Proceedings of the IV<sup>th</sup> International Conference (MEMSTECH'2008), Polyana, 21–24 may, 2008*. – p. 101–102. 20. Thomas W. Judson, *Abstract Algebra Theory and Applications*. / W. Judson Thomas // *Stephen F. Austin State University, February 14, 2009*. – 428 p. 21. Duhamel P., Implementation of “Split-Radix” FFT Algorithms for Complex, Real, and Real-Symmetric Data. / P. Duhamel // *IEEE Trans. on Acoustic, Speech, and Signal Processing*, – April 1986, – Vol. ASSP-34, No. 2, – p. 285–295.

УДК 531.36+534

С. Носенко, Р. Оліярник, М. Назаркевич

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра інформаційних технологій видавничої справи

## МЕТОД ПОБУДОВИ АНІМОВАНИХ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ДРУКОВАНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ВІДБИТКІВ

© Носенко С., Оліярник Р., Назаркевич М., 2017

Розроблено спосіб захисту друкованих відбитків створенням анімованих об'єктів. Метод захисту полягає в тому, що статичне зображення створюють з “анімацією”. Рух забезпечується за допомогою плівки, яка зміщується в горизонтальному напрямі. Розроблений метод можна використовувати як для електронних, так і для друкованих документів. Обґрунтовано вибір товщини лінії та прогалів для якісного відтворення засобами поліграфічної техніки.

**Key words:** image conversion, protection of printed documents, Hilbert curve.

The developed is the way of protection the printed impression by creating animated objects. The method of protection is a static image that created with “animation”. Movement is provided through the plastic sheet, which is displaced in a horizontal direction. The method can be used for both electronic and printed documents. The choice line thickness and gaps for high-quality playback means printing equipment.

**Key words:** перетворення зображень, захист друкованих документів, крива Гільберта.

### Вступ

Система захисту електронних та друкованих документів повинна забезпечити автентифікацію документів та службових повідомлень, що гарантує достовірність та цілісність у результаті неможливості підробки або викривлення документів у векторному вигляді. Доволі поширеною стала методика захисту з використанням електронного цифрового підпису (ЕЦП). Запропоновано інший підхід, який не потребує застосування ЕЦП, а охоплює графічні способи захисту електронної та друкованої інформації.

Сучасні методи захисту електронної та друкованої інформації передбачають використання різних елементів для захисту від підробок. Розрізняють чотири класи безпеки [1]. Якщо перевірити достовірність документа можна неозброєним оком, то такі типи захисту належать до першого класу безпеки. Для перевірки достовірності документа за другим рівнем безпеки існують допоміжні засоби: лупа, збільшувальне скло, ультрафіолетова лампа. До третього класу безпеки належать способи захисту, які дають змогу дослідити ідентичність документа лише за наявності спеціального обладнання чи спеціалізованих лабораторій. Існує четвертий клас безпеки, де захисти відомі лише розробникам, які їх випускають.

Захист від копіювання має на меті ефективне розпізнавання оригінальних документів і викриття підробок, тобто несанкціонованих копій. Документу надають таких властивостей, які втрачаються при відтворенні на копіювальному обладнанні. Важливо, щоб ці властивості не змінювалися в процесі використання документа та не могли повторюватися зловмисниками [2].

Ці завдання можна вирішити за допомогою так званих алгоритмічних методів захисту документів. В основу алгоритмічних методів покладено обчислювальні алгоритми обробки зображення та криптографії. Ці методи відрізняються від традиційних методів захисту, які ґрунтуються на неповторності процесу друку [3]. Об'єктом дослідження є алгоритмічні методи захисту від копіювання та методи розпізнавання захисного маркування на друкованих документах.

Одним зі способів захисту є наявність у документах оптичних ілюзій – помилок у зоровому сприйнятті, що викликаються неточністю або неадекватністю процесів зорового образу, зокрема неправильним оцінювання довжини відрізків, величини кутів або кольору зображеного об'єкта, ілюзії руху [4]. Оптичними ілюзіями займалися давно: математики Моріс Ешер [5], Оскар Реутерсвард [6]. Сзіро Георг [7], досліджуючи праці Августа Фердинанда Мебіуса, дійшли висновку, що топологія, теорія векторів і багатовимірної геометрії знайшли застосування в ілюзіях. Йоганн Бенедикт Лісінг [8] розвинув теорію топології. Значним є внесок у розвиток ілюзій художників Іштвана Ороса [9], Дэйна Юна [10]. Українські художники також займалися ілюзіями. Зокрема С. Щербина [11], досліджуючи праці художника О. І. Шупляка, дійшов висновку, що його “двовзори” (саме так називає художник свої картини з подвійним, а то й потрійним змістом) надихають на роздуми, відображають реальність і несуть певну інформацію, а ще й інтригують, примушуючи добре вдивлятися, щоб розгадати сенс намальованого. Відомий впливом ілюзій на людей і психіатр Акіш Кітаока [12].

У художніх зображеннях навмисне спотворення перспективи спричиняє особливі ефекти, найкраще відомі за роботами Моріса Ешера [5]. Ефект посилюється при нахилах, обертаннях, наближенні – віддаленні зображення, зокрема нерухоме зображення здається рухомим, при розгляданні однакових рухомих об'єктів можна побачити, що вони різного розміру, одне і те саме зображення може відтворювати обертовий об'єкт за годинниковою, проти годинникової або ж здійснювати коливальні рухи.

Захист полягає в тому, що створюють рухоме зображення за допомогою плівки, яка зміщується в горизонтальному напрямі. Передавання даних на основі оптичних ефектів практикують і в сучасних інформаційних технологіях. Сучасна розробка Snapchat дає можливість відтворення зображення, яке запрограмовано на самознищення через кілька секунд [13]. Або ж новинкою цього програмного забезпечення є те, що зображення не має можливості для збереження, отже, зробити скріншот екрана чи сфотографувати камерою не вдасться. Переконатися у достовірності зображення можна за допомогою оптичних ілюзій, коли під різними кутами зору щезає чи з'являється зображення.

Цю ідею захисту впровадили розробники утиліти Yovo, яка доступна для iPhone. Її суть полягає в тому, що зображення прикривається напівпрозорими вертикальними смугами. Їх може

активувати відправник, і в такому разі за спроби зробити скріншот чи сфотографувати екран будуть відображатися і вони, що робить знімок нечитабельним [14]. Однак при перегляді надісланого фото користувач не відчуватиме дискомфорту. Усе через те, що вертикальні смужки рухаються у горизонтальному напрямі з високою швидкістю. Завдяки цьому пробіли між ними зливаються в одне, і людський мозок сприймає надіслану інформацію без перешкод.

### Формулювання вимог

Насамперед до розроблюваної оптичної ілюзії варто сформулювати такі вимоги.

- Розроблюваний спосіб захисту складатиметься із двох частин: зображення із тонких ліній, яке наноситиметься на об'єкт, який підлягає захисту, та сітки із тонкими проміжками, яка слугуватиме ключем для перевірки оригінальності зображення.
- Без захисної сітки зображення повинне являти собою набір тонких ліній без чіткого контура.
- Лінії, з яких формується захисне зображення, повинні бути завширшки до 0,25 мм.
- При накладанні сітки на зображення контури повинні ставати чіткими, а лінії зображення і сітки – утворювати чітке зображення.
- Під час руху сітки зображення повинно рухатись.
- Захисне зображення повинне складатись із декількох кадрів, накладених один на одного зі зміщенням до 0,25 мм.

### Створення оптичної ілюзії

Оптична ілюзія складатиметься із двох елементів: захисного зображення та плівки із нанесеною сіткою. Розробляємо сітку, яка буде ключем для ідентифікації захисного зображення. Після цього розроблятиметься саме захисне зображення. Створити сітку у Adobe Photoshop можна двома способами: заливкою фону та покроковим копіюванням ліній.

Покрокова процедура створення сітки: намалювати рівну лінію завширшки 8 пікселів. Розмістити її з краю документа; за допомогою інструменту “Виділення прямокутної області” виділити лінію і білий простір біля неї такої самої товщини. Білий простір слугуватиме проміжками між лініями сітки. Наступним етапом є заливання фону. Далі рисуємо лінію завширшки 8 пікселів, розміщуємо її з краю документа, створюємо дублікат шару з лінією, утворюємо тонкий проміжок. Для перевірки вимірюємо проміжок. Ширина проміжка повинна становити 0–9 пікселів. Виділяємо обидва шари, створюємо дублікат, розміщуємо наступні дві лінії поряд. Продовжуємо копіювання і пересування ліній до утворення сітки на все полотно.

1. Виділити шари з лініями, натиснути праву кнопку миші і обрати пункт “Об’єднати шари”.

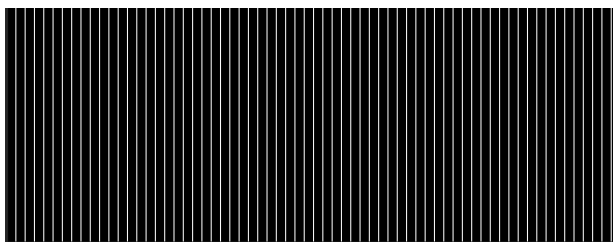


Рис. 1. Створена сітка

У результаті можна порівняти два описані методи створення сітки. Отже, перший метод потребує менше часу, а також немає ризику того, що відстані між лініями сітки будуть різними. Проте за такого створення сітки немає можливості задати ширину проміжку між лініями. Тому під час подальшого розроблення оптичної ілюзії використовуватиметься сітка, створена методом покрокового копіювання.

### Створення захисного зображення

Отже, ідея створення оптичної ілюзії для захисту поліграфічної продукції полягає в тому, що зображення буде рухатись під час накладання і руху сітки зверху. Як вхідне зображення взято кадри бігу кота (рис. 2). Зображення створюватиметься у декілька етапів: кадрування; інверсія; анімування. У результаті отримаємо зображення із тонких ліній завтовшки до 0,25 мм, які не можна буде скопіювати. Адже такі товщини для відтворення електрографічним способом (копіювання) є неприйнятні. Ще більшого ефекту захисту можна досягти, якщо вибирати не вертикальні лінії, а криві складної форми.

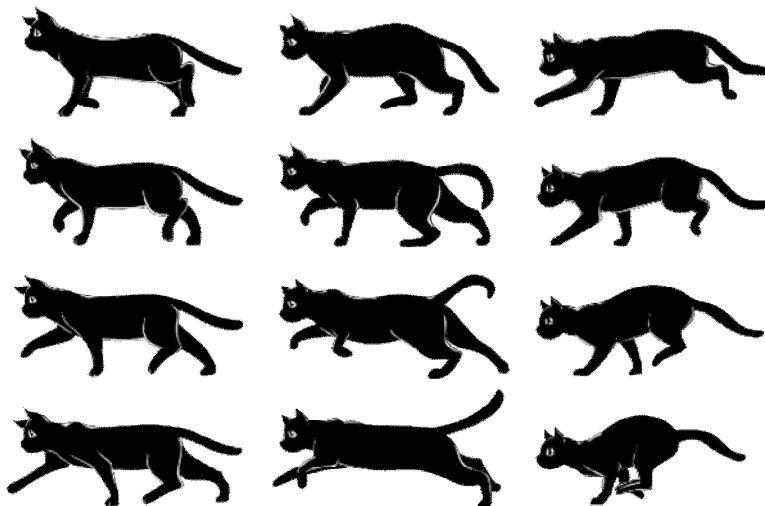


Рис. 2. Вхідні зображення

### Кадрування

Перший етап створення оптичної ілюзії – кадрування зображення. Кожен кадр руху зображення необхідно розмістити на окремому шарі. Повторити третій крок із іншими кадрами. В результаті буде отримано 9–12 шарів із кадрами. Кадрування завершено. Для зручності всі шари із кадрами помістити у одну папку.

### Інверсія

Кожен кадр зображення стає чітко видимим при розміщенні на ньому сітки. Отже, захисне зображення має утворюватись із тонких фрагментів, які розміщено між лініями сітки. Покрокова процедура інверсії зображень:

1. Зняти видимість із усіх кадрів. Залишити видимим перше зображення. Розмістити його по центру (див. рис. 3).

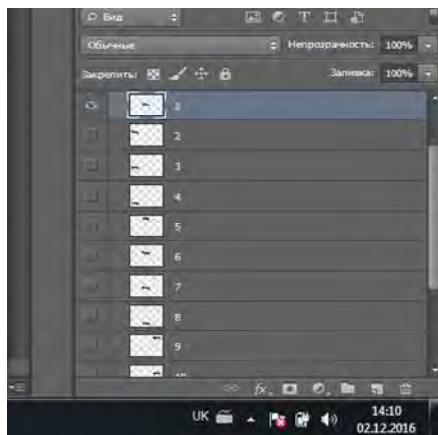


Рис. 3. Крок перший – розміщення першого кадру

2. Повторити перший крок із рештою зображень, почергово включаючи видимість кожного кадру (рис. 4).



Рис. 4. Крок другий – розміщення кадрів по центру

3. Залишити видимим перший кадр. Включити видимість сітки (рис. 5).

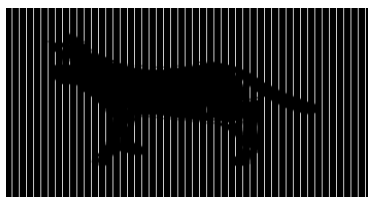


Рис. 5. Крок третій – видимий перший кадр та сітка

4. У панелі шарів виділити видимий кадр. Натиснути клавішу *Ctrl* та виділити шар із сіткою. В область виділення потрапить та частина зображення kota, що знаходиться під лініями сітки. Видалити виділену частину, натиснувши клавішу *Backspace* (див. рис. 6). Зняти область виділення комбінацією клавіш *Ctrl+D*. Зняти видимість з сітки.



Рис. 6. Крок четвертий – інверсія першого кадру

5. Зняти видимість з першого кадру. Зробити видимим наступний кадр. Включити видимість сітки (рис. 7). Повторити четвертий крок із кожним кадром.



Рис. 7. Крок п'ятий – інверсія всіх кадрів

У результаті виконання цього етапу розроблення захисної оптичної ілюзії буде одержано зображення, що складається із тонких ліній. Завершальним етапом створення ілюзії є її анімування.

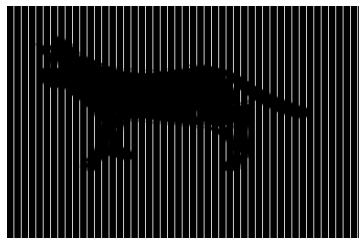
### **Розроблення анімації**

При кожному русі сітки в область видимості між лініями сітки повинен потрапляти окремий кадр зображення. Отже, необхідно розмістити кадри так, щоб на кожен крок сітки випадав інший кадр.

Для початку необхідно розрахувати кількість кадрів. Вхідне зображення складалось із 12 кадрів руху kota, тому є можливість обрати кадри, які формуватимуть плавний рух оптичної ілюзії. Проміжок між лініями дорівнює  $1/9$  лінії сітки. Це означає, що для створення анімації потрібно 9 кадрів, розміщений один біля одного зі зміщенням.

Покрокова процедура анімування зображення:

1. Зняти видимість із усіх кадрів, окрім першого. Перший кадр зображення залишається на місці. Увімкнути видимість сітки.



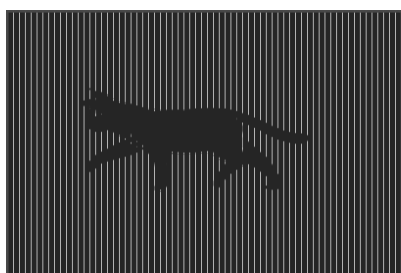
*Рис. 8. Крок перший – розміщення першого кадру*

2. Увімкнути видимість другого кадру. Змістити сітку вліво на один крок клавішею ←. Обидва кадри вийшли із зони видимості.
3. Перемістити другий кадр у зону видимості, натиснувши клавішу ←.
4. Увімкнути видимість третього кадру. Змістити на один крок сітку. Натискаючи клавішу ←, розмістити третій кадр у зоні видимості.
5. Зміщаючи сітку на один крок, аналогічно розмістити ще 6 кадрів. Вимкнути видимість сітки

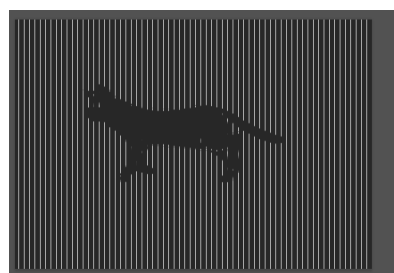


*Рис. 9. Результат виконання всіх етапів створення зображення*

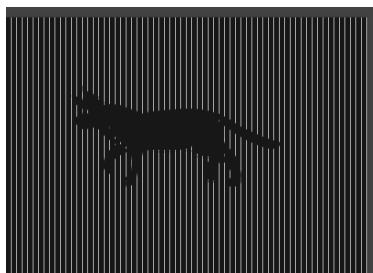
Отже, в результаті виконання усіх етапів створення зображення та сітки одержано захисну оптичну ілюзію, яка складається із тонких ліній завтовшки близько 0,24 мм. Копіювання таких тонких ліній неможливе, а це означає, що зображення захищене від копіювання. Також реалізовано ще один рівень захисту – перевірка на автентичність прикладанням сітки. Скопійоване зображення не матиме чіткості. При русі сітки оригінальне зображення плавно рухатиметься. Етапи руху зображено на рис. 10–18.



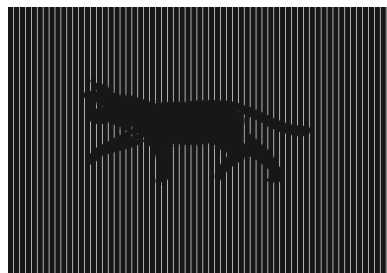
*Рис. 10. Перший кадр*



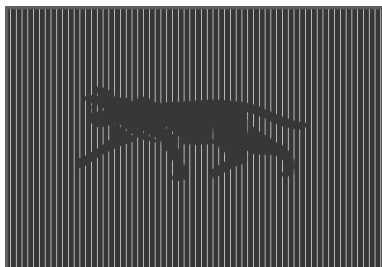
*Рис. 11. Другий кадр*



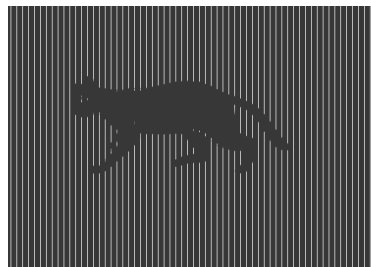
*Рис. 12. Третій кадр*



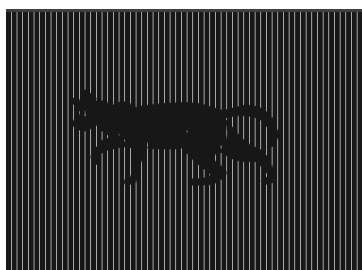
*Рис. 13. Четвертий кадр*



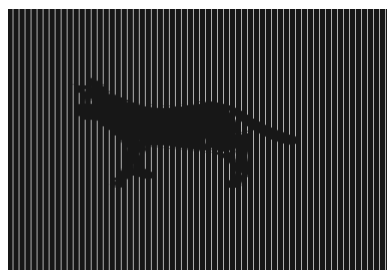
*Рис. 14. П'ятий кадр*



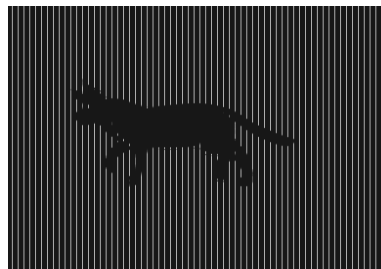
*Рис. 15. Шостий кадр*



*Рис. 16. Сьомий кадр*



*Рис. 17. Восьмий кадр*



*Рис. 18. Дев'ятий кадр*

### **Висновки**

Розроблено спосіб захисту друкованих відбитків створенням анімованих об'єктів. Розроблений метод можна використати як для електронних, так і для друкованих документів. Обґрунтовано вибір товщини лінії та прогалів для якісного відтворення засобами поліграфічної техніки. Тобто товщина лінії анімованого об'єкта для дев'яти кадрів становить за мінімальної товщини 0,25 мм, а товщина проміжку сітки – 2,25 мм. Виконання анімованого об'єкта потребує високої чіткості побудови. У майбутніх дослідженнях планується виконати анімовані об'єкти не вертикальними прямими, а кривими довільної форми. Також планується здійснювати анімацію не завдяки руху по вертикалі, а по колу; чи здійснити рух по довільній наперед заданій траєкторії. Можна здійснювати рух двох плівок з різною частотою решітки по об'єкту і отримувати візуальні ефекти анімації.

1. Киричок П. *Захист цінних паперів та документів сурового обліку* / П. О. Киричок, Ю. М. Коростиль. — К.: НТУУ "КПІ", 2008. — 368 с. 2. Киричок Т. Ю. *Тенденції досліджень та*

розробок у сфері захисту цінних паперів та документів суворого обліку / Т. Ю. Киричок, К. М. Безпала // *Технологія і техніка друкарства: збірник наукових праць*. – 2010. – Вип. 4(30). – С. 51–59. 3. Кошиин А. А. *Защита полиграфической продукции от фальсификации [текст]* / А. А. Кошиин. – М.: ООО “Синус”, 1999. – 157 с. 4. Сикл Э. *Оптические иллюзии [Текст]* / Э. Сикл. – М.: Астрель, 2004. – 165 с. 5. Escher M. C. *Visions of Symmetry* by D. Schattschneider, New York and London, 2004. 6. Oscar Reutersvärd. *Impossible coloring book*. New York. Perigee Books. 1982. 7. Szpiro George. *Poincaré’s Prize: The Hundred-Year Quest to Solve One of Math’s Greatest Puzzles*. Plume. p. 66. 2007. 8. J. B. Listing: *Vorstudien zur Topologie*. Gottinger Studien, 1. Abteilung math. und naturw. Abh. 1847. 9. István Orosz: *Vision of Design*. Index Books / Hesign, Berlin - Shanghai, 2007. 10. Dain Yoon *Korean makeup artist optical illusion*. Режим доступу: <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-3649757/Dain-Yoon-creates-visual-illusion-art-using-face-hands.html>. 11. Щербина С. *Вдивляється Тарас у душу України... (Шевченківська тематика у картинах-двовзорах Олега Шупляка)* / С. Щербина – 2014. – № 3. – С. 47–48. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ulvzsh\\_2014\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ulvzsh_2014_3_14) 12. Kitaoka, A. *New illusion polygons*. in Н. Hosoya and К. Miyazaki (Eds.), *Handbook of polygons*, Tokyo: Maruzen. 2015. 13. *Snapchat – приложения для общения*. Режим доступу: <http://snapchatfaq.com/chto-takoe-snapchat-obzor-prilozheniya>. 14. *Оптичні ілюзії захистять приватність повідомлень*. Режим доступу: <http://today.vodafone.ua/posts/optichni-ilyuziyi-zaxistyat-privatnist-povidomlen>.