УДК 681.3.06

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ

В.П. Авраменко[1], В.П. Ткаченко[2], А.Д. Чібірєв[3]

[1, 2, 3] ХНУРЕ, м. Харків, Україна

Сформульовано прямі і зворотні задачі підвищення якості захисту текстової і графічної інформації. Розроблено і удосконалено методи та інструментальні засоби підвищення якості захисту інформації на основі застосування спеціалізованих фрактальних функцій.

ЗВОРОТНІ ЗАДАЧІ ЯКОСТІ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРАКТАЛІВ, ЯКІСТЬ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ, АЛГЕБРАЇЧНІ І ФРАКТАЛЬНІ ФУНКЦІЇ, РЕГУЛЯРИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ

Вступ

В сучасних умовах активізується і одночасно ускладнюється проблема захисту інформації, адже несанкціонований доступ, спотворення, копіювання, знищення інформації наносить шкоду не тільки процесам державного управління, але й інтересам фізичних осіб. Як наслідок, зростає відповідальність за ухвалення прийнятих рішень у ситуаціях, коли окремі похибки здатні призвести до тяжких наслідків у сфері економіки, фінансів, екології та інших сферах.

Проблему підвищення якості систем захисту інформації можна розглядати з точок зору економіки, науки і техніки, які обумовили бурхливий розвиток обчислювальної техніки, інформатики, мікроелектроніки, телекомунікації, тощо. Значний вклад у розвиток методів захисту інформації внесли такі вітчизняні і зарубіжні науковці: І.Д. Горбенко, А.А. Молдован, В.М. Рудницький, В.Ф. Шаньгін, Б. Шнайдер та інші.

В науковому напрямку захисту інформації на теперішній час існує низка проблем, вирішення яких має важливе загальнодержавне і науково-технічне значення. Однією з таких проблем вважається підвищення якості та ефективності захисту друкованої текстової і графічної інформації на основі використання спеціалізованих логічно-алгебраїчних та фрактальних функцій, а також оперативної обробки конфіденційної інформації.

Найважливішим методом захисту друкованої продукції від підробки вважається захист цінних паперів на стадії розробки дизайну і формування зображення із застосуванням тонких графічних елементів – сіток, розеток, віньєток, прихованих елементів, тощо. Такий метод захисту ґрунтується на складності відтворення і репродукції зображень, які пов'язані з геометричною структурою і мінімально можливою товщиною ліній [1].

Візуально порівнюючи підробки з оригіналом, вже при 5–10-кратному збільшенні можна побачити значні викривлення зображення – потовщення ліній, рвані лінії, нечіткість окремих елементів, подвоєння зображення, тощо. Для захисту бланків цінних паперів і документів строгої звітності застосовують такі графічні елементи, як спеціальні лінії растру, мікрографіка, регістрові елементи, приховані елементи, призматичний друк та інші.

1. Постановка задачі захисту інформації

Виконаний авторами аналіз стану проблеми підвищення якості захисту створюваної та виготовленої поліграфічної продукції [1] свідчить про те, що зазначена тема на сьогодні вважається важливою і актуальною, вона дозволяє підвищити якість захисту інформації на основі використання спеціалізованих алгебраїчних і фрактальних функцій.

Мета наукового дослідження полягає у тому, щоб розробити алгоритмічне і програмне забезпечення для створення логіко-алгебраїчних і фрактально-геометричних зображень, котрі зорієнтовані на захист поліграфічної продукції.

Для досягнення поставленої мети сформульовані і вирішуються такі *наукові завдання*:

– визначаються прямі і зворотні завдання моделювання захисту інформації;

– визначаються поняття і основні геометричні характеристики фракталів;

– розробляються системи ітерованих функцій для формування фракталів;

– здійснюється порівняння існуючих і досліджених методів захисту інформації на основі алгебраїчних функцій регулярних подій та фрактальних функцій;

– здійснюється апробація досліджених методів захисту інформації на прикладі фрактального стиснення зображень.

Цінні папери і документи суворого обліку, створені людиною або групою людей, завжди можуть бути повторені іншими. Проте проблема захисту таких документів не безнадійна, коли мати на увазі економічний і часовий чинники. Якщо зробити так, щоб підробка обходилася у декілька разів дорожче за оригінал або виробництво займало б багато часу, то здійснювати таку підробку втратить усякий сенс.

Принципи захисту друкованої продукції базуватися на таких чинниках [1]:

– собівартість захищеного друкованого продукту повинна бути мінімальною, особливо це сто-

сується етикеточної та пакувальної продукції, яка сама по собі йде в навантаження до упакованого продукту і збільшує його собівартість;

– ступінь захисту повинен бути узгодженим з вартістю продукту, що захищається.

Перевищений захист на рівні банківського сертифікату не виправдовує себе для горілчаної етикетки. І навпаки, спрощений захист, застосовний для етикетки, знецінить фінансовий документ і підштовхне шахраїв до підробок.

Існуючі натепер принципи захисту поліграфічної продукції поділяються на такі групи:

1. Захист на стадії дизайну за допомогою прийомів верстки і обробки зображень.

2. Технологічні способи друку (орловський, ірисовий друк та інші).

3. Захист за рахунок особливостей паперу, на якому здійснюється друк.

4. Захист за допомогою фарб або інших носіїв друкарської інформації.

5. Використання додаткових фінішних і обробних процедур після друку.

Для захисту цінних паперів на стадії створення оригінал-макету наразі найчастіше застосовують растрову і векторну графіку, а перспективними методами вважаються методи захисту інформації на основі використання алгебраїчних і фрактальних функцій.

2. Визначення та основні характеристики фракталів

Фрактал у вузькому сенсі являє собою складний геометричний об'єкт, який будується в результаті ітераційного циклу, причому окремі частини фрактала подібні за формою усьому фракталу. У широкому сенсі фрактал – це множина точок в евклідовому просторі, що має дробову метричну вимірність, або метричну вимірність, строго більшу від топологічної.

Серед поширених фракталів прийнято виділяти три основні групи [2–4]:

– *Алгебраїчні фрактали,* котрі створюються за допомогою нелінійних обчислювальних процесів в n-вимірних просторах. До цієї групи, зокрема, належить множина Мандельброта.

– *Геометричні фрактали***,** котрі у двовимірному випадку створюються за допомогою ламаної-генератора. За один крок алгоритму кожен із відрізків ламаної замінюється на ламану-генератор і таким чином у відповідному масштабі створюється геометричний фрактальних образ. До цієї групи фракталів відносяться тріадна крива Коха і дракон Хартера-Хейтуея.

– *Стохастичні фрактали*, котрі створюються ітераційним процесом з випадковими параметрами. Образи стохастичних фракталів дуже схожі на природні несиметричні дерева.

Фракталам притаманні такі характерні властивості:

– Побудова фрактала здійснюється за допомогою рекурсивної процедури.

– Форма отриманого зображення суттєво залежить від заданих параметрів.

– Самоподібність, тобто подібність частин фракталу до форми усього фракталу.

– Дробово-метрична вимірність або метрична вимірність, що перевершує топологічну.

– Складність фрактального зображення при його збільшенні не змінюється. Саме ця властивість використовується для захисту друкованої текстової і графічної інформації.

– Нетривіальність структури на всіх шкалах: якщо розглянути невеликий фрагмент регулярної фігури в дуже крупному масштабі, то він буде схожий на фрагмент прямої.

– Збільшення масштабу фракталу не веде до спрощення структури, на всіх шкалах можна побачити картину однакової складності.

Багато природних об'єктів володіють фрактальними властивостями – хмари, крона дерев, берегова лінія. Фрактали використовуються також в системах передачі даних для синтезу процедур стиснення і захисту інформації за різними критеріями (фрактальними функціями).

У геометричних фракталів форма описується як послідовність певних геометричних операцій. Наприклад крива Коха стає фракталом в результаті ітерацій, під час яких виконується ділення відрізка прямої на три частини. Далі кожний отриманий фрагмент знову ділиться на три частини і так далі. Поступово лінія стає подібною до сніжинки.

Деякі важливі властивості фракталів відкриваються при дослідженні ітерованих відображень. Дослідження починаються з вибору функції $y = f(x)$ і відшукуються значення послідовності функцій типу $f(x)$, $f(f(x))$, $f(f(f(x)))$, ... Прикладом можуть слугувати функції Бесселя для послідовності типу $\sin(x)$, $\sin(\sin(x))$, $\sin(\sin(\sin(x)))$ ... Дослідження поведінки коренів комплексної функції на комплексній площині виконані також Артуром Келі.

Термін *фрактал* вперше введено у 1975 році французьким математиком Бенуа Мандельбротом. Ключовою властивістю фрактала вважається самоподібність, котра полягає у тому, що частина структури подібна цілому. Звідси випливає, що фрактал являє собою об'єкт безкінечної складності, котрий дозволяє розглядати стільки ж своїх деталей зблизька, як і здалека.

За фрактал можна прийняти множину Мандельброта, для кожної точки якої треба виконати цикл ітерацій за формулою

$$z_{k+1} = z_k^2 + z_0,\ k = 0,\ 1,\ \ldots,\ n.$$

Величини z_k та z_0 – комплексні числа; $z_k = x_k + iy_k$, причому стартові значення x_0, y_0 – координати точки зображення. Для кожної точки зображення ітерації виконуються обмежену кількість разів (n) або до тих пір, доки модуль комплексного числа z_k не перевищує фіксоване значення 2. Цикл ітерацій для фрактала Мандельброта зазвичай вибирається у діапазоні $x = (-2{,}2;\ +1{,}0)$, $y = (-1{,}2;\ +1{,}2)$. Для отримання точок зображення у растрі необхідно перерахувати компоненти цього діапазону у піксельні координати.

В загальному випадку обчислювальна процедура перетворення задається таблицею модельних точок, а самі перетворення застосовуються спочатку до заданої базової фігури, а потім до чергової її частини. Таблиця модельних точок містить значення координат (x, y), де змінюються параметри прямої. Застосовуючи такі дії для побудови фракталів до замкнених кривих або фігур, отримують зображення типу «сніжинка», «зірочка», «листочок», тощо.

Зважаючи на те, що параметри фрактала можна вибирати за допомогою випадкових процесів, а також використовувати у сформованому зображенні кольори та напівтони, різноманітність форм, що задаються за допомогою фракталів, можна вважати нескінченною.

3. Системи ітерированих функцій для створення фракталів

Задачі дослідження операцій прийнято поділяти на прямі та зворотні [4, с. 25–26]. До прямих належать задачі, котрі відповідають на запитання: які кількісні та якісні показники матиме досліджуваний процес або створюваний об'єкт при заданих умовах функціонування?

Пряма задача моделювання фракталів полягає у тому, щоб автоматично виконати поставлену задачу і створити потрібне фрактальне зображення з заданими показниками якості. Для вирішення задачі підвищення якості захисту інформації слід побудувати математичну модель, яка дозволить оцінити показники ефективності (адекватності графічного зображення, вартості та інші) через задані умови і елементи рішення.

Зворотні задачі відповідають на запитання: як вибрати рішення для того, щоб сукупний показник ефективності виконуваної операції приймав найліпше значення? Розв'язувати прямі задачі, зазвичай, простіше за обернені, але це не стосується моделювання фракталів. Для розв'язування зворотної задачі перш за все слід вміти вирішувати пряму задачу.

Зупинимося докладніше на процедурах вирішення зворотних задач. Якщо кількість варіантів рішення невелика, то без зайвих труднощів можна обчислити сукупність локальних критеріїв і на основі їх порівняння знайти один або декілька оптимальних варіантів, для яких глобальна цільова функція досягає найліпшого значення. Такий спосіб знаходження оптимального рішення називається «простим перебором».

Коли кількість можливих варіантів локальних рішень велика, тоді пошук серед них найліпшого варіанту простим перебором часто практично неможливий. У таких випадках застосовуються методи «направленого перебору», котрі знаходять оптимальне рішення методом послідовних «спроб» або «наближень», з яких кожний подальший крок наближає нас до найліпшого багатокритеріального або багатоальтернативного рішення.

В математиці існує два таких різних об'єкта, як фрактали і хаос, котрі, з однієї сторони, ґрунтуються на різних основах [2, с. 6]: теорія фракталів опирається на геометрію і теорію вимірності, а теорія хаосу – на турбулентні динамічні системи, а з другої сторони, між їх властивостями існує певний взаємозв'язок. Термін «фрактал» відноситься до статичної геометричної конфігурації, такої як миттєвий знімок водоспаду. Термін «хаос» використовується для описання явищ, подібних до турбулентного поводження погоди.

Дослідники хаосу в минулому столітті виявили [4, с. 33], що хаотичні системи здатні створювати дивовижні зображення (вирішують прямі задачі моделювання фракталів), які були названі дивними аттракторами. Зокрема Майкл Барнслі першим висунув ідею (зворотну задачу), що можна генерувати наперед задане зображення як аттрактор хаотичного процесу.

Сутність зворотної задачі моделювання фракталів полягає у тому, щоб для заданого зображення побудувати хаотичну систему функціональних перетворювачів, для якої задане зображення буде дивними аттрактором. Запропоновану спеціальну систему відображень Барнслі назвав *системою ітерованих функцій* (Iterated Function System, IFS).

За допомогою IFS можна створювати реалістичні зображення природних об'єктів, таких як листя папороті, дерева; при цьому багаторазово використовуються перетворення, які переміщують, змінюють в розмірі і повертають частини зображень. В IFS використовується самоподібність, а фрактальні об'єкти моделюються як композиція сукупності найдрібніших копій самого себе. IFS-фрактали використовуються також для стиснення зображень.

4. Фрактальне стиснення текстових і графічних зображень

Фракталами з часовим порогом можна моделювати поведінку хаотичних динамічних розподілених систем (наприклад, стік річок), в яких невеликі зміни вхідних дій (наприклад, підвищення довколишньої температури або теплий дощ при розтаванні снігу) можуть обумовити великі зміни вихідних параметрів (наприклад, бурхлива повідь).

IFS-фрактали використовуються для стиснення зображень, а фрактальний метод дає кращі результати при багатократному стисненні, ніж метод JPEG та інші методи стиснення, з малими збитком якості зображення. Слід відзначити, що проблема стиснення зображень не вирішується повністю фрактальним стисненням, для цього також використовується й інші сучасні підходи.

Революція у стисненні зображень відбулася у зв'язку з виходом в 1977 році книги Мандельброта «Фрактальна геометрія природи». Процес фрактального стиснення зображень на основі системи ітерированих функцій передбачає виконання таких етапів [6, с. 217]:

1. Розділити ціле зображення на домени таким чином, щоб складові частини зображення не перекривалися. Набір доменів повинен перекривати все зображення повністю.

2. Задати набір рангових областей зображення. Рангові області можуть перекриватися. Вони не повинні обов'язково закривати всю поверхню зображення.

3. Виконати фрактальні перетворення. Для кожного домена підібрати таку рангову область, яка після афінного перетворення найточніше апроксимує домен. Таке перетворення не тільки стискає і деформує зображення рангової області, але й змінює яскравість і контраст.

4. Виконати стиснення і зберегти параметри афінного перетворення. Файл із стислим зображенням має дві частини: заголовок з інформацією про розташування доменів і рангових областей і ефективно упаковану таблицю коефіцієнтів афінних перетворень для кожного домена.

Етапи відновлення зображення такі [6, с. 218]:

1. Створити два зображення A і B однакового розміру, котрі можуть не бути рівними розміру початкового зображення. Початковий рисунок областей A і B не має значення.

2. Перетворити дані і перенести їх з області A в область B. Для цього слід спочатку розділити зображення B на домени так само, як це було зроблено на першій стадії процесу стиснення (розташування доменів описано в заголовку файлу). Для кожного домена області B виконати відповідне афінне перетворення рангових областей зображення A, яке описано коефіцієнтами із стислого файлу, і результат помістити в область B.

3. Перетворити дані з області B в область A. Цей крок ідентичний попередньому, тільки зображення B і A помінялися місцями, тобто тепер розділяється на блоки область A і на ці блоки відображаються рангові області зображення B.

4. Багаторазово повторити другий і третій кроки процедури відновлення даних до тих пір, поки зображення A і B не стануть нерозрізненими. Точність відповідності залежить від точності афінного перетворення, коефіцієнти якого обчислюються в процесі стиснення.

Алгоритми стиснення і відновлення інформації використовують цілочислову арифметику і методи зменшення накопичуваних помилок округлення. На відміну від поширених в даний час методів стиснення-відновлення графічних зображень, фрактальне перетворення асиметричне: процес відновлення не можна провести шляхом простої інверсії процедури стиснення. Стиснення вимагає набагато більшої кількості обчислень, ніж відновлення.

В результаті фрактального перетворення створюється набір цифр, який в дуже стислій формі описує зображення. Великий коефіцієнт стиснення прискорює передачу високоякісних зображень. При високому рівні розв'язувальної можливості початкового зображення фрактальне відображення набагато ефективніше з погляду зниження об'єму стислої інформації.

Зазначеним чином здійснюється фрактальне стиснення зображень для прискореної передачі і економного збереження інформації. Цей метод [7] здійснює послідовне ітеративне обчислення координат нових точок простору у відповідності до заданих виразів:

$$x_{k+1} = F_x(x_k, y_k),$$

$$y_{k+1} = F_y(x_k, y_k),$$

де F_x, F_y – функції перетворення координат, наприклад афінного.

Ці функції безпосередньо визначають кінцеву форму фрактала. Наприклад зображення рослин можна сформувати послідовними геометричними перетвореннями зміщення, повороту та масштабу відрізків прямих з відповідними параметрами [8]. Метод IFS застосовується не тільки для створення зображень. Його використовують також для ефективного стиску зображень під час запису у файл.

5. Текстова регуляризація в системах обробки даних

Важливою вимогою до текстових перекладачів і трансляторів є адекватність перекладів, яка визначається семантичною повнотою, точністю і стилістичною ефективністю, що включає принцип відповідності тексту перекладу стилістичним нормам мови перекладу. За цими критеріми оцінюється якість перекладу. На сьогодні проблема оцінювання якості перекладу ще не формалізована. Практичні оцінки якості перекладу визначаються за співвідношеннями, що базуються на особистому професійному досвіді редактора або перекладача.

Для підвищення якості процедур обробки даних знаходить застосування текстова регуляризація, яка може розповсюджуватися на декілька рівнів. Існує трибічний взаємозв'язок між регулярними виразами, кінцевими автоматами і регулярними

граматиками мови. Описання мови часто базується на використанні регулярних виразів, на основі яких можна побудувати кінцеві автомати типу лексичних аналізаторів мови. Такі лексичні аналізатори перетворюють послідовності символів початкового файлу у сукупність елементів, типи яких визначаються видом регулярних виразів.

Нижче наведено приклад програми на flex для розбиття тексту російської мови на слова, абревіатури, числа, класи знаків пунктуації [9]:

```
digit       [0-9]
intconst    [+\-]?{digit}+
realconst   [+\-]?{digit}+\.{digit}+(e[+\-]?{digit}+)?
letter      [а-я]
capital [А-Я]
word ({letter}|{ capital}){letter}*|{letter}+-{letter}+
abbreviation {capital}*
punctuation {,|:|;|-| (|)|{|}| [|]}
stops {.|!|?}
%%
```

{intconst} Процедура формування лексеми – ціле число;

{realconst} Процедура формування лексеми – дробове число;

{word} Процедура пошуку слова в словнику і формування лексеми слово;

{abbreviation} Процедура формування лексеми абревіатура;

{punctuation} Процедура формування лексеми – розділовий знак;

{stops} Процедура формування лексеми – ознака кінця пропозиції;

%%

Як інструменти обробки даних можуть використовуватися різні формальні подання, котрі задовольняють обмеженням, що накладаються на дане подання. Нижче наведено приклад регулярного подання мовної конструкції «Програмний продукт будує графік функції» на основі семантичних функцій:

$$f_1(V_3^2(y),V_1^1(x),f_3^4(V_1^4(z),V_1^4(u)))\,,$$

де f_i – функції, що визначають відносини в пропозиції; $V_j(x)$ – функція, що визначає j значення аргументу x.

Важливим питанням процедури регуляризації є еквівалентність формального подання початкової мовної конструкції вихідним поданням. Нехай початкова мовна конструкція A перетвориться процедурою регуляризації R у формальне подання B:

$$A \xrightarrow{R} B\,.$$

Припустимо, що існує формальна процедура R', що дозволяє одержувати з формального уявлення мовну конструкцію:

$$B \xrightarrow{R'} A'\,.$$

Важливим при цьому є питання про еквівалентність мовних конструкцій A і A'. Відповідь на це питання залежить від симетричності перетворень R і R'. Симетричність перетворень можуть забезпечити еквівалентні структури аналізу і синтезу на рівні синтаксичного і семантичного аналізу. Головна проблема полягає в адекватності віддзеркалення семантико-синтаксичних зв'язків пропозиції на формальному рівні, їх використання на етапах синтезу і аналізу обробки даних.

Висновки

Проведено дослідження методів, математичних моделей та обчислювальних процедур підвищення якості захисту інформації на основі фрактального підходу. Виявлено, що для створення фракталів необхідно сформулювати обернену задачу моделювання фракталів.

Для вирішення поставленої зворотної задачі запропоновано такий спосіб: для заданого зображення або його фрагментів слід підібрати відповідні коефіцієнти афінного перетворення. Цей метод доцільно використовувати для запису кольорових фотографій у файли зі стиском у сотні разів меншим від початкового без суттєвого погіршення зображення.

Оскільки фрактали представляють дуже складні зображення, а описати їх можна за простими ітеративними формулами, то для збереження опису цих формул потрібний значно менший обсяг інформації, ніж для збереження відповідних растрових зображень.

Наукова новизна виконаних досліджень полягає у тому, що досліджено проблему підвищення якості захисту інформації на основі використання алгебри регулярних подій, фрактальних функцій і мовних регулярних виразів. Потім відбувається перетворення регулярних виразів в кінцеві автомати, котрі реалізують необхідні ітераційні цикли.

Практична цінність виконаних досліджень полягає в доведенні отриманих наукових результатів до конкретних інженерних методик, математичних моделей та інструментальних засобів захисту інформації за рахунок застосування алгебраїчних та фрактальних функцій.

Список літератури: 1. *Киричок, П.О.* Методи захисту цінних паперів та документів суворого обліку [Текст] / П.О. Киричок, Ю.М. Коростіль, А.В. Шевчук – К.: КПІ, 2008. – 368 с. **2.** *Кроновер, Р.* Фракталы и хаос в динимических системах [Текст] / Р. Кроновер. – М.: Техносфера, 2006. – 488 с. **3.** *Фрактальный* анализ процессов, структур и сигналов [Текст] / Под ред. Р.Э. Пащенко. – Харьков: ЭкоПерспектива, 2006. – 348 с. **4.** *Уэлстид, С.* Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии [Текст] / С. Уэлстид. – М.: Триумф, 2003. – 320 с. **5.** *Вентцель, Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель,. – М.: Высшая школа, 2001. – 208 с. **6.** *Сиденко, Л.А.* Компьютерная графика и геометричес-

кое программирование [Текст]: учебное пособие / Л.А. Сиденко. – СПб.: Питер, 2009. – 224 с. **7.** *Путятін, Є.П.* Методи та алгоритми комп'ютерного зору: навчальний посібник [Текст] / Є.П. Путятін, В.О. Гороховатський, О.О. Матат. – Харків: Компанія СМІТ, 2006. – 236 с. **8.** *Блинова, Т.А.* Компьютерная графика [Текст] : учебное пособие / Т.А. Блинова, В.Н. Порев. – К.: Юниор, СПб.: Корона принт, 2006. – 432 с. **9.** *Авраменко, В.П.* Регуляризация процедур обработки данных в системах искусственного интеллекта [Текст] / В.П. Авраменко, Н.А. Валенда // Бионика интеллекта. – 2007. – № 2 (67). – С. 47–50.

Надійшла до редколегії 11.03.2010 р.

УДК 681.3.06

Методы повышения качества защиты информации на основе применения фрактальнах функций / В.П. Авраменко, В.П. Ткаченко, А.Д. Чибирев // Бионика интеллекта: научн.-техн. журнал. – 2010. – № 1 (72). – С. 55–60.

Сформулирована проблема повышения качества защиты печатной текстовой и графической информации на основе применения алгебраических и фрактальных функций. Поставлена обратная задача моделирования фрактальных функций. Разработаны методы и вычислительные процедуры решения обратных задач моделирования фрактальных функций на основе применения аффинных преобразований.

Библиогр.: 9 назв.

UDC 681.3.06

Extended quality security information Methods with operation of fractal functions / V.P. Avramenko, V.P. Tkachenko, a.d. Chibipev // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2010. – № 1 (72). – P. 55–60.

The problem of improvement quality protection of printing text and graphic information on the basis of application algebraic and fractal functions is formulated. The reverse problem modelling fractal functions is set. Methods and computing procedures decision of reverse problems modelling fractal functions on the basis of application affine transformations are developed.

Ref.: 9 items.