

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ І МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ
СТВОРЕННЯ ГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ЦІННИХ
ПАПЕРІВ І ДОКУМЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
3D-ГОЛОГРАМИ**

Подаються підходи до графічних засобів захисту, етапи створення математичних моделей, а також 2D/3D-голограми як захист.

Ключові слова: захист цінних паперів, математична модель, 2D/3D-голограма, алгоритм.

The paper suggests the approaches to graphic facilities of protection, stages of design of mathematical models, as well as 2D/3D-holograms as protection.

Keywords: protection of securities, mathematical model, 2D/3D-hologram, algorithm.

1. ВСТУП

Історія боротьби з підробками налічує вже багато століть. У колекціях музеїв світу можна побачити виготовлені ще в Древній Греції фальшиві монети. Захист від підробок – одна зі сторінок одвічної боротьби добра і зла. Особливо значного поширення цей процес набув у сьогоденні. Окрім того, що він приносить значні збитки окремим виробникам продукції, ще й починає загрожувати цілим галузям і навіть економічній безпеці держав.

Сучасні інформаційні технології продовжують розвиватися. Отож можливості обладнання, за допомогою якого найчастіше створюють фальсифіковану продукцію, а саме ксерокси, принтери та сканери, також удосконалюються. З кожним роком ксерокс використовує все більшу кількість кольорів, поліпшується якість друку принтерів, а сканери розпізнають елементи з усе більшою роздільною здатністю. Тому постійно виникає потреба у створенні нових інформаційних технологій захисту.

⁸Українська академія друкарства

2. ФОРМУЛЮВАННЯ МЕТИ ТА АКТУАЛЬНОСТІ

Мета роботи. Провести дослідження щодо використання голографічного захисту цінних паперів та застосування математичних моделей для реалізації захисних функцій.

Актуальність проблеми на сьогодні зумовлена тим, що сучасні поліграфічні і комп'ютерні технології стали загальнодоступними, і дають можливість легко копіювати зовнішній вигляд практично будь-якого документа. Навіть найскладніша поліграфія не може самостійно забезпечити належного рівня захисту від підробок. Усе це змушує шукати нових ефективних методів захисту від підробок. І такий метод було запропоновано науковцями. Він базується на використанні голографічних захисних елементів.

3. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Голографічні системи захисту базуються на відкриттях і досягненнях сучасної оптики і матеріалознавства. Голограма – це надскладні рельєфні мікроструктури розміром близько одного мікрона і глибиною рельєфу в частки мікрона. Світло, яке падає на такі структури, внаслідок явищ дифракції та інтерференції розкладається на спектр – ми спостерігаємо так званий райдужний ефект. Голограма [1–4] створює візуальне відчуття об'ємності зображення і є носієм багатомірного чи багатопланового зображення того чи іншого об'єкта, що докорінно відрізняється від традиційного двовимірного зображення того ж об'єкта на рисунку чи фотографії. Голографія зародилася в 50–60 р. минулого століття як спосіб створення об'ємних зображень на тонких матеріалах. Ця технологія дає змогу відтворювати не тільки кольорове зображення об'єкта, але і його просторову форму та розташування, створюється візуальне відчуття присутності об'єкта. Суть голографічного захисту полягає в тому, що при виготовленні голограм використовується ряд наукоємних технологій, відтворення яких потребує значних матеріальних затрат і наявності висококваліфікованих фахівців з різних областей науки і техніки. За оцінками зарубіжних спеціалістів, вартість підробки голограми становить десятки тисяч доларів США. Запис голографічної інформації відбувається під час лазерної інтерференційної зйомки. Ця технологія дає можливість отримувати голографічні елементи [3–8] з надзвичайно яскравим і чітким зображенням. Об'ємність, райдужна гра кольорів, та розмаїття оптичних ефектів визначають привабливість та впізнавання голографічної продукції. Цивілізований світ давно використовує голограми. Неймовірно, але такий надійний спосіб

захисту від підробок в Україні практично не застосовувався. Річ у тому, що технологія виготовлення кліше, з яких пізніше тиражують голограми – в цілому світі є ноу-хау і так просто не продається. Продається лише обладнання для тиражування. Власне таким застарілим обладнанням Україна і користувалася донедавна. Існує широкий спектр різних типів ГЗЕ (3D – об’ємне зображення, 2D/3D – декілька суміщених площин зображення, Dot-Matrix – цифрове зображення, комбіноване). Воно розробляє, виготовляє і поставляє індивідуальні та стандартні багатокольорові ГЗЕ. На них, для більшої ефективності захисту, можуть бути нанесені мікротексти (шрифт – менше 0,1 мм), гильошні або тангінні сітки, приховані зображення, цифрова наскрізна нумерація, фрактальні структури або селективна металізація. Залежно від мети застосування – голограми виготовляються у вигляді самоклеючих етикеток, фольги гарячого тиснення, або плівки для ламінування [4–9]. Голографічні захисні елементи використовуються для: захисту від підробки платіжних карт, бланків документів і цінних паперів. Застосовується фольга гарячого тиснення. До основних елементів захисту грошових знаків і цінних паперів, які технологічно реалізуються у процесі виготовлення паперу, належать: - водяні знаки – спеціальні помітні проти світла зображення, що формуються під час виготовлення паперу внаслідок різної товщини паперової маси. Можуть бути суцільними та локальними. Папір із суцільним водяним знаком використовують здебільшого для друкування малих номіналів грошей та виготовлення цінних паперів. Локальний водяний знак є невід’ємним атрибутом переважно купюр великих номіналів; - захисні стрічки – розміщені у товщі паперу темні смужки, які видно при розгляданні на світлі, а напис можна прочитати за допомогою збільшувального скла; - конфетіг – кольорові паперові чи синтетичні вклучення, розташовані в паперовій масі або на поверхні паперу; - видимі та невидимі захисні волокнини – хаотично розміщені в товщі та на поверхні паперу кольорові волокнини, помітні при звичайному світлі чи які флюоресціюють в ультрафіолетовому промінні; - просочення паперу хімічним розчином, що дає можливість апаратними методами визначати автентичність паперу.

Значно більший спектр елементів захисту використовують безпосередньо під час друкування банкнот і цінних паперів, серед них: - рельєфні елементи (високий чи глибокий друк) – елементи друку, що виступають над поверхнею паперу чи мають заглибини, шорсткість яких відчувається на дотик пучками пальців; - плоский друк – спосіб поліграфічного друку, за якого друкувальні елементи друкарської форми містяться в одній площині з проміжними, тому зображення,

отримані цим способом, перебувають в одній площині з папером; - неперервний друк – друк, за якого візерунок, розташований на протилежних кінцях однієї сторони банкноти або розташований по всій банкноті, утворює закінчений малюнок при сполученні країв банкноти; - райдужний (ірисовий) друк – поступовий перехід одного кольору захисної сітки (малюнків), виконаної суцільними лініями без розривів, в інший; - орловський друк – різкий перехід одного кольору в інший без розриву і зміщення ліній малюнку; - мікродрук (мікротекст) – дрібні лінії або текст, які не можна розрізнити неозброєним оком; - суміщені малюнки – малюнки, розміщені в одному місці на лицьовому та зворотному боках банкноти, всі елементи яких збігаються і доповнюють один одного під час розглядання на світлі; - мікроплекс – сформовані мікродруком штриховані зображення, які можна побачити при накладанні спеціального шаблона; - мультиплекс – створюване за спеціальною технологією зображення, що з'являється під час розгляду об'єкта за допомогою оптичного лінійного растра; - фарба «овіай» (оптично змінна) – спеціальна поліграфічна фарба, яка змінює колір зі зміною кута огляду, – використовується для друку окремих сюжетів; - мікровізерунок – візерунок, утворюваний близько розташованими концентричними або прямими лініями, що візуально сприймаються як рівномірний фон; - гільйоширний візерунок – візерунок-сітка з переплетених хвилястих тонких ліній, які, систематично повторюючись, сукупно утворюють орнаментальний мотив; - флуоресцентні захисні елементи – елементи, що в ультрафіолетовому промінні світяться певним кольором; - магнітні елементи – захисні елементи (зокрема, цифрові номери купюр), що мають магнітні властивості; - антисканерна сітка (муар) – розташовані під різними кутами тонкі лінії, які при копіюванні чи скануванні утворюють на копії муар (захисні сітки); - латентне (приховане, змінюване) зображення (кіп-ефект) – зображення, яке стає видимим при розгляданні його під певним кутом; - знак для людей із послабленим зором – рельєфний елемент, який відчувається на дотик пучками пальців (звичайно – цифра номіналу або умовна геометрична фігура); - інші елементи захисту.

Голографічні плівки, що використовуються здебільшого для захисту цінних паперів, є доповненням до тих елементів захисту, які реалізуються в процесі виготовлення банкнотного паперу та під час поліграфічного друкування бланків. Голографічний захист є надійним, проте не абсолютним. Навіть суто теоретично не може існувати абсолютного захисту. Адже все, що може зробити одна людина, може повторити й інша. Технічних меж удосконалення методів захисту паперових грошей та цінних паперів немає, проте є межі економічні:

вартість виготовлення грошей та цінних паперів немає перевищувати їх номіналу. Щодо фальсифікації, то вона доцільна лише тоді, коли вартість підробки не перевищує вартості самого оригіналу. Як відомо, паперові гроші витіснили металеві, оскільки перші були зручнішими для здійснення торговельних операцій. Сьогодні на зміну паперовим знакам та іншим цінним паперам приходять їх паперові замітники. Проте доти, доки паперові гроші та цінні папери в паперовій формі перебуватимуть в обігу, залишатиметься потреба розробляти і нові технології їх захисту. Удосконалення техніки захисту паперових грошей та цінних паперів останнім часом відбувається шляхом розробляння так званих прихованих знаків, які не надаються до візуального визначення, є таємницею емітента і виявляються лише діагностуванням купюри чи бланка цінного папера спеціальними детекторами. Крім того, використовують особливі способи захисту. Наприклад, на банкнотах Німеччини взірця 1989 р. серійний номер був побудований так, що остання цифра номера розраховувалася за всіма попередніми цифрами за особливою секретною формулою. Це давало емітентові ще одну змогу перевірити справжність банкнот. На сьогодні технічно найзахищенішими вважаються євро та паперові гроші США, Великобританії, Австралії, деяких інших країн. Нічим за рівнем захищеності не поступається кращим світовим валютам і українська грошова одиниця – гривня; це стосується і паперу (водянні знаки, захисні стрічки, захисні волокна), і поліграфічних елементів захисту (рельєфні елементи, суміщений малюнок, кодоване зображення, райдужний друк, антисканерна сітка, мікротекст, флюоресцентні елементи тощо).

2D/3D-Голограми. 2D/3D-голограми містять декілька площин зображення, які візуально розташовані одна за одною і створюють ефект тривимірності. 2D/3D-голограми найчастіше застосовуються для захисту товарів, документів і цінних паперів. Ці голограми об'єднують переваги голографії – вражаючу глибину, яскравість кольорів і класичні прийоми поліграфії – плоскі логотипи, мікротексти, гільйошні і тангірні сітки тощо. Кожен елемент – це окремий плоский графічний малюнок або фотографічне прозоре зображення. Наприклад, на передньому плані може бути зображено логотип компанії; на основному плані – сам продукт; на задньому плані – ландшафт. Поставимо всі три малюнки один за одним на відстані 5–8 мм. Така модель дає уявлення про багаторівневе зображення типової 2D/3D-голограми. Нахилиючи чи обертаючи таку голограму, можна побачити навіть зміну тіні, яку об'єкти кидають на глибші шари зображення. Зазвичай використовують дві або три такі площини.

Голографія і фотографії. Голографію можна краще зрозуміти за допомогою розгляду її відмінності від звичайної фотозйомки: – голограма являє собою запис інформації щодо світла, який вийшов з вихідної сцени як розсіяний у діапазоні напрямів, а не тільки в одному напрямі, як у фотографії. Це дозволяє сцена для перегляду з цілого ряду різних кутів;– фотографія може бути записана за допомогою звичайних джерел світла (сонячне світло або електричні освітлювальні) водночас як лазер, необхідний для запису голограми; – об'єктив потрібно для фотографії, щоб записати зображення, тоді як у голографії, світло від об'єкта розсіюється безпосередньо на носії запису; – голографічний запис потребує другого світлового променя (посилання світла) має бути спрямоване на носій запису; – фотографію можна розглядати в широкому діапазоні умов освітленості, водночас як голограми можна побачити тільки з дуже специфічними формами освітлення; – якщо фотографію розрізати навпіл, кожна частина показує половину сцени. Якщо голограму розділити навпіл, усю сцену все ще можна побачити в кожній частині. Це зумовлено тим, що кожна точка представляє тільки світло, розсіяне з однієї точки у сцені, *кожна точка* на голографічному записі містить інформацію про розсіяне світло від *кожної точки* у сцені; – фотографія є двовимірним поданням, яке може відтворювати тільки рудиментарний тривимірний ефект, тоді як відтворюється ряд перегляду голограми; – фотографії чітко накреслюють світлове поле вихідної сцени.

Фізика голографії. Спосіб отримання похідної голографічної реконструкції пояснюється нижче з погляду інтерференції і дифракції. Це трохи спрощено, щоб забезпечити розуміння того, як працює голографічний процес. Простим прикладом є металева пластина з щілинами на регулярній основі. Хвилі світла, що падає на решітку, розбиваються на кілька дифрагованих хвиль, спрямування яких визначається відстанню між ґратками і довжини хвилі світла. Відстань між інтерференційною картиною визначається кутом між двома хвилями, і від довжини хвилі світла. Так, якщо записаний візерунок з вихідною плоскою хвилі, то частина світла дифрагує в розбіжний пучок еквівалентної вихідної плоскої хвилі. Якщо падає плоска хвиля на кут, картина формується більш складна, але все ще діє як негативний об'єктив за умови, що висвітлюється під оригінальним кутом. Для запису голограми складного об'єкта, лазерний промінь першого розділено на два окремих пучка світла. Один промінь висвітлює об'єкт, який потім розсіює світло на носій запису. Другий (посилання) промінь висвітлює носій запису безпосередньо. Якщо голограма, висвітлена вихідним опорним пучком, кожна з окремих пластин зони реконструює об'єктні хвилі і індивідуальні хвильові фронти. Глядач

сприймає хвильовий фронт, що ідентичний до хвильового фронту розсіяного від об'єкта на носій запису. Це зображення відоме як "віртуальний" образ, що створюється, навіть якщо об'єкт більше не існує [1–5].

4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

Світлова хвиля однієї частоти моделюється U , яка являє собою електричне або магнітне поле у світловій хвилі. Амплітуда і фаза світла представлені абсолютною величиною і кутом комплексного числа. Об'єкт і опорна хвиля в будь-якій точці голографічної системи задаються U_O і U_R . Комбінований промінь задається $U_O + U_R$. Енергія об'єднана променем пропорційно квадрату величини комбінованих хвиль як:

$$|U_O + U_R|^2 = U_O U_R^* + |U_R|^2 + |U_O|^2 + U_O^* U_R \quad (1)$$

Якщо фотопластинка піддається впливу двох пучків, а потім розробляється його прозорість T , пропорційна світловій енергії, що падає на пластину і задається формулою

$$T = k U_O U_R^* + k |U_R|^2 + k |U_O|^2 + k U_O^* U_R \quad (2)$$

де k – постійна.

Коли розроблена пластина висвітлюється опорним променем, світло, що пройшло через пластину U_H дорівнює пропусканню T , помноженого на амплітуду опорного пучка U_R подаючи

$$U_H = T U_R = k U_O |U_R|^2 + k |U_R|^2 U_R + k |U_O|^2 U_R + k U_R^* U_R^2 \quad (3)$$

Звідси випливає, що U_H має чотири умови, кожна з яких подає світловий промінь, що виходить з голограми. Перший з них пропорційний U_O . Це відновлений об'єкт, який дозволяє глядачеві не "бачити" вихідного об'єкта навіть, якщо він більше не присутній у полі зору. Другий і третій промені є модифікованими версіями опорного пучка. Четвертий термін відомий як "об'єктний пучок кон'югату". Він має зворотну кривизну на сам об'єкт променя і формує зображення об'єкта в просторі за голографічної пластинки. Коли еталонний і об'єктний пучки падають на голографічні середовища під різними кутами, віртуальні, реальні та довідкові фронти все з'являються під різними кутами, що дає можливість відновити об'єкт, щоб чітко побачити.

З часів виникнення технологій друку тонка графіка стала однією з найпоширеніших видів захисту. Група захистів тонкої графіки ґрунтується на створенні тонких графічних елементів, сіток, розеток, віньєток, прихованих елементів і мікрографіки. Найпопулярнішим є графічний спосіб захисту від копіювання, адже навіть для найдосконалішої цифрової технології відтворення мікрографіки залишається недоступним. Труднощі відтворення пов'язані зі складною геометричною структурою і мінімально можливою товщиною ліній елементів тонкої графіки. Одним з найвідоміших видів тонкої графіки є гільйош. Цей вид захисту базується на нанесенні орнаменту у вигляді густої сітки хвилястих фігурних ліній, що переплітаються. Гільйош може бути як симетричним, так і асиметричним за дизайном. За чинними нормативами гільйошні елементи мають займати не менше, ніж 70 % площі цінних паперів, причому її значна частина повинна містити багатоколірні гільйошні композиції. Гільйошну композицію неможливо відтворити на копіювальному апараті, оскільки мала товщина (40–70 мкм) ліній і постійна зміна кривизни кожної лінії створює перешкоди для відтворення. Іншим способом захисту є нерапортні сітки, що створюють оригінальний малюнок, який важко скопіювати. Для відтворення такого зображення неможливо взяти його частину і розмножити за допомогою копіювання, так само як і неможливо відтворити його вручну, не маючи вихідних даних. Ця технологія дає змогу створювати не тільки прості малюнки з ліній та синусоїд, але й перетворювати повноцінні зображення, наприклад, фірмову символіку компанії. Ще одним видом графічного способу захисту поліграфічної продукції є мікрографіка. Вона базується на ефекті прихованого зображення на основі високої роздільної здатності ліній. Візуально мікрографіка сприймається як неперервна лінія, хоча складається зі знаків та символів, які можна побачити лише при значному збільшенні. Існує два підвиди цього способу захисту: NanoColor та LogoDot. Суть першого підвиду захисту полягає у застосуванні символів та знаків для побудови лінії, а другого – у використанні деякого вибраного зображення. Зі способів захисту поліграфічної продукції користується попитом технологія з використанням латентного зображення. Латентні зображення – велика група зображень, що мають одну спільну властивість – зміну видимості елементів зображення у разі зміни умов спостереження. Латентні зображення можна створювати різними способами: за допомогою засобів голографії, з використанням явища поляризації, із застосуванням спеціальних фарб і покриттів, внаслідок методу формування елементів зображення, що можна віднести до графічних засобів захисту. Існують спеціальні методи растрівання: імітація

гравюри, використання особливої форми растрової точки, растрування криволінійними лініями змінної товщини тощо. Вони забезпечують достатньо високий ступінь захисту. Проте, якщо стандартні способи растрування орієнтовані на максимально точне відтворення оригіналу, то завданням спеціальних способів є захист від копіювання, що завдає шкоди художній якості репродукції. Ця обставина здебільшого звужує сферу застосування спеціальних методів растрування. Упровадження прихованого вмісту в латентні зображення на стадії растрування характеризується відсутністю багатьох недоліків. Крім цього, завдяки малому розміру елементів сформованого зображення і прихованості факту присутності захисту забезпечується високий ступінь захисту. Спільним для більшості методів формування прихованих зображень є кодований характер вбудованої інформації. Інший спосіб захисту розроблено у 1980-х р. і названо Screenanglemodulation (SAM), тобто екранна кутова модуляція. За допомогою цього методу екранні точки замінюються мінімальними лініями. Ці лінії неправильно відтворюються під час сканування і друкуються зображення, яке створює повідомлення-попередження на копії. Збільшення відмінності між прихованим попередженням і фоновими елементами за допомогою маскування значно поліпшує антикопіювальні можливості. Цю методику запатентувала торгова марка ThermoSafe™. Фірма GuardSoft розробила спеціалізоване програмне забезпечення Cerberus. Вона ґрунтується на створенні подвійної лінії, що має антикопіювальний ефект, який досягається розщепленням лінії гільйошу на дві або більше. У результаті деякі частини гільйошного зображення складатимуться з подвійних ліній. Ширина кожної лінії буде меншою порівняно з початковою. Для розв'язку цього завдання побудуємо математичну модель, яка дасть можливість обирати найбільш прийнятний варіант ПЗ згідно з обраним критерієм. Формально модель можна подати у вигляді зображеному на рис. 1. У складній системі існує велика кількість критеріїв, не завжди погоджених між собою або суперечливих через різні властивості великої системи керування.

Спочатку потрібно визначитися з тим, що потрібно отримати в результаті: один єдиний варіант або безліч найкращих варіантів, тому що від цього залежатиме який критерій, векторний або скалярний потрібно застосовувати.



Рис. 1. Формальна модель

Оскільки результатом вибору буде один варіант ПЗ, то скористуємося скалярним критерієм, а саме інтегральним критерієм порівняння альтернатив [7–14].

Математичний апарат нашої моделі виглядає наступним чином.

Формулювання критеріальної постановки $K = \{k_1, \dots, k_m\}$.

На цьому етапі визначаємося з тим, до якого значення (мінімального чи максимального) має прагнути той або інший параметр, за яким здійснюється вибір.

Оскільки, всі параметри (характеристики) різної величини, то потрібно виконати нормування

$$k_{i,j} = (k_{i,j} - k_{i,j}^*) / (k_{i,j}^{**} - k_{i,j}^*), \quad (4)$$

де i – номер рядка в таблиці, j – номер стовпця,

$$k_{i,j}^* = \min k_{i,j} \in \{k_{i,j}\}, \quad k_{i,j}^{**} = \max k_{i,j} \in \{k_{i,j}\}.$$

Тепер слід визначити вагові коефіцієнти для визначення важливості параметра. Для визначення вагових коефіцієнтів потрібно обчислити суму ваг (ваги визначаються суб'єктивно) і розділити значення кожного з них на отриману суму

$$a_l = \lambda_l / \sum_{l=1}^M \lambda_l, \quad (5)$$

де λ_l – оцінка важливості l -го фактора, M – кількість показників ваги.

Згідно з обраним критерієм визначаються найважливіші

фактори, що виявляють вплив на результати вибору (складається перелік критеріїв). Критеріям привласнюються ваги залежно від їх важливості.

$$W' = \sum_{l=1}^M a_l k_l, \overline{l = 1, M} \quad (6)$$

Результатом вибору буде найбільше значення, яке обчислюється за формулою (6). Оскільки використовувався скалярний критерій, то найбільше значення має бути лише одне. Для зручності подано модель у вигляді алгоритму на рис. 2.

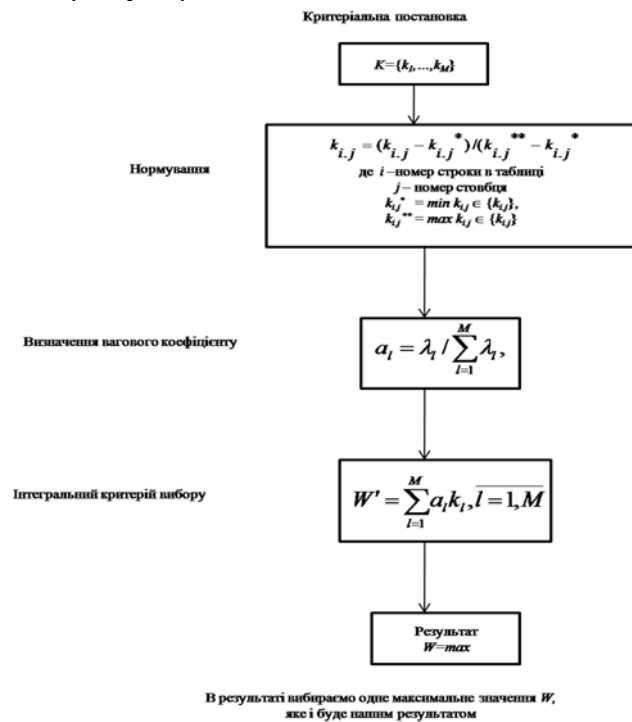


Рис. 2. Алгоритм роботи математичної моделі

Ця модель є стохастичною.

5. ВИСНОВКИ

Отже, проаналізовано методи захисту документів. Цей спосіб захисту можна використати для захисту цінних паперів.

1. Комар В.Г. Изобразительная голография и голографический кинематограф / В. Г. Комар, О. Б. Серов — М. : Искусство, 1987. 2. Кольер Р Оптическая голография / Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин — М. : Мир, 1973. — 686 с. 3. Колфилд Г. Оптическая голография /— М. : Мир, 1982. — Т. 1. 4. Колфилд Г. Оптическая голография / Г. Колфилд. М. : Мир, 1982. — Т. 2. 5. Тойберт П. Оценка точности результатов измерений / П. Тойберт — М. : Энергомиздат, 1988. 6. Ефимов М. В. Теоретические основы переработки информации в полиграфии : в 2-х кн. / М. В. Ефимов. — Кн. 2. — М. : МГУП, 2001. — 416 с. 7. Розміщення прямокутних графічних елементів в поліграфічному виробництві / [О. В. Баранов, Д. В. Грицай, І. В. Гребеннік и др.] // Бйоника интеллекта: научн.-техн. журнал. — 2010. — № 1 (72). — С. 29–32. 8. Киричок П. О. Захист цінних паперів та документів суворого обліку: моногр. / П. О. Киричок, Ю. М. Коростіль, А. В. Шевчук. — К. : НТУУ «КПІ», 2008. — 368 с. 9. Кошиш А. А. Защита полиграфической продукции от фальсификации/ А. А. Кошиш. — М. : ООО «Синус», 1999. — 157 с. 10. Киричок Т. Ю. Застосування друкованої електроніки для створення активних захисних елементів банкнот / Т. Ю. Киричок // Технологія і техніка друкарства. — 2012. — № 1. — С. 4–11. 11. Шевчук А. В. Теоретичні основи побудови інформаційних технологій захисту поліграфічної продукції спеціального призначення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.13.06 / А. В. Шевчук; Держ. ком. зв'язку та інформатизації України. — Львів, 2004. — 34 с. 12. Музика Д. В. Інформаційна технологія створення графічних засобів захисту документів з використанням стегаграфічних методів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.06 / Д. В. Музика; Укр. акад. друкарства. — Львів, 2010. — 20 с. 13. Назаркевич М. А. Методи підвищення ефективності поліграфічного захисту засобами Атеб-функцій: моногр. / М. А. Назаркевич; МОНМС України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів, 2011. — 186 с. 14. Пашкевич В. З. Інформаційна технологія формування графічних засобів захисту документів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.06 / В. З. Пашкевич; Укр. акад. друкарства. — Львів, 2010. — 20 с.