

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

ALGORITHMIC AND PROGRAMMING

УДК 004.421:005.922.52

О. А. Новосельская, Н. А. Савчук, А. Н. Щербакова, Д. М. Романенко
Белорусский государственный технологический университет

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЗАЩИТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПЕЧАТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

В статье рассмотрены способ формирования защитного изображения для печати и программное средство, автоматизирующее процесс его получения. Проведен анализ проблемы защиты печатной продукции, который позволил определить возможность разработать новые защитные изображения и снизить затраты на защиту печатной продукции от фальсификации, например, при их внедрении в элементы фирменного стиля или бланочно-этикеточную продукцию. Для получения защитного изображения проведен эксперимент, в ходе которого разработаны базовые защитные элементы в программе векторной графики и на их основе сформировано защитное изображение, основным отличительным признаком которого от гильошей является наличие сложной переменной структуры, которая формирует смешанной цвет. Для оценки степени формирования защиты на базе РУП «Издательство “Белорусский Дом печати”» изготовлены печатные формы и проведено запечатывание различных видов бумаги. Экспериментальные образцы показали, что важным для формирования защитного изображения являются частота и толщина линий. Изначально элементы создавались на основе базовых примитивов. В процессе разработки было определено, что в основном используются стандартные аффинные преобразования, которые могут быть заложены в алгоритм построения изображения. Разработаны алгоритм построения защитного элемента и программное средство. После вывода и сканирования разработанного изображения выявлено, что граничные контуры перестают восприниматься как составные, а воспроизводятся в виде непрерывного градиента с растровой структурой. Чтобы оценить степень защиты, было проведено сравнение изображений по показателю информационной емкости. Установлена возможность внедрения закодированной информации в разработанные защитные изображения.

Ключевые слова: автотипный синтез цвета, гильош, алгоритм, аффинные преобразования, программное средство, генерация.

Для цитирования: Новосельская О. А., Савчук Н. А., Щербакова А. Н., Романенко Д. М. Алгоритмы и программное средство для генерации защитных изображений печатных документов // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2022. № 1 (254). С. 64–72.

O. A. Novoselskaya, N. A. Savchuk, A. N. Shcherbakova, D. M. Romanenko
Belarusian State Technological University

ALGORITHMS AND SOFTWARE FOR GENERATING PROTECTIVE IMAGES FOR PRINTED DOCUMENTS

The method of forming a protective image for its graphic arts reproduction and an algorithm for its automation is discussed in the article. The analysis of the problem of printed products protection is carried out. The analysis made it possible to determine that new protective images can be developed and thus reduce the cost of protecting the printed products from falsification, for example, when new protective images are introduced into corporate identity elements or letterhead products. In order to form a protective image, an experiment was carried out during which the basic protective elements in vector graphics program were developed and a protective image was formed on their basis, the main distinguishing feature of which from guilloche is the presence of a complex variable structure that forms a mixed color. To assess the degree of formation of protection on the basis of the GI “Publishing House “Belarusian Press House””, printing plates were made and various types of paper were sealed. Experimental

samples showed that the frequency and line thickness are important for the protective image formation. Initially, elements were created on the basis of standard primitives. During the development process, it was determined that standard affine transformations, which can be incorporated into the image construction algorithm, are mainly used. Thus an algorithm for constructing a protective element was developed. After scanning the developed image, it was revealed that the boundary contours cease to be perceived as composite, and are reproduced in the form of a continuous gradient with a raster structure. In order to assess the degree of protection, a comparison of the images by information capacity was made. The possibility of introducing encoded information into the developed protective images is shown.

Key words: autotype color synthesis, rose element, algorithm, affine transformations, software tool, generation.

For citation: Novoselskaya O. A., Savchuk N. A., Shcherbakova A. N., Romanenko D. M. Algorithms and Software for Generating Protective Images for Printed Documents. *Proceedings of BSTU, issue 3, Physics and Mathematics. Informatics*, 2022, no. 1 (254), pp. 64–72 (In Russian).

Введение. В современном информационном обществе с учетом важности решения проблемы авторского права на документы, а также всевозрастающих атак на авторский контент именно использование специальных защитных изображений, содержащих авторскую информацию, является наиболее перспективным решением. Последние с точки зрения печати могут быть сформированы несколькими способами: физико-химическими (за счет применения специальных материалов), технологическими (с использованием разнообразного печатного оборудования, чипов), информационным (внедрение латентных изображений, методов кодирования / декодирования информации и др.) [1–3]. В литературе [4–6] приведены способы защиты, основанные на формировании специальных узоров с заданной закономерностью, воспроизведение которой основано на генерации нескольких растровых структур. Основным недостатком является наличие растривания, которое зависит от воспроизводящей техники и может быть некорректно воспроизведено на современных цифровых печатных машинах.

Существует достаточно много программных продуктов, которые позволяют генерировать различные варианты гильошей.

Программный продукт GLISSANDO® – это инструментальное средство для создания элементов гильош-дизайна, применяемых при защите документов и ценных бумаг [7]. Программа GLISSANDO® позволяет создавать сложные гильоширные элементы – различные декоративные и защитные сетки, розетки, бордюры, а также другие по заданным точным числовым параметрам. Графической средой GLISSANDO® является стандартная библиотека OpenGL. Геометрическим базисом фигур являются кривые Безье, позволяющие применять исключительно интерактивный подход при построении сложных геометрических объектов. Конечным результатом работы GLISSANDO® является экспорти-

рованный файл формата Adobe® Illustrator® Artwork (*.ai) или Encapsulated PostScript (*.eps).

Однако необходимо отметить, что программа хотя и имеет возможности, но специально не предназначена для работы с изображениями со слоями, цветом и текстом и представляет скорее «препроцессор» для такого редактора. Программное обеспечение обладает достаточно широким функционалом, однако не предназначено для формирования чередующихся цветных узоров, поскольку техника гильоша подразумевает наличие специальных красок для воспроизведения.

Существуют бесплатные приложения типа ZebraTRACE [8], а также платные программные продукты – Graver® 1.0 [9], SecureDraw [10]. Программы реализуют создание защитных сеток, тангиров, гильошей, виньеток. Платные продукты отличаются собственными алгоритмами для анализа и воспроизведения растрового изображения в виде микроштрихового либо возможностями разработки уникальных гильош-композиций. Однако, как и в предыдущих случаях, не реализуется чередование цвета штрихов, нет возможности осуществить безрастровое воспроизведение цвета без использования специальных красок.

В результате обзора программных средств определено, что защитные изображения целесообразно разрабатывать в векторной графике. С целью снижения себестоимости защитных элементов эффективным будет применение субтрактивного синтеза в качестве средства нанесения краски и формирование тонового перехода на основании низкой разрешающей способности глаза при аддитивном смешении рядом стоящих штрихов. Таким образом, итоговое изображение будет сформировано средствами автотипного синтеза.

При анализе проблемы защиты печатной продукции выявлено следующее:

– большинство защитных элементов построено на базе штрихов;

– цвет может формироваться как химически (на основе специальных красок), так и технологически (например, металлографическая печать);

– техника растривания не применима к высокоуровневым защитам;

– основными недостатками высокоуровневых защит является сложность технологического процесса и высокая себестоимость изготовления такой печатной продукции.

Это позволило определить, что для минимизации затрат на воспроизведение защитного изображения наиболее оптимальным будет использование стандартных цветов печатной триады. При этом к изображению следует предъявить ряд требований:

– в качестве геометрических элементов необходимо использовать линии, эллипсы и более сложные фигуры, которые можно разработать в программах векторной графики;

– плотность узора должна формироваться подобными структурами – как пересекающимися, так и не пересекающимися. При этом следует использовать операции масштабирования, поворота и трансформации переноса;

– суммарная цветность при передаче полутонов должна формироваться дискретно на базе основных цветов печатной техники. За счет низкой разрешающей способности глаза не должна быть различима.

Таким образом, проведенный анализ показал необходимость разработки алгоритмов генерации защитных векторных изображений путем комбинирования линий и простых геометрических фигур с чередованием цвета и разработки на их основе соответствующего программного средства.

Основная часть. Известно, что человеческий глаз различает преимущественно три зоны излучения: сине-фиолетовую, зеленую и красную [11]. При этом известно свойство глаза воспринимать одинаково цвета излучений, которые имеют различный спектральный состав, называемое метамерностью [12]. Метамерность и трехкомпонентность цветового зрения дают возможность получить множество цветов с помощью ограниченного их набора, например, красными, зелеными и синими излучениями либо голубой, пурпурной и желтой красками. Схематично метамерность можно представить в следующем виде (рис. 1).

Так, например, голубой цвет может быть получен на экране монитора путем направленного выделения излучения длиной волны 500 нм и смещением синего и зеленого излучений в определенном соотношении с получением этого же голубого цвета. Пользователь не сможет увидеть разницы, так как природа цвета не меняется (воздействуют излучения), а спектральный состав излучения глазом не распознается.

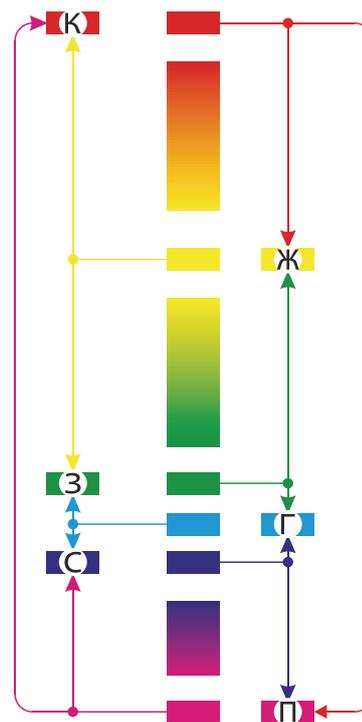


Рис. 1. Схема получения цвета на основе явления метамерности зрения

Чем выше насыщенность цвета, тем меньше соответствующих ему метамерных цветов. Наибольшее количество метамерных цветов имеют серые и белые ахроматические цвета, они могут быть воспроизведены наибольшим числом комбинаций из различающихся по спектральному составу излучений [13].

Вторым аспектом человеческого зрения является ограниченная разрешающая способность глаза. На этом явлении основано получение цветного изображения в полиграфической технологии. Вместо применения большого количества разнообразных оттенков красок подобно палитре в живописи, в полиграфии воспроизводят многообразие цветов только четырьмя красками за счет дискретизации (растривания) тонового изображения. Размер точек дискретного изображения настолько мал, что с расстояния в 30 см рассмотреть их невозможно. Это приводит к пространственному смешению соседних красок и позволяет воспроизвести порядка 3 млн оттенков, что вполне достаточно с учетом цветового охвата среднестатистического наблюдателя, который замечает порядка 2 млн оттенков и переходов [14]. Подобную дискретизацию возможно реализовать и для защитных элементов. Особенностью элементов является визуальная четкость контуров, поэтому технологии растривания для них не подходят, а разработка и апробация методики должна вестись с использованием векторной графики.

С целью формирования защитного изображения проведен эксперимент, в ходе которого разработаны базовые защитные элементы в программе векторной графики и на их основе сформировано защитное изображение, основным отличительным признаком которого от гильошей является наличие сложной переменной структуры, которая формирует смесевой цвет. Примеры защитных узоров показаны ниже (рис. 2).

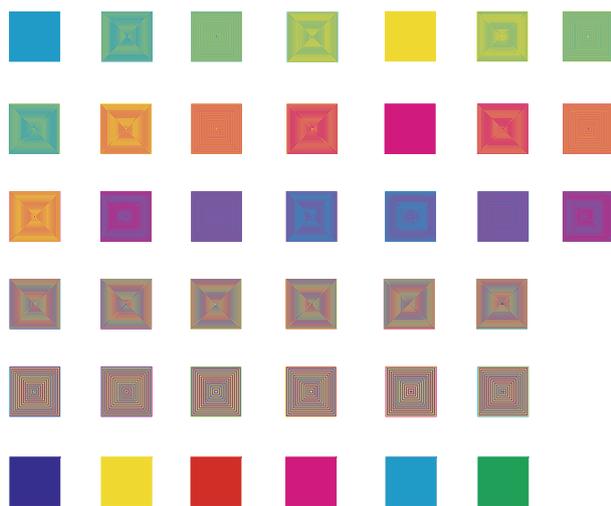


Рис. 2. Примеры разработанных защитных узоров

Для оценки степени формирования защиты на базе РУП «Издательство “Белорусский Дом печати”» были изготовлены печатные формы и проведено запечатывание различных видов бумаги. Экспериментальные образцы показали, что важным для формирования защитного изображения являются частота и толщина линий.

Изначально элементы создавались на основе базовых примитивов. В процессе разработки было определено, что в основном используются стандартные аффинные преобразования, которые могут быть заложены в алгоритм построения изображения.

В результате анализа техник работы с защитными элементами выявлены следующие закономерности.

1. Процесс создания защитного элемента является циклическим.
2. Защитный элемент состоит из нескольких базовых элементов.
3. К защитному элементу применяется несколько аффинных преобразований.
4. Для формирования узора необходима проверка условия: достаточно ли количество преобразований?
5. Формирование узора защитного элемента заканчивается при наличии достаточного уровня сложности.

6. Итоговый узор определяется положением нескольких базовых, сгруппированных относительно центра наибольшего базового элемента.

Таким образом, был разработан алгоритм построения защитного элемента.

Помимо соблюдения аффинности преобразований необходимо учитывать цветность линий, которые задаются путем последовательных чередований трех базовых цветов идеального субтрактивного синтеза – голубого, пурпурного, желтого. Результирующий цвет будет определяться соотношением толщины линий и очередности задания основных цветов.

Программное приложение для генерации векторных защитных элементов методом автотипного синтеза цвета разрабатывалось с использованием JavaScript-фреймворк Vue.js. Это JavaScript библиотека для создания веб-интерфейсов с применением шаблона архитектуры MVVM (Model-View-ViewModel).

Поскольку Vue работает только на «уровне представления» и не используется для промежуточного программного обеспечения, он может легко интегрироваться с другими проектами и библиотеками. Vue.js обладает широкой функциональностью для уровня представлений и может использоваться для создания мощных одностраничных веб-приложений.

Ядро Vue.JS содержит лишь необходимый функционал для работы с интерфейсом. Поэтому оно компактно, легко интегрируется с другими технологиями, в том числе с jQuery и даже может использоваться вместо него (для разработки простых интерфейсов).

При рассмотрении изображения, полученного автотипным синтезом, на достаточно большом расстоянии происходит пространственное смещение цветов. Ниже представлено одно и то же изображение в разном масштабе (рис. 3).

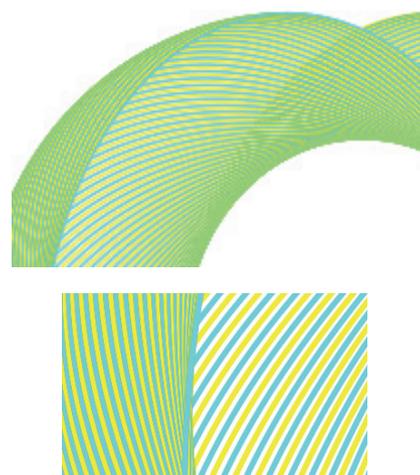


Рис. 3. Защитный элемент в разном масштабе воспроизведения

В разрабатываемом программном продукте красный цвет получается путем чередования желтого и пурпурного цветов. Аналогичным образом получается зеленый цвет – чередованием желтого и голубого; синий – чередованием пурпурного и голубого.

Формирование красного цвета можно представить в виде блок-схемы, которая представлена ниже (рис. 4).

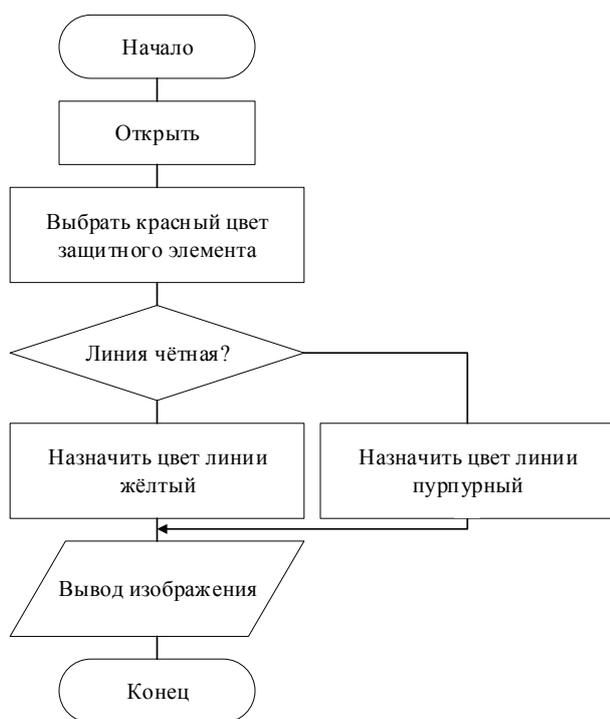


Рис. 4. Алгоритм формирования красного цвета

Программное приложение состоит из нескольких классов. Первым из них является класс Image, который хранит параметры изображения, а именно размеры по вертикали и горизонтали (`this.dimensions = {x:400, y:400}` – по умолчанию 400×400 px), а также цвет фона (прозрачный, сплошной цвет, линейный или радиальный градиент) (листинг).

```

class Image {
  constructor() {
    this.dimensions = {
      x: 400,
      y: 400 }
    this.backgroundMode =
BACKGROUND_MODES.solidColor
    this.backgroundColor = "#000000"
    this.backgroundGradient = {
      angle: 0,
      stops: [{
        color: "#ff0000", position: 0
      },
      {
        color: "#0000ff", position: 100 }
    ] }
  }
}
  
```

```

this.backgroundImage = ""
this.backgroundPosition =
BACKGROUND_POSITIONS.fill
}
  
```

Класс Image

Внешний вид блока ввода параметров изображения представлен на рис. 5.

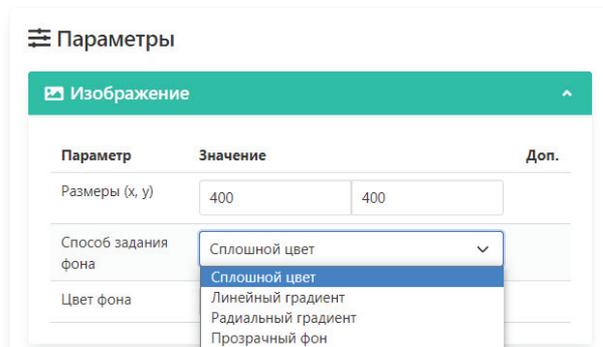


Рис. 5. Внешний вид блока для выбора параметров изображения

Класс Shape хранит информацию о выбранном примитиве (его параметрах: `dimensions` – размеры по горизонтали и вертикали, `transform translate` – смещение по горизонтали и вертикали, `transform scale` – масштабирование по горизонтали и вертикали, `transform rotate` – поворот, `strokeWidth` – толщина обводки. Класс `FinalShape`, который содержит параметры результирующего примитива, наследуется от класса примитива `Shape` (`class FinalShape extends Shape`). Класс `Transition` хранит данные о переходе между примитивами. Содержит `shape` – тип примитива, `customPoints` – хранит координаты точек, заданных пользователем, если был выбран произвольный примитив, `steps` – количество шагов перехода, `pivot` – опорная точка, относительно которой поворачиваются и масштабируются примитивы. Из примитивов можно выбрать эллипс, круг, прямоугольник, квадрат, треугольник, линия либо произвольный примитив. В качестве результирующих цветов есть возможность выбрать красный, зеленый и синий. При выборе красного цвета на четном i -шаге происходит отрисовка примитива желтого цвета, а на нечетном – пурпурного цвета. Следовательно, при выборе результирующего зеленого цвета на четном i -шаге – желтый цвет, на нечетном – голубой, при выборе результирующего синего цвета на четном i -шаге – пурпурный, на нечетном – голубой. Также есть возможность выбрать произвольные цвета для создания гильоша. Полученное изображение можно сохранить в формате SVG или EPS для последующей работы с ним.

Для сохранения полученного изображения в формате EPS использовался язык описания страниц PostScript. Для этого были написаны методы hexToCmyk(hex) для преобразования шестнадцатеричной строки RGB в CMYK и getEpsSource() для формирования содержимого EPS-файла.

Разработанное программное обеспечение реализует вывод изображения в форматах SVG и EPS, что позволяет работать в двух цветовых моделях – RGB, CMYK. Это обеспечивает большие возможности для импортирования сгенерированных узоров в любые дизайнерские решения – баннеры, логотипы и применимо в печати.

В результате для формирования оттенков оранжевого цвета можно управлять соотношением основных цветов желтого и пурпурного соответственно за счет частоты линий или толщины линий. Причем оттенок будет напрямую зависеть от величины соотношения основных цветов (2 : 1, 1 : 2, 3 : 2, 2 : 3 и т. п.). По аналогии с формированием оранжевого цвета можно изменять оттенки желто-зеленого, зеленовато-голубого и фиолетово-сиреневого цветов. Комбинация сгенерированных узоров позволяет сформировать итоговые защитные изображения, приведенные на рис. 6.

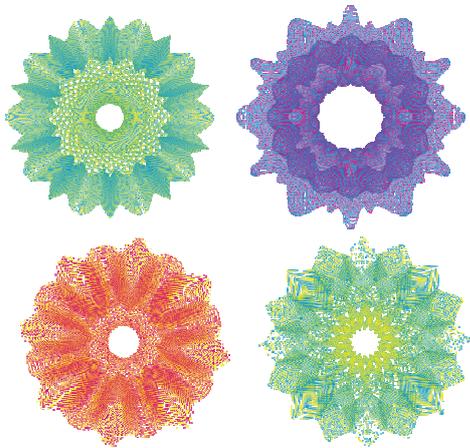


Рис. 6. Разработанные защитные изображения

Осуществлена полиграфическая печать защитных элементов на печатной машине MAN Roland 700 с предварительным выводом печатных форм. Для качественного воспроизведения испытания проводились в спеццехе РУП «Издательство “Белорусский Дом печати”».

После сканирования разработанного изображения граничные контуры перестают восприниматься как составные, а воспроизводятся в виде непрерывного градиента с растровой структурой. Пример результата сканирования и определения цветовых координат на приграничных зонах представлен на рис. 7.

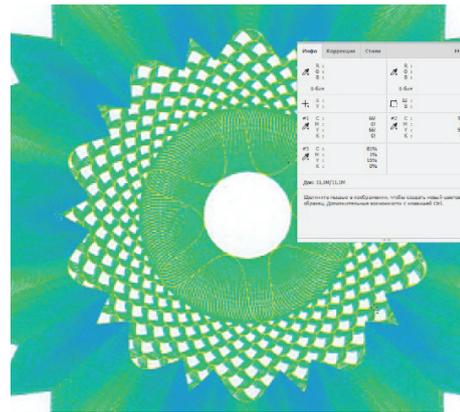


Рис. 7. Результат сканирования и определения цветовых координат

Координаты точки 1 (граница голубого и желтого цветов) равны: голубой – 66%, желтый – 66%, т. е. воспроизводится чисто зеленый цвет. Точка 2 (желтовато-зеленый на границе голубой – желтый): голубой – 50%, желтый – 90%, т. е. создается имитация тонового перехода. Точка 3 (чисто голубой цвет): голубой – 81%, пурпурный – 1%, желтый – 15%.

Анализ данных показывает, что на граничных зонах сумма координат дает оттенки зеленого. Чистые цвета дают ощущение плащечного синего цвета с примесями пурпурного и желтого цветов. На участках с одинаковым соотношением линий воспроизводится чистый зеленый с одинаковыми значениями голубого и желтого (66%). То есть, ни одна точка не воспроизводится с заданным соотношением цветовых координат. Если не знать изначально о параметрах задания цветного гильоширного элемента, то воспроизвести аналогичный эффект безрастровой технологией в системе CMY будет невозможно.

Чтобы оценить возможность интегрирования в защитные изображения авторской информации (методами кодирования или стеганографического осаждения) было проведено сравнение разработанных векторных защитных изображений с аналогичными, выполненными в виде стандартных заливок (рис. 8), по показателю информационной емкости.

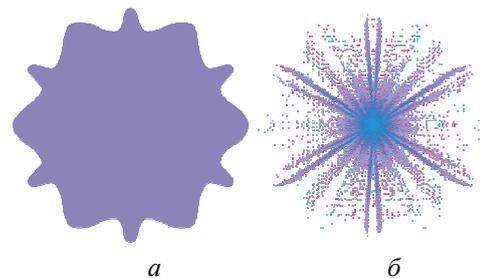


Рис. 8. Изображения для оценки степени защиты:
а – сплошное; б – дискретное

Опытным путем установлено, что информационный объем зависит от количества вершин фигуры, их положения, типа, вида и количества трансформаций, а также от цветности изображения. Эмпирическим путем выведена формула для оценки объема векторного графического файла:

$$V_f = V_b + V_a \cdot N_{el}^2 + \frac{N_c(128 + 512 + V_c)}{N_v}, \quad (1)$$

где V_f – объем файла; V_b – базовый объем файла; N_v – количество вершин; V_c – объем, занимаемый цветом; V_a – объем, занимаемый аффинными преобразованиями; N_{el} – количество элементов; 128 байт занимает вершина, определяющая прямую; 512 байт занимает вершина, определяющая кривую.

По формуле Хартли [15] можно определить информационную емкость:

$$I = l \cdot \log_2 h, \quad (2)$$

где l – число элементов; h – основание системы счисления (количество состояний, которое может принимать элемент, хранящий данное число).

Поскольку изображение на рис. 8, а имеет только два состояния – с заливкой или без нее, а также с абрисом или без него, то для него величина $h = 2$, $l = 1$. Для защитного изображения на рис. 8, б количество элементов составляет 500, а количество состояний определяется исходя из найденного по (1) соотношения, в которое входят аффинные преобразования (трансформации базовых элементов), цветность и толщина линий. Соответственно, соотношение толщины линий может быть кратно единице, двум, трем, то есть иметь количество состояний, равное трем. Цветность, как правило, определяется только для двух красок из трех возможных путем их различного чередования, поэтому h принято равным 2. Количество трансформаций определяется вариантами аффинных преобразований, применяемых в элементе, – поворот, масштабирование, перенос, то есть максимальное количество может равняться трем. Для изображения было применено только одно аффинное преобразование – масштабирование, соответственно $h = 1$, количество цветов было равно 2, соотношение толщин линий было 1 : 1. Таким образом, суммарное h для защитного изображения будет равно $1 + 2 + 1 = 4$. Сравнение информационной емкости для векторного изображения с учетом его состояний по (2) будет иметь вид:

$$I_1 = 1 \cdot \log_2 2 = 1;$$

$$I_2 = 500 \cdot \log_2 4 = 1000.$$

Уточненная формула Хартли для векторного изображения позволяет оценить степень

сложности, достигаемой за счет внедрения сложных элементов в конечный файл.

В результате расчета определено, что защитное изображение содержит информации в 1000 раз больше по сравнению с обычным, что может служить основой для кодирования информации.

Также по данному показателю проведен сравнительный анализ предлагаемых векторных защитных изображений и используемых на практике, который показал, что для стандартных гильошей информационная емкость в соответствии с формулой (2) минимум в 2 раза меньше по сравнению с разработанными защитными изображениями, поскольку отсутствуют состояния цветовых переходов. Это позволяет говорить о более высокой степени защиты полученных изображений. А с учетом возможности варьирования цветовых переходов показатель информационной емкости может отличаться более, чем в 2 раза.

Заключение. Таким образом, для решения проблемы защиты документов важным является введение в продукцию авторской информации, которая на первый взгляд носит характер стандартных форм и заливок. При этом ключевым фактором является возможность воспроизведения такой информации технологией печати без использования специализированного оборудования или материалов.

Базовым элементом защиты выбраны векторные изображения, которые обладают свойством воспроизводимости на любых устройствах вывода без потери качества и возможностью простого представления в алгоритмической структуре данных. Предложен метод формирования цветного векторного изображения, который отличается от стандартных техник воспроизведения за счет безрастровой технологии вывода. Плавность тоновых переходов определяется структурой и параметрами векторного изображения.

Для снижения трудоемкости процесса создания защитных изображений разработано программное обеспечение, которое не имеет аналогов и позволяет формировать цветное изображение с определенной структурой данных путем комбинирования линий и простых геометрических фигур (с учетом цвета).

Возможности дополнительной защиты документов при помощи генерируемых векторных изображений оценивались по показателю информационной емкости предложенного векторного изображения по сравнению с изображениями в виде стандартных заливок. В результате установлено, что предлагаемые защитные изображения содержат информации в среднем в 1000 раз больше. Соответственно,

предложенные защитные векторные изображения могут служить основой для кодирования (или осаждения) в них дополнительной (авторской) информации.

В результате сравнения предложенных защитных векторных изображений с используемыми на практике защитами в виде гильошей,

напечатанных специальными красками, выявлено: показатели цвета будут отличаться минимум в 2 раза, что приводит к увеличению степени защиты. Кроме того, дополнительное варьирование цветовыми переходами позволяет увеличить параметр информационной емкости минимум на 133%.

Список литературы

1. Кондратов А. П. Градиентные и интервальные термоусаживающиеся материалы для защиты полиграфической продукции от фальсификации // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2010. Вып. 4. С. 57–65.
2. Чечуга О. В., Ющенко Е. А., Мухина Д. Л. Голографическая и дифракционная фольга как способ защиты полиграфической продукции от фальсификации // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 3. С. 441–446.
3. Фролов М. В. Защитные метки с оптическими эффектами // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2004. Вып. 4. С. 59–68.
4. Сокол А. И., Сокол Л. Р. Исследование способов формирования защиты печатной продукции от фальсификации на стадии допечатной подготовки // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. Вып. 4. С. 159–162. DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-159-162.
5. Кашкур И. П. Как защитить печатную продукцию от подделок // Вестник Академии энциклопедических наук. 2014. Вып. 1 (14). С. 5–11.
6. Петрова О. И., Шагров В. Г. Применение скрытых изображений и уровни защиты полиграфической продукции // Актуальные проблемы современной науки. 2015. Вып. 5. С. 226–229.
7. Программа Глиссандо / Главная страница сайта программного обеспечения Глиссандо. URL: <http://www.banknotes.ru/glissando.html> (дата обращения: 13.09.2020).
8. Программа для создания гильоша / Сайт PGREAD.AT.UA. URL: https://pgrad.at.ua/news/programma_dlja_sozdanija_gilosh/2019-11-01-26 (дата обращения: 13.09.2020).
9. Программа для разработки гильош-элементов при защите / Форум сайта feldgrau.info. URL: <https://feldgrau.info/forum/index.php?topic=1945.0> (дата обращения: 13.09.2020).
10. Дубина Н. SecureDraw – векторный редактор гильош-дизайнера // КомпьюАрт. № 8. М., 2003. URL: <http://www.i-type.ru/securedraw.html> (дата обращения: 13.09.2020).
11. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов. М.: Радио и связь, 1987. 409 с.
12. Пространственное зрение / В. М. Бондаренко [и др.]. СПб.: Наука, 1999. 224 с.
13. Миронова Л. Н. Учение о цвете. Минск: Вышэйшая школа, 1993. 463 с.
14. Домасев М. В., Гнатюк С. П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. СПб.: Питер, 2009. 224 с.
15. Дулесов А. С., Кабаева Е. В. Логарифмическая мера информации состояния технического объекта // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: www.science-education.ru/107-8210 (дата обращения: 13.09.2020).

References

1. Kondratov A. P. Gradient and interval thermoshrinkable materials for the protection of printed products from counterfeiting. *Isvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i isdatelskogo dela* [Higher School of Printing and Media Industry], 2010, issue 4, pp. 57–65 (In Russian).
2. Chechuga O. V., Yushchenko E. A., Mukhina D. L. Holographic and diffraction foil as way of protection of printing products from falsification. *Isvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the TSU. Technical sciences], 2013, issue 3, pp. 441–446 (In Russian).
3. Frolov M. V. Protective tags with optical effects. *Isvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i isdatelskogo dela* [Higher School of Printing and Media Industry], 2004, issue 4, pp. 59–68 (In Russian).
4. Sokol A. I., Sokol L. R. The study of ways to protect printed products from fraud at the prepress stage. *Nauchno-technicheskiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Volga Region Bulletin], 2018, issue 4, pp. 159–162. DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-4-159-162 (In Russian).
5. Kashkur I. P. How to protect printed products from fakes. *Vestnik Akademii entsiklopedicheskikh nauk* [Bulletin of the Academy of Encyclopedic Sciences], 2014, issue 1 (14), pp. 5–11 (In Russian).

6. Petrova O. I., Shagrov B. G. The use of hidden images and security levels of printing products. *Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki* [Actual Problems of Modern Science], 2015, issue 5, pp. 226–229 (In Russian).
7. Program Glissando. Main page of web-site Glissando. Available at: <http://www.banknotes.ru/glissando.html> (accessed 13.09.2020) (In Russian).
8. Program for Creating Rose Elements. Web page PGREAD.AT.UA. Available at: https://pgread.at.ua/news/program-ma_dlja_sozdaniya_gilosh/2019-11-01-26 (accessed 13.09.2020) (In Russian).
9. Program for Creating of Rose Elements while Protecting Documents. Forum of Web Site FELDGRAU.INFO. Available at: <https://feldgrau.info/forum/index.php?topic=1945.0> (accessed 13.09.2020) (In Russian).
10. Dubina N. SecureDraw – Vector Editor for Guilloche Designer. CompuArt. Moscow, 2003, No. 8. Available at: <http://www.i-type.ru/securedraw.html> (accessed 13.09.2020) (In Russian).
11. Marr D. *Zreniye. Informatsionnyy podkhod k izucheniyu predstavleniya i obrabotki zritelnykh obrazov* [Vision. An informational approach to the study of the representation and processing of visual images]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1987. 409 p. (In Russian).
12. Bondarenko V. M., Danilova M. V., Krasilnikov N. N., Leushina L. I., Nevskaya A. A., Shelepin Yu. E. *Prostranstvennoye zreniye* [Spatial vision]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1999. 224 p. (In Russian).
13. Mironova L. N. *Ucheniye o cvete*. [The doctrine of color]. Minsk, Vysheishaya shkola Publ., 1993. 463 p. (In Russian).
14. Domasev M. V., Gnatyuk S. P. *Cvet, upravleniye svetom, svetovye raschety i izmereniya*. [Color, color management, color calculations and measurements]. St. Petersburg, Piter Publ., 2009. 224 p. (In Russian).
15. Dulesov A. S., Kabaeva E. V. Logarithmic information measure of technical object state. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 1. Available at: www.science-education.ru/107-8210 (accessed 13.09.2020) (In Russian).

Информация об авторах

Новосельская Ольга Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nochka@tut.by

Савчук Надежда Александровна – магистр технических наук, ассистент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nadezhda.savchuk@gmail.com.

Щербакова Алина Николаевна – магистр технических наук, ассистент кафедры информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: 1717alina1717@gmail.com

Романенко Дмитрий Михайлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информатики и веб-дизайна. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: rdm@belstu.by

Information about the authors

Novoselskaya Olga Aleksandrovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Informatics and Web Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nochka@tut.by

Savchuk Nadezhda Aleksandrovna – Master of Engineering, Assistant Lecturer, the Department of Informatics and Web Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nadezhda.savchuk@gmail.com.

Shcherbakova Alina Nikolaevna – Master of Engineering, Assistant Lecturer, the Department of Informatics and Web Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 1717alina1717@gmail.com

Romanenko Dmitry Mikhailovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Informatics and Web Design. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rdm@belstu.by

Поступила после доработки 23.02.2022