



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2009147707/08, 02.06.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.06.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
01.06.2007 EP 07109470.0
20.06.2007 EP 07110633.0(43) Дата публикации заявки: **20.07.2011** Бюл. № 20(45) Опубликовано: **27.02.2013** Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **US 5884 296 A, 16.03.1999. US 20050038756**
A1, 17.02.2005. RU 2005114618 A, 10.10.2005.
WO 2006/106677 A1, 12.10.2006. EP 1043687
A1, 11.10.2000. EP 1484719 A3, 08.12.2004.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **11.01.2010**(86) Заявка РСТ:
IB 2008/052135 (02.06.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/146262 (04.12.2008)Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

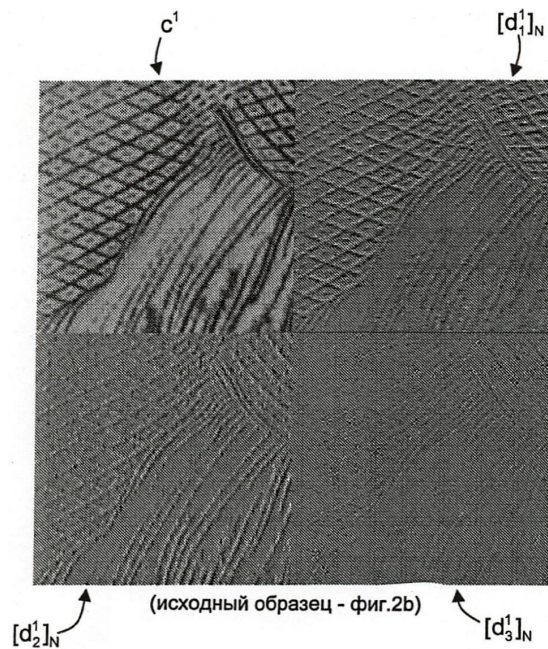
ЛОВЕГ Фолькер (DE),
ГИЛЛИХ Ойген (DE),
ШАЭДЕ Йоханнес (DE)(73) Патентообладатель(и):
КБА-НотаСис СА (CH)**(54) АУТЕНТИФИКАЦИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ДОКУМЕНТОВ, В ЧАСТНОСТИ БАНКНОТ**

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к средствам защиты банкнот от подделки. Техническим результатом является повышение точности аутентификации. В способе осуществляют аутентификацию защищенных документов, в частности банкнот, содержащих защитные признаки (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанные на защищенных документах или наложенные или нанесенные на них другим способом и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для изготовления защищенных документов. Получают выборочное изображение (c^0) по

меньшей мере одной представляющей интерес и охватывающей по меньшей мере часть указанных защитных признаков области (R.o.I) поверхности проверяемого аутентифицируемого документа, осуществляют цифровую обработку указанного выборочного изображения (c^0) путем разложения этого выборочного изображения (c^0) по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее детали ($d_1^1, d_2^1, d_3^1 \dots$) с высоким разрешением выборочного изображения (c^0), извлекают классификационные признаки ($\sigma^2, C \dots$) из

указанного масштабного подпространства и вычисляют коэффициент аутентификации проверяемого документа на основе извлеченных классификационных признаков (σ^2 , $C...$). 6 н. и 18 з.п. ф-лы, 36 ил.



Фиг.10b

RU 2 4 7 6 9 3 6 C 2

RU 2 4 7 6 9 3 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G07D 7/20 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009147707/08, 02.06.2008**

(24) Effective date for property rights:
02.06.2008

Priority:

(30) Convention priority:
01.06.2007 EP 07109470.0
20.06.2007 EP 07110633.0

(43) Application published: **20.07.2011 Bull. 20**

(45) Date of publication: **27.02.2013 Bull. 6**

(85) Commencement of national phase: **11.01.2010**

(86) PCT application:
IB 2008/052135 (02.06.2008)

(87) PCT publication:
WO 2008/146262 (04.12.2008)

Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):
LOVEG Fol'ker (DE),
GILLIKh Ojgen (DE),
ShAEhDE Jokhannes (DE)

(73) Proprietor(s):
KBA-NotaSis SA (CH)

(54) **AUTHENTICATION OF PROTECTED DOCUMENTS, PARTICULARLY BANKNOTES**

(57) Abstract:

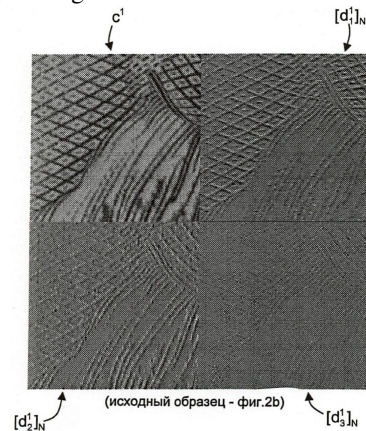
FIELD: information technology.

SUBSTANCE: method involves authentication of protected documents, particularly banknotes, having security features (41-49; 30; 10; 51, 52), printed on the protected documents or superimposed or deposited thereon using another method and having characteristic visual features inherent to processes used to make the protected documents. A sample image (c^0) of at least one region (R.o.I) of interest of the surface of the inspected document which covers at least part of said security features is obtained; said sample image (c^0) undergoes digital processing by decomposing said sample image (c^0) into at least one scaled subspace containing details ($d^1_1, d^1_2, d^1_3, \dots$) with high resolution of the sample image (c^0); classification features (σ^2, C, \dots) are extracted from said scaled subspace and the authentication

coefficient of the inspected document is calculated based on the extracted classification features (σ^2, C, \dots).

EFFECT: high accuracy of authentication.

24 cl, 36 dwg



Фиг.10b

RU 2 476 936 C2

RU 2 476 936 C2

Область техники

Настоящее изобретение в целом относится к аутентификации защищенных документов, в частности банкнот. Более конкретно, настоящее изобретение относится к способу аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, которые имеют защитные признаки, напечатанные на защищенном документе или наложенные или нанесенные на него другим способом и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, используемым для создания защищенных документов. Кроме того, изобретение относится к блоку обработки цифровых сигналов, предназначенному для реализации части способа аутентификации, устройству для реализации способа аутентификации, способу создания защищенных документов, предназначенному для оптимизации аутентификации защищенных документов согласно указанному способу аутентификации, а также к способу обнаружения защитных признаков, напечатанных на защищенных документах, в частности банкнотах, или наложенных или нанесенных на них другим способом.

Уровень техники

Подделка защищенных документов, в частности банкнот, есть и остается большой проблемой для промышленности и экономики во всем мире. Большая часть подделанных банкнот производится с использованием обычного оборудования для отображения и печати, которое легко доступно любому пользователю на потребительском рынке. Появление сканеров и цветных копировальных устройств, а также принтеров для цветной печати с высоким разрешением, в которых используются широко распространенные процессы печати, например струйная печать, термопечать и лазерная печать, все более и более облегчает производство больших объемов поддельных защищенных бумаг. Большинство поддельных банкнот производится с помощью вышеупомянутого оборудования для отображения и печати и может быть определено как "цветные копии".

Кроме того, уже существуют подделки, напечатанные методом офсетной печати, или "офсетные подделки", печатаемые с использованием коммерческих прессов для офсетной печати. Эти подделки часто печатаются с экранным офсетом (то есть с использованием многоцветных экранных или растровых комбинаций, которые характерны для коммерческой офсетной печати) и/или с линейным офсетом (то есть без использования экранных или растровых комбинаций).

Большинство аутентичных банкнот объединяет высокое качество печатных признаков, созданных методом высокой печати, линейной офсетной печати с высокоточным совмещением четной и нечетной страниц и печати с печатных форм. В частности, глубокая печать и линейная офсетная печать позволяют создавать рисунок с высоким разрешением и с высокой резкостью изображения. Печать с печатных форм обычно используется для печати меняющейся информации, например порядковых номеров. Кроме того, для печати или нанесения на банкноты других признаков, используется также и другая техника печати или обработки, например шелкотрафаретная печать, тиснение фольгой, лазерная маркировка или перфорирование и т.д.

Специалисты, обладающие некоторыми знаниями о процессах, задействованных при производстве банкнот и аналогичных защищенных документов, большей частью не испытывают больших затруднений, если требуется отличить поддельные документы от подлинных. Тщательный осмотр поддельного документа с

использованием простых средств, таких как лупа, обычно позволяет сразу же идентифицировать признаки, присущие подлинным защищенным документам, например защитные рисунки, нанесенные глубокой печатью, которые, как указано выше, присутствуют на большинстве банкнот. Однако для этого требуется
5 некоторый опыт и знания о защищенной печати, которыми не обязательно обладают обычные люди. На практике большинство индивидуумов оказывается относительно легко обмануто мошенниками, если общий вид подделки или копии по существу аналогичен виду подлинного документа. Это представляет собой
10 проблему не только в контексте подделки банкнот, но и подделки других типов ценных документов, таких как чеки, таможенные марки, идентифицирующие и проездные документы и т.д.

Механизированное установление подлинности защищенных документов, то есть автоматическое распознавание в системах обработки документов, например в
15 торговых автоматах, банкоматах, приемниках банкнот и аналогичных машинах для финансовых операций, также страдает от подделок. Довольно часто имеют место более изощренные подделки защищенных документов, в которых скопированы считываемые машиной защитные признаки, присутствующие на подлинных
20 документах, например инфракрасные, люминесцентные и/или магнитные метки. Фактически, большая часть опознавательных автоматизированных систем по существу концентрируется именно на таких машиночитаемых признаках и совсем не производит или производит только поверхностную визуальную инспекцию видимых защитных признаков, наложенных или нанесенных на защищенные документы
25 другим способом.

Другими словами, характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для создания защищенных документов (особенно рисунки, нанесенные глубокой печатью, линейной офсетной печатью, с помощью печатных
30 форм и/или оптические дифракционные структуры) редко используются для установления подлинности с помощью машин.

Исключением является так называемая технология ISARD, которая была предложена и разработана Институтом прикладной физики Нидерландской организации прикладных научных исследований (TNO) в конце шестидесятых годов по заказу Национального банка Нидерландов. Аббревиатура ISARD (Intaglio Scanning
35 And Recognition Device) означает «устройство для сканирования и распознавания рельефного рисунка», и работа такого устройства основана на измерении характерного рельефа у признаков, созданных глубокой печатью. Обсуждение этого принципа распознавания можно найти, например, в следующих статьях:

[Ren96] Rudolf L. van Renesse, "Optical Inspection techniques for Security Instrumentation", IS&T/SPIE's Symposium on Electronic Imaging, Optical Security and Counterfeit Deterrence
40 Techniques I, San Jose, California, USA (January 28 - February 2, 1996), Proceedings of SPIE vol. 2659, pp.159-167;

[Hei00] Hans A.M. de Heij, De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam, the Netherlands, "The design methodology of Dutch banknotes", IS&T/SPIE's 12th International Symposium on
45 Electronic Imaging, Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques III, San Jose, California, USA (January 27-28, 2000), Proceedings of SPIE vol. 3973, pp.2-22; and

[Hei06] Hans A.M. de Heij, De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam, the Netherlands, "Public feedback for better banknote design", IS&T/SPIE's International Symposium on
50 Electronic Imaging, Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI, San Jose, California, USA (January 17-19, 2006), Proceedings of SPIE vol.6075, 607501, pp.1-40.

Принцип ISARD-опознавания и устройство для реализации этого принципа раскрыты также в описаниях патентов GB 1379764 (соответствует NL 7017662), NL 7410463, NL 9401796 и NL 9401933).

5 Проблема, связанная с подходом ISARD, состоит в том, что эта технология сильно зависит от степени изношенности и использования документов и наличия складок в теле банкнот, поскольку эти факторы непосредственно влияют на профиль рельефа в глубоких отпечатках и надежность его обнаружения по технологии ISARD. Технология ISARD была использована, например, в виде
10 нанесенных глубокой печатью параллельных линий на голландской банкноте в 50 гульденов ("подсолнечник"), выпущенной в 1982 г., а также на современных банкнотах евро (см. [Hei06]). На практике технология ISARD использовалась и используется, главным образом, обычными людьми для проведения теста на
15 "поскребывание ногтем" (то есть проведения ногтем по рисунку из параллельных линий, нанесенных методом глубокой печати).

Дальнейшие технические решения для борьбы с подделками и для возможности аутентификации с помощью машин могут состоять в интегрировании специальных кодов аутентичности непосредственно в защищенный документ, например при
20 использовании специальных теговых материалов, например редкоземельных компонентов, встроенных в краситель или внедренных в бумагу, или в скрытии кодировки аутентичности в самих печатных рисунках с использованием так называемой технологии нанесения цифровых водяных знаков. Однако интегрирование специальных кодов аутентичности в защищенный документ
25 подразумевает специальную обработку документа в течение фаз разработки и производства и соответствующую специально разработанную технику аутентификации. Соответственно, это увеличивает объем работ по проектированию и/или печати с целью адаптации процесса проектирования и/или производства
30 защищенных документов, а также означает, что в процессе аутентификации должна использоваться специальная технология обнаружения.

Решение, основанное на интегрировании в печатный рисунок специального кода, например, раскрытое в EP 1864825 A1 (соответствует WO 2006/106677 A1),
35 описывает печатное изделие и способ извлечения информации из такого печатного изделия, при этом информацию встраивают (или кодируют) в печатный рисунок, в частности в гильош, так чтобы эту информацию можно было обнаружить, подвергая выборочное изображение из рисунка преобразованию Фурье. Кодирование информации достигается пространственной модуляцией расстояния между
40 параллельными/концентрическими криволинейными элементами изображения. Такая пространственная модуляция приводит к появлению спектральных пиков в подвергнутом Фурье-преобразованию спектре выборочного изображения рисунка, причем такие спектральные пики указывают на информацию, встроенную в напечатанную картинку, и, таким образом, могут быть декодированы. Более
45 конкретно, согласно EP 1864825 A1, кодированную информацию извлекают путем анализа интенсивности спектральных пиков.

Недостатки этого подхода заключаются в том, что для обеспечения декодирования в печатные рисунки особым способом должно быть встроено
50 специальное кодирование. Соответственно, при создании печатной картинке это налагает существенные ограничения на разработчика, который должен следовать специальным правилам. На практике сущность подхода, предложенного в EP 1864825 A1, в основном сводится к введению информации в гильош-рисунок, как

легко видно на чертежах к EP 1864825 A1.

Подход, раскрытый в EP 1864825 A1, применен, например, для кодирования информации на персональных документах (например, удостоверении личности, водительских правах и т.п.), при этом указанная информация относится к
5 владельцу/носителю персонального документа. Зависящая от владельца информация кодируется в гильош-рисунок, напечатанный на персональном документе. Соответственно, это затрудняет мошенникам изготовление таких персональных документов, поскольку информация, встроенная в гильош-рисунок, зависит от
10 пользователя. Однако любая копия персонального документа, созданного с тем же разрешением, что и оригинал, содержит точно ту же информацию, что и оригинал. Таким образом, этот подход, главным образом, подходит для аутентификации защищенных документов, которые содержат зависящую от пользователя
информацию (что, например, несправедливо для банкнот).

15 В патенте США №5884296 раскрыто устройство для выявления признаков изображения в области блока, который содержится в изображении на документе. Указанное устройство предусматривает выполнение преобразования Фурье на основе данных изображения в области блока и определение пространственного частотного спектра, относящегося к изображению в области блока. Для вывода
20 результата выявления, т.е. вывода, действительно ли атрибут изображения в области блока представляет собой полутоновое точечное изображение, на основе пространственного частотного спектра, полученного в результате преобразования Фурье, используется нейронная сеть. Это устройство предназначено, в частности,
25 для повышения качества изображения для использования в цифровых копирующих машинах. Более конкретно, устройство согласно патенту США №5884296 предназначено для использования в контексте копирования документов, содержащих смесь текстовых изображений, фотографических изображений и/или
30 точечных изображений, атрибуты которых необходимо обрабатывать по отдельности, если требуется достигнуть хорошего качества изображения в скопированных документах. Патент США №5884296 ни в малейшей степени не касается проблемы аутентификации защищенных документов, а скорее относится к
решению, направленному на улучшение выявления различий между разными
35 атрибутами изображения.

В EP 1484719 A2 раскрыт способ разработки шаблона эталонного документа, например банкноты, и использования этого шаблона для проверки подлинности других проверяемых документов, в частности для проверки банкнот в банкомате.
40 Способ включает использование изображений для множества эталонных документов, например подлинных банкнот, и сегментацию каждого изображения одинаковым образом на множество сегментов. Для определения эталонного классификационного параметра каждый сегмент классифицируют с использованием классификатора одного класса. Эти параметры используются для определения
45 порогового эталонного классификационного параметра. Таким образом, проверку подлинности проверяемых документов выполняют, сравнивая изображения проверяемых документов с генерируемым шаблоном, а не рассматривая внутренние признаки проверяемых документов.

50 Поэтому имеется потребность в более простом и более эффективном подходе, в частности в таком, в котором не используются новые процессы проектирования и/или производства, а сделана попытка использовать внутренние характеристики защитных признаков, которые обычно уже имеются на большей части подлинных

банкнот, в частности характеристики и внутренние признаки картинок, напечатанных методом глубокой печати.

Сущность изобретения

5 Поэтому главная цель изобретения состоит в улучшении известных способов аутентификации защищенных документов, в частности банкнот.

10 Более конкретно, дополнительная цель изобретения состоит в создании способа, в котором используются внутренние характеристики защитных признаков, которые обычно уже напечатаны на защищенных документах или наложены или нанесены на них другим способом, в частности внутренних признаков, присущих картинкам, напечатанным методом глубокой печати.

15 Еще одна цель настоящего изобретения состоит в нахождении решения, которое обеспечивает четкое и эффективное дифференцирование аутентичных (подлинных) защищенных документов и их копий или подделок.

20 Еще одна цель настоящего изобретения состоит в нахождении решения, которое может быть реализовано в автоматических системах для обработки документов (например, в торговых автоматах, банкоматах и т.п.) и которое проще, чем известные в настоящее время решения.

25 Эти цели достигнуты благодаря решению, сформулированному в формуле изобретения.

30 Согласно настоящему изобретению, предложен способ аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, содержащих защитные признаки, напечатанные на защищенных документах или наложенные или нанесенные на них другим способом, и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для создания защищенных документов. Предлагаемый способ включает получение выборочного изображения по меньшей мере одной представляющей интерес и охватывающей по меньшей мере часть защитных признаков области поверхности аутентифицируемого документа, цифровую обработку указанного выборочного изображения путем разложения этого изображения по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее детали с высоким разрешением указанного выборочного изображения, извлечение из этого масштабного подпространства классификационных признаков и вывод коэффициента аутентичности проверяемого документа на основе извлеченных классификационных признаков.

35 Предпочтительно, чтобы цифровая обработка выборочного изображения включала (1) выполнение преобразования выборочного изображения для извлечения по меньшей мере одного набора спектральных коэффициентов, представляющих детали с высоким разрешением выборочного изображения в крупном масштабе, и (2) обработку спектральных коэффициентов для извлечения классификационных признаков.

40 Еще более предпочтительно, чтобы преобразование представляло собой вейвлет-преобразование, предпочтительно дискретное вейвлет-преобразование (DWT), выбранное из группы, включающей вейвлет-преобразование Хаара, вейвлет-преобразование Добеши и вейвлет-преобразование Паскаля. Можно также использовать любое другое подходящее вейвлет-преобразование или производное от него.

45 50 Обработка спектральных коэффициентов (называемых в контексте вейвлет-преобразований "вейвлетными коэффициентами") предпочтительно включает обработку статистического распределения спектральных коэффициентов. Эта

статистическая обработка может, в частности, включать вычисление по меньшей мере одного статистического параметра, выбранного из группы, включающей среднее арифметическое (первый момент в статистике), дисперсию (второй момент в статистике), асимметрию (третий момент в статистике), эксцесс (четвертый момент в статистике) и энтропию статистического распределения указанных спектральных коэффициентов.

Разложение выборочного изображения предпочтительно выполняют в результате одной или нескольких итераций при многомасштабном анализе выборочного изображения.

Согласно настоящему изобретению, предложен способ аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, содержащих защитные признаки, напечатанные на защищенных документах или наложенные или нанесенные на них другим способом и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для создания защищенных документов. Способ включает цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одной представляющей интерес области поверхности проверяемого документа, при этом указанная цифровая обработка включает выполнение одной или нескольких итераций в рамках многомасштабного анализа выборочного изображения.

Вышеуказанные способы могут предусматривать цифровую обработку множества выборочных изображений, соответствующих нескольким представляющим интерес областям одного и того же проверяемого документа.

Согласно предпочтительному варианту выполнения настоящего изобретения, выборочное изображение может быть получено с относительно низкой разрешающей способностью, то есть ниже, чем 600 точек на дюйм, предпочтительно 300 точек на дюйм. Действительно, тесты показали, что высокое разрешение при сканировании выборочного изображения не является необходимым. Это особенно предпочтительно потому, что низкое разрешение сокращает время, необходимое для получения выборочного изображения и уменьшает количество данных, обрабатываемых для данной поверхностной области, что значительно облегчает практическую реализацию способа.

В рамках настоящего изобретения защитные признаки, которые используются для установления аутентичности, предпочтительно включают, главным образом, рисунки, полученные методом глубокой печати. Однако защитные признаки могут включать рисунки, полученные методом глубокой печати, рисунки, полученные методом линейной офсетной печати, рисунки, полученные методом печати с помощью печатных форм, оптические дифракционные структуры (то есть рисунки или структуры, которые присущи процессам, выполняемым принтером, обеспечивающим защиту) и/или их комбинации.

Повышение коэффициента аутентичности обеспечивается тем, что выбранная представляющая интерес область включает рисунок с высокой плотностью (с высокой пространственной частотой), предпочтительно рисунок, полученный линейной или криволинейной глубокой печатью. Рисунки могут быть, в частности, картинками с живописным изображением, например портретом, имеющимся на проверяемом документе.

Кроме того, предложен блок для обработки цифрового сигнала, предназначенный для обработки графических данных выборочного изображения по меньшей мере для одной представляющей интерес области поверхности документа, проверяемого согласно вышеуказанному способу, при этом блок для обработки

цифрового сигнала запрограммирован для выполнения цифровой обработки выборочного изображения и предпочтительно может быть выполнен в виде блока программируемой вентильной матрицы (FPGA, Field-Programmable-Gate-Array).

Кроме того, предложено устройство для аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, согласно вышеуказанному способу, содержащее оптическую систему для получения выборочного изображения и блок для обработки цифрового сигнала, запрограммированный для выполнения цифровой обработки указанного выборочного изображения.

Кроме того, предложен способ создания защищенных документов, в частности банкнот, включающий стадию разработки защитных признаков, напечатанных на защищенных документах или наложенных или нанесенных на них другим способом и разработанных для оптимизации коэффициента аутентичности, вычисляемого согласно вышеуказанному способу путем вызова характерной реакции в указанном по меньшей мере одном масштабном подпространстве.

Кроме того, предложено применение вейвлет-преобразования и многомасштабного анализа для установления подлинности защищенных документов, в частности банкнот.

Наконец, предложен способ обнаружения защитных признаков, напечатанных на защищенных документах, в частности банкнотах, или наложенных или нанесенных на них другим способом и включающих характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для создания защищенных документов, включающий цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одной представляющей интерес области поверхности проверяемого документа, при этом представляющую интерес область выбирают так, чтобы она включала по меньшей мере часть указанных защитных признаков, а цифровая обработка включает выполнение одной или нескольких итераций для многомасштабного анализа выборочного изображения с целью извлечения классификационных признаков, которые являются характерными для указанных защитных признаков. Этот способ особенно предпочтителен для обнаружения рисунков, нанесенных методом глубокой печати.

Краткое описание чертежей

Другие особенности и преимущества настоящего изобретения станут очевидными из последующего подробного описания вариантов его выполнения, которые представлены исключительно не ограничивающими изобретение примерами и иллюстрированы прилагаемыми чертежами, где:

на фиг.1a показано полутоновое изображение образца банкноты;

на фиг.1b показана полутоновая фотография части верхнего правого угла образца банкноты, изображенного на фиг.1a;

на фиг.2a и 2b показаны увеличенные изображения образца банкноты, представленного на фиг.1a; фиг.2b соответствует области, обозначенной белым квадратом на фиг.2a;

на фиг.3a и 3b показаны увеличенные изображения образца банкноты, представленного на фиг.1a; фиг.3b соответствует области, обозначенной белым квадратом на фиг.3a;

на фиг.4a и 4b показана вторая цветная копия образца банкноты, представленного на фиг.1a; фиг.4b соответствует области, обозначенной белым квадратом на фиг.4a;

на фиг.5a показана блок-схема одноуровневого (одна итерация) дискретного вейвлет-преобразования;

на фиг.5b показана блок-схема трехуровневого (три итерации) дискретного вейвлет-преобразования;

на фиг.6 поясняется принципиальная схема многомасштабного анализа (MRA);

на фиг.7a иллюстрируется первая итерация двумерного вейвлет-преобразования;

на фиг.7b поясняется вторая итерация двумерного вейвлет-преобразования после первой итерации, показанной на фиг.7a;

на фиг.8 схематично иллюстрируется так называемый способ "нестандартного разложения" для выполнения двумерного вейвлет-преобразования;

на фиг.9 схематично иллюстрируется так называемый способ "стандартного разложения" для выполнения двумерного вейвлет-преобразования;

на фиг.10a показан результат первой итерации двумерного вейвлет-преобразования, примененной к данным изображения, соответствующего представляющей интерес области на фиг.2b;

на фиг.10b показан результат первой итерации двумерного вейвлет-преобразования, примененной к данным изображения, соответствующим представляющей интерес области на фиг.2b, как показано на фиг.10a, при этом фрагменты изображения деталей нормализованы для лучшего визуального представления;

на фиг.11a-11c показаны три иллюстрации результата комбинации фрагментов изображения деталей (как показано на фиг.10b), нормализованных для лучшего визуального представления, при этом фиг.11a, 11b и 11c соответственно демонстрируют результат обработки изображений, показанных на фиг.2b, 3b и 4b;

на фиг.12 показано девять гистограмм, иллюстрирующих статистическое распределение вейвлетных коэффициентов, полученных в результате одноуровневого вейвлет-преобразования изображений, показанных на фиг.2b, 3b и 4b; верхний, средний и нижний ряды из трех гистограмм представляют соответственно горизонтальные детали, вертикальные детали и диагональные детали, полученные в результате вейвлет-преобразования;

на фиг.13 схематично показаны два статистических параметра, а именно асимметрия (называемая в статистике также третьим моментом) и эксцесс (называемый в статистике также четвертым моментом), которые могут использоваться для характеристики статистического распределения вейвлетных коэффициентов;

на фиг.14a-14c показаны три столбчатые диаграммы, иллюстрирующие дисперсию, то есть меру отклонения, статистического распределения вейвлетных коэффициентов, полученные в результате одноуровневого вейвлет-преобразования изображений, показанных соответственно на фиг.2b, 3b и 4b, для горизонтальных, вертикальных и диагональных деталей;

на фиг.15a и 15b показаны два увеличенных изображения части созданного глубокой печатью портрета Беттины фон Арним, в том виде как он выглядит на лицевой стороне банкноты в 5 немецких марок, которая была в обращении в Германии в течение 1991-2001 г.г. до введения евро;

на фиг.16a показано шесть результатов полутонового сканирования по существу той же самой области двух исходных образцов (иллюстрации А и В) и четырех цветных копий (иллюстрации С-Ф) банкноты номиналом 5 немецких марок;

на фиг.16b показано девять гистограмм, иллюстрирующих статистическое распределение вейвлетных коэффициентов, полученных в результате одноуровневого вейвлет-преобразования изображений, показанных на фиг.16a, при

этом каждая гистограмма показывает статистическое распределение комбинированных вейвлетных коэффициентов (то есть комбинации горизонтальных, вертикальных и диагональных деталей);

5 на фиг.17 показано наложение гистограмм верхнего левого угла и нижнего правого угла на фиг.16b;

на фиг.18a показана столбчатая диаграмма, иллюстрирующая дисперсию статистического распределения вейвлетных коэффициентов, полученных в результате одноуровневого вейвлет-преобразования данных изображения, соответствующих той же самой представляющей интерес области (как показано на 10 фиг.15b и 16a) для одиннадцати проверяемых документов, включая пять исходных образцов (проверяемые образцы 1-5) и шесть цветных копий (проверяемые образцы 6-11) банкнот номиналом 5 немецких марок;

15 на фиг.18b показана столбчатая диаграмма, иллюстрирующая эксцесс, то есть критерий "остроты" для статистического распределения вейвлетных коэффициентов, полученных в результате одноуровневого вейвлет-преобразования данных изображения, соответствующих той же самой представляющей интерес области (см. 20 фиг.15b и 16a) для тех же самых одиннадцати проверяемых банкнот 5 немецких марок, как на фиг.18a;

на фиг.19 схематично представлен пример пространства признаков, используемого для классификации проверяемых документов, при этом дисперсия и эксцесс статистического распределения вейвлетных коэффициентов используются в качестве координат (X; Y) пространства признаков для помещения в него 25 проверяемых документов;

на фиг.20 схематично представлен пример пространства признаков, аналогичного изображенному на фиг.19, при этом множество проверяемых документов-кандидатов, включая исходные образцы и цветные копии, представлено в 30 пространстве признаков с использованием в качестве координат (X; Y) дисперсии и эксцесса;

на фиг.21 представлена блок-схема устройства для аутентификации защищенных документов согласно способу, предложенному в настоящем изобретении;

35 на фиг.22 показана итоговая последовательность операций способа согласно настоящему изобретению.

Подробное описание вариантов выполнения настоящего изобретения

Настоящее изобретение является результатом наблюдения того факта, что защитные признаки, напечатанные на защищенных документах или наложенные или 40 нанесенные на них другим способом с использованием специфических производственных процессов, которые доступны только для принтера, обеспечивающего защиту, в частности напечатанные способом глубокой печати, демонстрируют чрезвычайно характерные визуальные признаки (в дальнейшем называемые "внутренними признаками"), которые могут быть выявлены 45 компетентным человеком, имеющим представление об используемых специфических производственных процессах.

Последующее обсуждение сфокусировано на анализе внутренних признаков, создаваемых глубокой печатью. Однако должно быть понятно, что тот же самый 50 подход применим и к другим внутренним признакам банкнот, в частности признакам, наносимых линейной офсетной печатью, печатной формой, и/или к оптическим дифракционным структурам. Результаты тестов, проведенных заявителем, показали, что нанесенные глубокой печатью признаки очень хорошо

подходят для аутентификации согласно изобретению, а кроме того, дают лучшие результаты. Это происходит потому, что глубокая печать позволяет печатать очень чистые рисунки с высокой разрешающей способностью и резкими границами.

Поэтому глубокая печать является предпочтительным процессом для создания внутренних признаков, которые используются в контексте настоящего изобретения.

На фиг. 1а показан результат полутонового сканирования образца 1 банкноты с портретом Жюль Верна, которая производилась в течение 2004 года настоящим заявителем. Этот образец 1 банкноты был произведен с использованием комбинации печати и технологий обработки, специфических для производства банкнот, включая, в частности, линейную офсетную печать для печати многоцветного фона 10 банкноты, шелкотрафаретную печать для печати оптически изменяющегося рисунка из красителя, включающего мотивы планисферы 20 и секстанта 21, тиснение фольгой для нанесения оптически изменяющихся элементов, включая полосу 30 материала, несущего оптическую дифракционную структуру, идущую вертикально по высоте банкноты (на фиг. 1а эта полоса 30 схематично ограничена двумя штриховыми линиями), глубокую печать для печати нескольких рельефных рисунков 41-49, включая портрет 41 Жюль Верна, высокую печать для печати двух серийных номеров 51, 52 и лакировку для покрытия банкноты слоем защитного лака. Кроме того, на этом образце 1 банкноты на ее лицевой стороне имеется метка 60, нанесенная частичным удалением с помощью лазера ленты 30 и нижележащего слоя красителя, нанесенного офсетной печатью (не помечен). На этом примере портрет 41 (вместе с вертикальным обозначением 2004 года и иллюстративными мотивами, окружающими портрет), логотип "КВА-GIORI" совместно с Пегасом 42, индекс 43 "КВА-GIORI", слово "Spaceman" 44 («образец») и тактильные узоры 45-49 на трех углах и на лицевой и тыльной сторонах банкноты были напечатаны глубокой печатью поверх фона 10, нанесенного линейной офсетной печатью, мотивов 20, 21, нанесенных шелкотрафаретной печатью, и полосы 30 материала. После фазы глубокой печати была выполнена печать серийных номеров 51, 52 и покрытие лаком. Кроме того, должно быть понятно, что образец 1 банкноты был создан на принтере и обрабатывающем оборудовании с автоподачей листов (поставляемым настоящим заявителем), при этом на каждый печатный лист был нанесен массив из множества образцов банкноты (как обычно имеет место в данной области техники), и эти листы в результате разрезались на отдельные банкноты в конце производственного процесса.

На фиг. 1b показана полутоновая фотография верхнего правого угла образца банкноты, изображенной на фиг. 1а, где в укрупненном виде показан напечатанный глубокой печатью логотип "КВА-GIORI" с Пегасом 42 и тактильный узор 45, который включает ряд параллельных линий под углом 45 градусов, частично перекрывающий изображение Пегаса 42. На этой фотографии ясно видны характерное тиснение и рельеф, обусловленные глубокой печатью, а также резкость оттиска.

На фиг. 2а более подробно представлен вид левой боковой части портрета 41, изображенного на фиг. 1а (на фиг. 2а также частично видны рисунки 20, 21 и 44). На фиг. 2b представлен укрупненный вид квадратной части (представляющей интерес области R.o.I.) портрета 41, которая выделена белым квадратом на фиг. 2а. На фиг. 2b показаны некоторые характерные внутренние признаки рисунков, нанесенных глубокой печатью и составляющих портрет 41. Представляющая интерес область R.o.I., используемая для последующей обработки сигналов, не обязательно

занимает большую область поверхности документа. Тесты показали, что область поверхности менее 5 см² уже достаточна для проведения аутентификации.

На фиг.3а, 3b и 4а, 4b приведены полутоновые изображения, аналогичные приведенным на фиг.2а, 2b двум цветным копиям образца банкноты, показанного на фиг.1а, причем эти копии были изготовлены с использованием коммерческого цветного копировального оборудования. На каждой из фиг.3а и 4а изображенный белый квадрат показывает соответствующую представляющую интерес область R.o.I, портрета, который показан в укрупненном виде соответственно на фиг.3b и 4b. Первая цветная копия, показанная на фиг.3а, 3b, была произведена с использованием струйного принтера Epson и фотобумаги Epson. Вторая цветная копия, показанная на фиг.4а, 4b, была изготовлена с использованием струйного принтера Canon и нормальной бумаги. Для сканирования исходного образца и формирования входных данных для струйных принтеров использовался сканер с высоким разрешением.

Хотя обе цветные копии выглядят аналогично исходному образцу, более внимательное рассмотрение структуры скопированного рисунка, полученного глубокой печатью и формирующего портрет, как показано на фиг.3b и 4b, показывает, что его структура не такая резкая, как в исходном образце (см. фиг.2b), и что эти структуры кажутся несколько стертymi и сглаженными в результате процесса струйной печати и из-за природы используемой бумаги. Очевидно, что информация, составляющая изображения, показанные на фиг.3b и 4b, отличается от информации для исходного образца, показанного на фиг.2b. Соответственно, настоящее изобретение относится к способу, позволяющему определить, как можно выявить это различие и использовать его для дифференциации между исходным, подлинным образцом на фиг.2а, 2b, и копией на фиг.3а, 3b и 4а, 4b. Ниже обсуждается именно эта проблема.

Как указано выше, внутренним и характерным признаком рисунков, нанесенных способом глубокой печати, является, в частности, высокая резкость отпечатка, тогда как копии, напечатанные струйной печатью, демонстрируют значительно более низкую резкость отпечатка, в частности вследствие цифровой обработки и печати. То же самое может быть сказано относительно копий, напечатанных на цветном лазерном принтере, и копий, полученных способом термopечати. Это различие можно выявить, выполняя разложение данных изображения, содержащихся в увеличенном изображении (представляющей интерес области) проверяемого документа, показанном, например, на фиг.2b, 3b и 4b, по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее детали изображения, имеющие высокое разрешение, и извлечение из этого масштабного подпространства репрезентативных классификационных признаков, как будет более подробно объяснено ниже.

Предпочтительно, чтобы разложение изображения проводилось посредством технологий обработки цифрового сигнала на основе так называемых вейвлетов (по-французски "ondelettes"). Вейвлет - это математическая функция, используемая для разложения данной функции или сигнала на компоненты различных масштабов. Вейвлет-преобразование (или вейвлет-трансформация) - это представление функции или сигнала в виде вейвлетов. Вейвлет-преобразование имеет преимущество перед традиционными преобразованиями Фурье при представлении функций и сигналов, которые имеют разрывы и острые пики. Согласно настоящему изобретению, в нем используются свойства так называемых дискретных вейвлет-преобразований, как подробно обсуждается ниже.

Следует отметить, что преобразование Фурье (которое, например, используется в контексте решений, обсуждаемых в EP 1864825 A1 и патенте США №5884296) не должно ассоциироваться с вейвлет-преобразованием. Действительно, преобразование Фурье просто включает преобразование обработанного изображения в спектр, демонстрирующий содержание в изображении релевантных пространственных частот, без какого-либо масштабирования. В настоящем описании мы не даем всестороннего описания теории вейвлетов, поскольку она хорошо известна, широко обсуждается и описана в нескольких учебниках по данному вопросу. По поводу теории вейвлетов заинтересованный читатель может обратиться, например, к следующим книгам и статьям:

[Mal89] Stephane G.Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.11, No.7 (July 7, 1989), pp.674-693;

[Dau92] Ingrid Daubechies, "Ten Lectures on Wavelets", CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 61, SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics), 2nd edition, 1992, ISBN 0-89871-274-2;

[Bur98] Sidney C.Burrus, Ramesh A.Gopinath and Haitao Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer", Prentice-Hall, Inc., 1998, ISBN 0-13-489600-9;

[Hub98] Barbara Burke Hubbard, "The World According to Wavelets: The Story of a Mathematical Technique in the Making", A K Peters, Ltd., 2nd edition, 1998, ISBN 1-56881-072-5;

[Mal99] MALLAT, Stephane, "A wavelet tour of signal processing", Academic Press, 2nd edition, 1999, ISBN 0-12-466606-X; и

[Wal04] WALNUT, David F. "An Introduction to Wavelet Analysis", Birkhauser Boston, 2nd edition, 2004, ISBN 0-8176-3962-4.

Достаточно усвоить, что вейвлет может быть удобно выражен вейвлет-функцией (или "материнским вейвлетом") ψ и масштабирующей функцией (или "отцовским вейвлетом") φ . Вейвлет-функция ψ в действительности может быть представлена как полосовой/высокочастотный фильтр, который пропускает верхнюю половину сигнальной шкалы/спектра, в то время как масштабирующая функция φ может быть представлена как фильтр пропускания нижних частот, который фильтрует оставшуюся нижнюю половину сигнальной шкалы/спектра. Этот принцип схематично иллюстрируется на фиг.5а в виде одноуровневого цифрового блока фильтров, включающего фильтр пропускания нижних частот с функцией $h(n)$ и фильтр пропускания верхних частот с функцией $x(n)$, которые делят сигнальную шкалу/спектр на две части с равным спектральным диапазоном. Мы можем рассматривать одноуровневое вейвлет-преобразование дискретного выборочного сигнала $x(n)$ как прохождение этого выборочного сигнала $x(n)$ через блок фильтров на фиг.5а. Выход $y_{LOW}(n)$ фильтра пропускания нижних частот, который по сути является результатом свертки $*$ сигнала $x(n)$ и функции $h(n)$, включает масштабные коэффициенты преобразования функции, или просто "масштабные коэффициенты" (также называемые коэффициентами аппроксимации), в то время как выход $y_{HIGH}(n)$ фильтра пропускания верхних частот, который аналогично является сверткой $*$ сигнала $x(n)$ и функции $x(n)$, включает коэффициенты преобразования вейвлет-функции, или просто "вейвлетные коэффициенты" (также называемые коэффициентами деталей).

Поскольку каждый фильтр отфильтровывает половину спектральных компонентов сигнала $x(n)$, половина фильтрованных выборок может быть

отброшена согласно правилу Найквиста. Поэтому на фиг.2 выходы фильтров пропускания нижних частот и верхних частот подвергаются понижающей дискретизации на 2 (следовательно, за каждым фильтром на фиг.5 стоит оператор понижения дискретизации " $\downarrow 2$ "), что означает отбрасывание каждой второй выборки.

Если следовать этому подходу, сигнал может быть разложен на множество вейвлетных коэффициентов, соответствующих различным масштабам (или разрешениям), путем многократного повторения процесса, то есть перевода коэффициентов аппроксимации, выдаваемых фильтром пропускания нижних частот, в последующую аналогичную стадию фильтрации. Этот подход известен как многомасштабный анализ или MRA [multiresolution analysis] (см. [Ma189]) и схематично показан на фиг.5b для случая трехуровневого многомасштабного анализа. Как можно видеть на фиг.5b, блок фильтров в действительности представляет собой трехуровневый блок фильтров, при этом сигнал с выхода фильтра пропускания нижних частот на предыдущей стадии фильтрации вновь подвергается фильтрации на последующей стадии фильтрации.

На фиг.5b сигнал $x(n)$ в действительности разложен на четыре сигнальные компоненты, соответствующие трем явным масштабам, а именно (1) коэффициенты деталей в первом масштабе (коэффициенты уровня 1), которые включают половину числа выборок по сравнению с сигналом $x(n)$, (2) коэффициенты деталей во втором масштабе, отличающемся от первого (коэффициенты уровня 2), которые включают 1/4 числа выборок по сравнению с сигналом $x(n)$, и (3) коэффициенты аппроксимации и (4) коэффициенты деталей в третьем масштабе (коэффициенты уровня 3), каждый из которых включает 1/8 числа выборок по сравнению с сигналом $x(n)$.

Дискретный выборочный сигнал в конечном счете может быть полностью разложен в ряд коэффициентов деталей (вейвлетных коэффициентов) в различных масштабах, до тех пор пока выборочный сигнал включает 2^N выборок, где N - количество итераций или уровней, необходимых для полного разложения сигналов на вейвлетные коэффициенты.

Итак, многомасштабный анализ (MRA), или многошкальный анализ, относится к технологии обработки сигналов на основе вейвлет-преобразований, в результате чего сигнал разлагается на множество вложенных подпространств в различных масштабах в диапазоне от мелких деталей (компоненты высокого разрешения) до крупных деталей (компоненты низкого разрешения) сигнала, как схематично показано на диаграмме фиг.6.

Согласно настоящему изобретению, внутренние признаки подлинных защитных признаков, в частности внутренний признак рисунков, выполненных глубокой печатью, идентифицируют путем рассматривания при высоком разрешении (крупный масштаб) мелких деталей изображения проверяемого документа, который требуется аутентифицировать, а не более грубых деталей с низким разрешением в изображении проверяемого документа.

Выше мы обсуждали теорию вейвлетов в контексте обработки только одномерного сигнала. Однако изображения следует рассматривать как двумерные сигналы, которые соответственно требуют двумерной обработки. Поэтому перед тем, как вернуться непосредственно к описанию предпочтительных вариантов выполнения настоящего изобретения, обсудим кратко концепцию двумерного вейвлет-преобразования.

Рассмотренную выше теорию вейвлетов можно легко распространить на

разложение двумерных сигналов, как, например, обсуждается в работе [Ma189]. Двумерное вейвлет-преобразование по существу включает построчную и постолбцовую обработку двумерного сигнала, при этом строки и столбцы сигнала обрабатываются по отдельности с использованием рассмотренного выше

одномерного вейвлет-алгоритма. Пояснение дается со ссылками на фиг.7а, 7b, 8 и 9.

На фиг.7 схематично показано исходное изображение (то есть изображение, соответствующее выбранной представляющей интерес области выборочного изображения проверяемого документа, который требуется аутентифицировать, например изображения, показанного на фиг.2b, 3b или 4b). Это исходное изображение обозначено символом c^0 . Изображение c^0 состоит из матрицы в $p \times p$ пикселей, где p кратно $2N$, а N - целое число, соответствующее количеству N желательных вейвлетных итераций. На практике размер изображения должен быть достаточно большим, чтобы охватить относительно большое количество признаков. Например, исходное изображение c^0 может состоять из матрицы в 256×256 пикселей. Однако вполне возможны и другие размеры изображений. Очевидно, что при разложении выборки с разрешением 300 точек на дюйм размер такого изображения соответствует поверхностной области на проверяемом документе площадью приблизительно 2×2 см².

В результате первой итерации при вейвлет-преобразовании, как показано на фиг.7а, исходное изображение c^0 разбивается на четыре фрагмента c^1 , d_1^1 , d_2^1 и d_3^1

изображения, каждый из которых имеет размер $(n/2) \times (n/2)$ пикселей. Фрагмент c^1 изображения содержит аппроксимацию исходного изображения c^0 , полученную после фильтра пропускания нижних частот при перемещении вдоль строк и столбцов исходного изображения c^0 . С другой стороны, фрагменты d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 изображения содержат детали исходного изображения c^0 , полученные после фильтра пропускания верхних частот при перемещении вдоль строк и столбцов исходного изображения c^0 . Более конкретно:

d_1^1 - результат после фильтра пропускания верхних частот при проходе вдоль строк и фильтра пропускания нижних частот при проходе вдоль столбцов исходного изображения c^0 и содержит горизонтальные детали исходного изображения c^0 ;
 d_2^1 - результат после фильтра пропускания нижних частот при проходе вдоль строк и фильтра пропускания верхних частот при проходе вдоль столбцов исходного изображения c^0 и содержит вертикальные детали исходного изображения c^0 ; и
 d_3^1 - результат после фильтра пропускания верхних частот при проходе вдоль строк и столбцов исходного изображения c^0 и содержит диагональные детали исходного изображения c^0 .

Процесс может быть повторен при последующих итерациях путем аналогичного разложения фрагмента c^1 изображения на четыре дополнительных фрагмента c^2 , d_1^2 , d_2^2 и d_3^2 изображения, размер каждого из которых равен $(n/4) \times (n/4)$ пикселей, как схематично показано на фиг.7b. На фиг.7b фрагменты d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 изображения представляют детали изображения c^0 в первом разложении (или масштабе), в то время как фрагменты d_1^2 , d_2^2 и d_3^2 изображения представляют детали изображения c^0 во втором разложении, составляющем половину первого разложения.

Таким образом, после N итераций исходное изображение c^0 будет разбито на $3N+1$ фрагмент d^m , d_2^m , d_3^m и c^N изображения, где $m=1, 2, \dots, N$. Как уже говорилось выше, каждый фрагмент d_1^m изображения содержит горизонтальные детали исходного изображения в различных масштабах (или разложениях), тогда как каждый фрагмент d_2^m и d_3^m изображения содержит вертикальные и диагональные детали исходного изображения в различных масштабах.

Двумерное вейвлет-преобразование предпочтительно выполняют согласно так называемому способу "нестандартного разложения", который схематично показан на фиг.8. Согласно этому способу разложения, одномерное вейвлет-преобразование поочередно выполняют в строках и столбцах изображения. На фиг.8 позиции A , D , a , d обозначают следующее:

A - коэффициенты аппроксимации (то есть после фильтра пропускания нижних частот) для строк изображения;

D - коэффициенты деталей (то есть после фильтра пропускания верхних частот) для строк изображения;

a - коэффициенты аппроксимации (то есть после фильтра пропускания нижних частот) для столбцов изображения; и

d - коэффициенты деталей (то есть после фильтра пропускания верхних частот) для столбцов изображения.

Как показано в верхней части фиг.8, сначала обрабатывают строки исходного изображения, а затем столбцы, так чтобы получить результат, показанный на фиг.7a (где Aa , Da , Ad и Dd соответствуют соответственно фрагментам c^1 , d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 изображения).

Как показано в нижней части фиг.8, фрагмент Aa изображения (который соответствует фрагменту c^1 изображения) обрабатывают аналогично, начиная со строк, а затем по столбцам, что приводит к тому же самому разложению, что показано на фиг.7b (где $AaAa$, $AaDa$, $AaAd$ и $AaDd$ соответствуют фрагментам c^2 , d_1^2 , d_2^2 и d_3^2 изображения соответственно).

Альтернативой вышеуказанному способу "нестандартного разложения" является так называемый способ "стандартного разложения", который выполняют путем проведения всех необходимых итераций по строкам и только затем необходимых итераций по столбцам. Этот способ схематично показан на фиг.9.

Преимущество способа "стандартного разложения" состоит в том, что для преобразования всего изображения каждая строка и столбец изображения должны быть загружены в память только однажды. Соответственно, этот способ требует минимального количества доступов к памяти, что благоприятно в контексте реализации с использованием программируемой вентильной матрицы (FPGA).

Хотя способ "нестандартного разложения" требует большего количества доступов к памяти по сравнению с другим способом, его преимущество состоит в том, что он требует меньших затрат времени на вычисления, поскольку в течение каждой итерации должна быть обработана только четверть данных, полученных из предыдущей итерации. Кроме того, в способе "нестандартного разложения" горизонтальные и вертикальные детали извлекаются по отдельности, как это легко видеть из сравнения фиг.8 и 9.

В контексте настоящего изобретения пригодны различные типы дискретных вейвлет-преобразований. Успешные тесты были проведены, в частности, с использованием известных так называемых вейвлет-преобразований Хаара, Добеши

и Паскаля.

Вейвлет-преобразование Хаара фактически представляет собой первое известное вейвлет-преобразование. Это вейвлет-преобразование (в то время оно так не называлось) было открыто в 1909 г. венгерским математиком Альфредом Хааром.

5 Это вейвлет-преобразование известно также как специальный случай так называемого вейвлет-преобразования Добеши. Каждый из соответствующих фильтров пропускания высоких частот и нижних частот в вейвлет-преобразований Хаара состоит из двух коэффициентов, а именно:

10 для фильтра пропускания нижних частот:

$$h_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

и

15
$$h_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

а для фильтра пропускания высоких частот:

20
$$g_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

и

$$g_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

25 Вейвлет-преобразование Добеши (см. [Dau92]) названо в честь Ингрид Добеши, бельгийского физика и математика. Вейвлеты Добеши - это семейство ортогональных вейвлетов и характеризуются максимальным количеством так называемых нулевых моментов (taps).

30 Среди семейства вейвлет-преобразований Добеши известен, например, так называемый вейвлет Добеши с 4 нулевыми моментами (или преобразование db4), в котором коэффициенты фильтра содержат четыре коэффициента, а именно;

для фильтра пропускания нижних частот:

35
$$h_1 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4} = 0,6830127 \quad (5)$$

$$h_2 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4} = 1,1830127 \quad (6)$$

40
$$h_3 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4} = 0,3169873 \quad (7)$$

и

45
$$h_4 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4} = -0,1830127 \quad (8)$$

а для фильтра пропускания высоких частот:

$$g_1 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4} = -0,1830127 \quad (9)$$

50
$$g_2 = -\frac{3 - \sqrt{3}}{4} = -0,3169873 \quad (10)$$

$$g_3 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4} = 1,1830127 \quad (11)$$

и

$$g_4 = -\frac{1 + \sqrt{3}}{4} = -0,6830127 \quad (12)$$

Преимущество преобразования Добеши db4 над вейвлет-преобразованием Хаара заключается, в частности, в большей эффективности фильтрации при преобразовании Добеши, то есть частоты отсеки низкочастотного и высокочастотного фильтров выражены более резко.

Вейвлет-преобразование Паскаля основано на биномиальных коэффициентах треугольника Паскаля (названного в честь французского философа и математика Блеза Паскаля). Хотя вейвлет-преобразование Паскаля характеризуется менее резко выраженными частотами отсеки, чем вейвлет-преобразования Хаара и Добеши, это преобразование способно лучше аппроксимировать непрерывные сигналы, чем вейвлет-преобразование Хаара, и требует меньшего времени на вычисления, чем вейвлет-преобразование Добеши.

Для примера, можно использовать следующее вейвлет-преобразование Паскаля, в котором низкочастотный и высокочастотный фильтры определены следующими тремя коэффициентами фильтра:

для фильтра пропускания нижних частот:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{4} = 0,35355 \quad (13)$$

$$h_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,7071 \quad (14)$$

и

$$h_3 = \frac{\sqrt{2}}{4} = 0,35355 \quad (15)$$

а для фильтра пропускания высоких частот:

$$g_1 = \frac{\sqrt{2}}{4} = 0,35355 \quad (16)$$

$$g_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}} = -0,7071 \quad (17)$$

и

$$g_3 = \frac{\sqrt{2}}{4} = 0,35355 \quad (18)$$

В отличие от вейвлет-преобразований Хаара и Добеши, в вейвлет-преобразовании Паскаля используется неортогональный вейвлет.

Хотя выше в качестве возможных в рамках настоящего изобретения вейвлет-преобразований были упомянуты вейвлет-преобразования Хаара, Добеши и Паскаля, их следует рассматривать только в качестве предпочтительных примеров. Известны и другие дискретные вейвлет-преобразования (см., например, [Mal99]).

Согласно настоящему изобретению, наибольший интерес представляют мелкие детали с высоким разрешением, выбранные в представляющей интерес области выборочного изображения в проверяемом документе. Другими словами, согласно настоящему изобретению, сигнал (то есть данные изображения представляющей

интерес области) не обязательно полностью раскладывать на вейвлет-компоненты. Соответственно, для извлечения релевантных признаков, которые позволяют построить репрезентативные классификационные данные для аутентифицируемого проверяемого документа, достаточно выполнить одну или несколько итераций вейвлет-преобразования данных изображения, как будет видно из последующего. Это означает, что самыми релевантными масштабами анализируемых изображений являются масштабы, соответствующие мелким деталям с высоким разрешением, первоначально полученные в ходе многомасштабного анализа.

Тесты, проведенные заявителем, показали, что для извлечения необходимых признаков, позволяющих отнести проверяемый документ к классу подлинных, или по всей видимости подлинных, документов или к классу скопированных/подделанных документов (и, таким образом, дифференцировать проверяемый документ), в большинстве случаев достаточно одной итерации вейвлет-преобразования (то есть одноуровневого анализа разложения, как схематично показано на фиг.5а). Другими словами, выборочное изображение может просто быть разбито по меньшей мере на одно крупномасштабное подпространство, содержащее детали выборочного изображения, имеющие высокое разрешение.

Однако в рамках настоящего изобретения вполне можно выполнить более одной итерации вейвлет-преобразования, то есть извлечь множество наборов коэффициентов деталей (или вейвлетных коэффициентов), соответствующих больше чем одному масштабу с высоким разрешением для данных изображения. Для повышения эффективности вычислений и обработки предпочтительно поддерживать количество итераций по возможности наименьшим. Кроме того, как уже сказано выше, согласно настоящему изобретению, нет необходимости в полном разложении сигнала на вейвлет-компоненты, поскольку последние полученные вейвлет-компоненты соответствуют грубому контенту изображения, характеризующемуся низкой разрешающей способностью, а ожидается, что такой контент будет практически одинаков для подлинного документа и его подделки. Действительно, именно это и объясняет, почему человек с низкой квалификацией, не имеющий никаких специальных знаний о защищенной печати, может быть так легко обманут общим внешним видом поддельного документа.

Поэтому последующее обсуждение будет сконцентрировано на случае одноуровневого вейвлет-преобразования, включающего только одну итерацию двумерного вейвлет-преобразования, как схематично показано на фиг.7а, то есть представляющая интерес область будет разбита на четыре фрагмента c^1 , d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 изображения.

На фиг.10а показан результат первой итерации двумерного вейвлет-преобразования в применении к изображению исходного образца банкноты, показанного на фиг.2b. В этом примере исходное изображение имело размер 252×252 пикселя, и для обработки изображения было использовано вейвлет-преобразование Хаара, рассмотренное выше.

В верхнем левом углу на фиг.10а показано аппроксимирующее изображение c^1 , полученное после фильтра пропускания нижних частот. Детальные изображения d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 , полученные после фильтра пропускания верхних частот, показаны по существу как темные области, поскольку вейвлетные коэффициенты имеют малые значения, а также включают отрицательные коэффициенты (поэтому при непосредственном рассмотрении вейвлетные коэффициенты проявляются по

существо как "черные" пиксели).

Для лучшего представления вейвлетных коэффициентов изображений d_1^1 , d_2^1 и d_3^1

эти изображения можно нормализовать с тем, чтобы коэффициенты
 5 располагались в диапазоне от 0 до 255 (то есть в 8-битовом диапазоне для
 полутонового изображения). Такое представление показано на фиг.10b, где $[d_1^1]_N$,
 $[d_2^1]_N$ и $[d_3^1]_N$ соответственно определяют нормализованные версии детальных
 10 изображений d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 . При взгляде на фиг.10b можно заметить, что вейвлет-
 преобразование адекватно выявляет резкие переходы в рисунке глубокой печати.

На фиг.11a показано нормализованное изображение $[d_G^1]_N$, полученное
 комбинацией трех детальных изображений d_1^1 , d_2^1 и d_3^1 , показанных на фиг.10a, 10b.
 15 На фиг.11b и 11c показано соответствующее нормализованное изображение $[d_G^1]_N$,
 полученное в результате вейвлет-преобразования изображений первой и второй
 цветных копий, показанных соответственно на фиг.3b и 4b.

Можно заметить, что имеется существенное визуальное отличие между
 20 изображением на фиг.11a и изображениями на фиг.11b и 11c. Особенно заметно, что
 края узора на фиг.11a проявляются более четко, чем на фиг.11b и 11c.

Теперь, после пояснения обработки изображений различных проверяемых
 документов, поясним, как из этих обработанных изображений можно извлечь
 репрезентативные признаки для классификации и дифференциации документов.

На фиг.12 показано девять гистограмм, демонстрирующих статистическое
 25 распределение вейвлетных коэффициентов для горизонтальных, вертикальных и
 диагональных деталей (то есть вейвлетные коэффициенты детальных изображений
 d_1^1 , d_2^1 и d_3^1) для каждого изображения на фиг.2b, 3b и 4b. Более конкретно, левый,
 30 средний и правый столбцы на фиг.12 соответственно демонстрируют
 соответствующие гистограммы, полученные для изображений на фиг.2b, 3b и 4b,
 тогда как верхняя, средняя и нижняя строки на фиг.12 соответственно
 демонстрируют соответствующие гистограммы для горизонтальных, вертикальных
 35 и диагональных деталей.

Как видно на фиг.12, гистограммы, полученные из изображения исходного
 40 образца (левый столбец на фиг.12) шире, чем гистограммы, полученные из
 изображений цветных копий (средний и правый столбцы на фиг.12). Другими
 словами, для категоризации статистического распределения вейвлетных
 коэффициентов, можно с успехом использовать дисперсию σ^2 , то есть меру размытия
 вейвлетных коэффициентов. Дисперсия σ^2 также известна в статистике как "второй
 момент". Альтернативно, можно использовать так называемое среднеквадратичное
 отклонение σ , которое равно квадратному корню из дисперсии σ^2 .

Помимо дисперсии σ^2 и среднеквадратичного отклонения σ , для характеристики
 45 статистического распределения вейвлетных коэффициентов можно использовать
 другие статистические параметры, а именно:

50 среднее арифметическое вейвлетных коэффициентов, известное в статистике как
 "первый момент";

асимметрию статистического распределения вейвлетных коэффициентов,
 известную также в статистике как "третий момент", представляющий собой критерий
 асимметрии статистического распределения;

эксцесс, известный в статистике как "четвертый момент", представляющий собой критерий "остроконечности" статистического распределения, и/или статистическую энтропию, которая является мерой изменения статистического распределения.

Для извлечения признака, перечисленные выше моменты (включая дисперсию) должны быть нормализованы, чтобы обеспечить надежное сравнение и классификацию различных проверяемых документов.

На фиг. 13 иллюстрируются понятия асимметрии и эксцесса. Считается, что "положительная асимметрия" (на чертеже) характеризует статистическое распределение так, что при этом правый "хвост" распределения длиннее, и центр масс распределения смещен влево. Противоположным понятием является "отрицательная асимметрия". С другой стороны, считается, что "положительный/высокий эксцесс" или "отрицательный/низкий эксцесс" (на чертеже), характеризует статистическое распределение, включающее соответственно более острые пики и более короткие "хвосты" и более скругленные пики и более широкие "плечи".

Ниже для дальнейшей категоризации признаков наряду с дисперсией σ^2 будем, в частности, использовать эксцесс (в дальнейшем обозначаемый символом S).

На фиг. 14a-14c показаны три столбчатых диаграммы, иллюстрирующие дисперсию σ^2 статистических распределений вейвлетных коэффициентов, показанных на фиг. 12. Цифры 1, 2, 3 на фиг. 14a-14c соответственно относятся к трем проверяемым документам, которые были обработаны, а именно исходному образцу (фиг. 2a и 2b), первой цветной копии (фиг. 3a и 3b) и второй цветной копии (фиг. 4a и 4b). На фиг. 14a дисперсия σ^2 показана для горизонтальных деталей, тогда как на фиг. 14b и 14c показана дисперсия σ^2 соответственно для вертикальных и диагональных деталей.

Как и ожидалось, дисперсия σ^2 значительно более высокая в случае распределения вейвлетных коэффициентов, полученных для изображения исходного образца, чем вычисленная по статистическим распределениям вейвлетных коэффициентов, полученных для изображений цветных копий.

Были проведены тесты на различных оригинальных (то есть аутентичных) образцах банкнот и на цветных копиях (то есть подделках) этого оригинала. Эти тесты показали, что способ согласно настоящему изобретению является очень жестким, особенно когда данные изображения обрабатываемой области, представляющей интерес, содержат относительно высокую плотность признаков, нанесенных глубокой печатью, например, в случае части портрета или любого другого аналогичного плотного живописного представления, которое можно найти на большинстве банкнот (например, нанесенных глубокой печатью рисунков, представляющих архитектурные объекты на банкнотах евро.). Кроме того, тесты показали, что области, содержащие меньшее количество признаков, нанесенных способом глубокой печати, все еще дают хорошие результаты.

На фиг. 15a и 15b показаны два увеличенных изображения части нанесенного способом глубокой печати портрета Беттины фон Арним, который имеется на лицевой стороне банкноты в 5 немецких марок, выпускавшейся в 1991-2001 г.г. в Германии до введения евро. На фиг. 15b показан пример возможной представляющей интерес области, которая анализировалась для установления подлинности согласно вышеописанному способу.

Было исследовано несколько проверяемых документов, включая как исходные

банкноты с различными степенями износа, так и цветные копии банкнот, которые были изготовлены с использованием струйной печати, термопечати, а также лазерного копировального и печатного оборудования. На фиг.16а для иллюстрации показано шесть аналогичных изображений одной и той же представляющей интерес области, полученных от исходного образца в очень хорошем состоянии (иллюстрация А), исходного образца с относительно высокой степенью износа (иллюстрация В), цветной копии, изготовленной струйным принтером на бумаге фотореалистического качества с разрешением 5600 точек на дюйм (иллюстрация С), цветной копии, изготовленной струйным принтером на нормальной бумаге с разрешением 5600 точек на дюйм (иллюстрация D), цветной копии, изготовленной термопечатью на бумаге фотореалистического качества с разрешением 300 точек на дюйм (иллюстрация Е), и цветной копии, изготовленной лазерным принтером на нормальной бумаге с разрешением 1200 точек на дюйм (иллюстрация F).

На фиг.16b показаны соответствующие гистограммы статистических распределений вейвлетных коэффициентов (на фиг.16b гистограммы получены из комбинации трех изображений деталей, полученных после низкочастотной фильтрации изображений, показанных на фиг.16а). Видно, что гистограммы, вычисленные на основе изображений двух исходных образцов (гистограммы А и В на фиг.16b), очень похожи, несмотря на различную степень износа образцов (и наличия морщин в представляющей интерес области изображения у второго исходного образца - см. изображение В на фиг.16а). Четко видны различия со статистическим распределением вейвлетных коэффициентов, полученных на основе изображения копий, которые изготовлены с использованием двух струйных принтеров и термопечати (гистограммы С-Е). Статистическое распределение вейвлетных коэффициентов, полученных на основе изображения копии, изготовленной с использованием лазерного принтера (гистограмма F), кажется более близкой к гистограмме для исходных образцов. Однако дисперсия гистограммы, соответствующей копии, которая изготовлена на лазерном принтере, все еще меньше, чем дисперсия для исходного образца. Кроме того, все гистограммы, соответствующие цветным копиям (гистограммы С-F), явно демонстрируют другие амплитуды и формы пика по сравнению с гистограммами исходных образцов (гистограммы А и В).

Для иллюстрации на фиг.17 показано наложение гистограмм, соответствующих первому исходному образцу (гистограмма А на фиг.16b) и цветной копии, изготовленной на лазерном принтере (гистограмма F на фиг.16b).

На фиг.18а и 18b показаны две столбчатые диаграммы, показывающие соответственно дисперсию σ^2 и эксцесс С, вычисленные для статистического распределения вейвлетных коэффициентов, полученных от изображений по существу той же самой представляющей интерес области для одиннадцати проверяемых документов, включающих пять исходных образцов с различной степенью износа (кандидаты 1-5) и шесть цветных копий (кандидаты 6-11), изготовленных струйной печатью, термопечатью или цветной лазерной печатью. В обоих случаях дисперсия σ^2 и эксцесс С четко демонстрируют, что с использованием этих двух статистических параметров в качестве классификационных данных можно различить подлинные документы и подделки.

Для иллюстрации на фиг.19 показано соответствующее пространство признаков, построенное с использованием дисперсии σ^2 и эксцесса С в качестве координат (X; Y) этого пространства признаков, в которое можно помещать результаты,

полученные для проверяемых документов. Можно провести четкую границу между точками, соответствующими исходным образцам (расположены в верхнем правом углу пространства признаков), и теми, которые соответствуют цветным копиям (расположены в нижнем левом углу пространства признаков).

5 На фиг.20 показано пространство признаков, аналогичное изображенному на фиг.19, где дисперсия σ^2 и эксцесс C вновь используются в качестве координат ($X; Y$) и где показаны результаты, полученные при обработке дополнительных проверяемых документов, включая исходные банкноты евро. Эти результаты
10 подтверждают надежность и эффективность способа распознавания согласно настоящему изобретению.

Следует отметить, что способ согласно настоящему изобретению сам по себе не требует, чтобы выбранная представляющая интерес область была строго одной и той же областью проверяемых документов. Фактически, девиации фактического
15 положения представляющей интерес области от одного проверяемого документа к другому по существу не влияют на результаты. Соответственно, способ согласно настоящему изобретению обладает тем преимуществом, что не требует точной идентификации и определения местоположения представляющей интерес области
20 перед обработкой сигналов. Это очень упрощает процесс опознавания в целом и его реализацию (особенно в банкоматах и т.п.), поскольку нужно лишь обеспечить, чтобы выбранная представляющая интерес область более или менее перекрывала область, включающую достаточное репрезентативное количество внутренних признаков (в частности, признаков, присущих глубокой печати).

25 Таким образом, можно подытожить вышеописанный способ опознавания, иллюстрированный последовательностью операций на фиг.22, как включающий следующие шаги:

получение выборочного изображения (то есть изображения s^0) по меньшей мере
30 одной представляющей интерес области поверхности проверяемого аутентифицируемого документа, при этом представляющая интерес область охватывает по меньшей мере часть защитных признаков;

цифровую обработку выборочного изображения s^0 путем разложения
35 выборочного изображения по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее детали выборочного изображения с высоким разрешением (например, по меньшей мере один из фрагментов d_1^m , d_2^m и d_3^m изображения, где $m=1, 2, \dots, N$, а N - количество выполненных итераций), и извлечение из масштабного подпространства классификационных признаков (например, статистического
40 параметра (параметров) статистического распределения спектральных коэффициентов);

вычисление коэффициента аутентичности (или классификация) проверяемого документа на основе извлеченных классификационных признаков.

45 На фиг.21 схематично показано выполнение устройства для аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, согласно вышеописанному способу. Это устройство содержит оптическую систему 100 для получения выборочного изображения (изображения s^0) представляющей интерес области на
50 аутентифицируемом проверяемом документе, и блок 200 цифровой обработки сигнала, запрограммированный на выполнение цифровой обработки выборочного изображения. Блок 200 цифровой обработки сигнала предпочтительно выполнен в виде блока программируемой вентиляющей матрицы (Field-Programmable-Gate-Array).

Понятно, что вышеописанное изобретение может применяться просто для выявления защитных признаков (в частности, рисунков, нанесенных способом глубокой печати), напечатанных на защищенных документах, в частности банкнотах, или наложенных или нанесенных на них другим способом и включающих характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для изготовления защищенных документов. Путем описанной выше цифровой обработки выборочного изображения по меньшей мере одной представляющей интерес области поверхности проверяемого документа, выбираемой так, чтобы она включала по меньшей мере часть защитных признаков (то есть выполнения одной или нескольких итераций в рамках многомасштабного анализа выборочного изображения), можно извлечь классификационные признаки, которые характерны для защитных признаков.

Как сказано выше, классификационными признаками предпочтительно могут быть статистические параметры, выбранные из группы, включающей среднее арифметическое, дисперсию (σ^2), асимметрию, эксцесс (С) и энтропию статистического распределения спектральных коэффициентов, представляющих детали с высоким разрешением выборочного изображения в крупном масштабе.

Кроме того, следует отметить, что коэффициент аутентификации, вычисленный согласно вышеописанному способу, может быть оптимизирован путем проецирования защитных признаков, которые должны быть напечатаны на защищенных документах или наложены или нанесены на них другим способом, так чтобы вызвать характерную реакцию в масштабных подпространстве или подпространствах, содержащих детали с высоким разрешением обрабатываемого выборочного изображения.

Такая оптимизация может быть достигнута, в частности, путем воздействия на защитные признаки, включая рисунки, нанесенные способом глубокой печати, линейной офсетной печати, печати с печатных форм, оптические дифракционные структуры и/или их комбинацию. В частности, желательно иметь высокую плотность таких рисунков, предпочтительно нанесенных способом линейной или криволинейной глубокой печати, как показано, например, на фиг.2b.

В вышеописанных вариантах выполнения настоящего изобретения могут быть сделаны различные изменения и/или усовершенствования в пределах его объема, как определено в формуле изобретения.

Например, как сказано выше, хотя принцип аутентификации предпочтительно основан на обработке изображения, содержащего (или предположительно содержащего) рисунки, нанесенные способом глубокой печати, изобретение может быть аналогично применено к обработке изображения, содержащего другие защитные признаки характерных визуальных признаков, присущих процессам, которые используются для изготовления защищенных документов, в частности рисунки, полученные способом линейной офсетной печати, печати с типографских форм, оптические дифракционные структуры и/или их комбинации.

Хотя в контексте вышеописанных вариантов выполнения настоящего изобретения рассматривалось вейвлет-преобразование, это конкретное преобразование следует рассматривать просто как предпочтительное в рамках настоящего изобретения. Однако возможны и другие преобразования, например так называемые чирплет-преобразования. Вообще говоря, может использоваться любое подходящее преобразование, лишь бы оно позволяло выполнить разложение выборочного изображения по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее

детали с высоким разрешением для выборочного изображения.

Кроме того, вышеописанная методология может быть применена в таком виде для анализа выборочного изображения в более чем одном масштабном подпространстве, содержащем детали с высоким разрешением для выборочного изображения в различных масштабах. В таком случае для характеристики аутентифицируемого проверяемого документа можно извлечь классификационные признаки из каждого масштабного подпространства. Другими словами, настоящее изобретение не ограничено разложением выборочного изображения только в одно масштабное подпространство, содержащее детали с высоким разрешением для выборочного изображения.

Кроме того, хотя для выявления коэффициента аутентичности проверяемого документа в качестве способа извлечения классификационных признаков была описана обработка статистического распределения спектральных коэффициентов, можно использовать любую другую подходящую обработку, лишь бы она позволяла изолировать и выявить признаки, которые достаточно репрезентативны для защитных признаков подлинных защищенных документов.

Формула изобретения

1. Способ аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, которые содержат защитные признаки (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанные на защищенных документах или наложенные или нанесенные на них другим способом и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для изготовления защищенных документов, включающий:

получение выборочного изображения (c^0) по меньшей мере одной представляющей интерес и охватывающей по меньшей мере часть указанных защитных признаков области (R.o.I) поверхности проверяемого аутентифицируемого документа,

цифровую обработку указанного выборочного изображения (c^0) путем разложения выборочного изображения (c^0) по меньшей мере в одно масштабное подпространство, содержащее детали ($d_1^1, d_2^1, d_3^1 \dots$) с высоким разрешением выборочного изображения (c^0), и извлечение классификационных признаков ($\sigma^2, C \dots$) из указанного масштабного подпространства и

вычисление коэффициента аутентификации проверяемого документа на основе извлеченных классификационных признаков ($\sigma^2, C \dots$).

2. Способ по п.1, в котором цифровая обработка выборочного изображения включает: выполнение преобразования указанного выборочного изображения (c^0) для получения по меньшей мере одного набора спектральных коэффициентов, репрезентативных для указанных деталей ($d_1^1, d_2^1, d_3^1 \dots$) с высоким разрешением выборочного изображения (c^0) в крупном масштабе и обработку указанных спектральных коэффициентов для извлечения указанных классификационных признаков ($\sigma^2, C \dots$).

3. Способ по п.2, в котором указанная обработка спектральных коэффициентов включает обработку статистического распределения спектральных коэффициентов.

4. Способ по п.3, в котором указанная статистическая обработка включает вычисление по меньшей мере одного статистического параметра, выбранного из группы, включающей среднее арифметическое (первый момент в статистике),

дисперсию (σ^2 , второй момент в статистике), асимметрию (третий момент в статистике), эксцесс (С, четвертый момент в статистике) и энтропию статистического распределения указанных спектральных коэффициентов.

5. Способ по любому из пп.2-4, в котором указанное преобразование представляет собой вейвлет-преобразование.

6. Способ по п.5, в котором указанное вейвлет-преобразование представляет собой дискретное вейвлет-преобразование, предпочтительно выбранное из группы, включающей вейвлет-преобразование Хаара, вейвлет-преобразование Добеши и вейвлет-преобразование Паскаля.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором указанное разложение выборочного изображения (c^0) выполняют в результате одной или нескольких (N) итераций в рамках многомасштабного анализа выборочного изображения.

8. Способ аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, которые содержат защитные признаки (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанные на защищенных документах или наложенные или нанесенные на них другим способом и включающие характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для изготовления защищенных документов, включающий

получение выборочного изображения (c^0) по меньшей мере одной представляющей интерес области (R.o.I) поверхности проверяемого аутентифицируемого документа, при этом представляющую интерес область (R.o.I) выбирают так, чтобы она включала по меньшей мере часть указанных защитных признаков (41-49; 30; 10; 51, 52), и цифровую обработку упомянутого выборочного изображения (c^0) упомянутой по меньшей мере одной представляющей интерес области (R.o.I), при этом указанная цифровая обработка включает выполнение одной или нескольких (N) итераций в рамках многомасштабного анализа выборочного изображения (c^0).

9. Способ по п.1 или 8, включающий цифровую обработку множества выборочных изображений, соответствующих нескольким представляющим интерес областям (R.o.I) того же самого проверяемого документа.

10. Способ по п.1 или 8, в котором указанное выборочное изображение (c^0) получено с разрешением менее 600 точек на дюйм, предпочтительно 300 точек на дюйм.

11. Способ по п.1 или 8, в котором указанные защитные признаки включают рисунки (41-49), полученные способом глубокой печати, рисунки (10), полученные способом линейной офсетной печати, рисунки (51, 52), полученные печатью с типографских форм, оптические дифракционные структуры (30) и/или их комбинации.

12. Способ по п.1 или 8, в котором указанные защитные признаки включают линейные или криволинейные рисунки с переменными шириной, длиной и промежуточным расстоянием.

13. Способ по п.1 или 8, в котором указанную по меньшей мере одну представляющую интерес область (R.o.I) выбирают так, чтобы она включала высокую плотность рисунков, предпочтительно линейных или криволинейных рисунков (фиг.2b), нанесенных способом глубокой печати.

14. Способ по п.13, в котором указанную по меньшей мере одну представляющую интерес область (R.o.I) выбирают так, чтобы она включала живописный рисунок, например портрет, имеющийся на проверяемом документе (фиг.2a, 2b).

15. Устройство (200) для обработки цифровых сигналов, предназначенное для

обработки данных выборочного изображения (c^0) по меньшей мере одной представляющей интерес области (R.o.I) на поверхности проверяемого документа (1), аутентификация которого проводится согласно способу по любому из пп.1-14, при этом указанное устройство (200) для обработки цифровых сигналов запрограммировано для выполнения указанной цифровой обработки выборочного изображения (c^0).

16. Устройство (200) для обработки цифровых сигналов по п.15, выполненное в виде блока программируемой вентиляющей матрицы.

17. Устройство для аутентификации защищенных документов, в частности банкнот, согласно способу по любому из пп.1-14, содержащее оптическую систему (100) для получения выборочного изображения (c^0) представляющей интерес области (R.o.I) и устройство (200) для обработки цифрового сигнала, запрограммированное для выполнения цифровой обработки выборочного изображения (c^0).

18. Устройство по п.17, в котором указанное устройство (200) для обработки цифрового сигнала выполнено в виде блока программируемой вентиляющей матрицы.

19. Способ создания защищенных документов, в частности банкнот, включающий разработку защитных признаков, которые будут напечатаны на защищенных документах, или наложены, или нанесены на них другим способом и которые разработаны так, чтобы оптимизировать коэффициент аутентификации, вычисляемый согласно способу по любому из пп.1-7, путем вызова характерной реакции в указанном по меньшей мере одном масштабном подпространстве.

20. Способ по п.19, в котором указанные защитные признаки включают рисунки (41-49), полученные способом глубокой печати, рисунки (10), полученные способом линейной офсетной печати, рисунки (51, 52), полученные печатью с типографских форм, и оптические дифракционные структуры (30) и/или их комбинации.

21. Способ по п.19 или 20, в котором указанные защитные признаки разработаны так, что включают высокую плотность рисунков, предпочтительно линейных или криволинейных рисунков (фиг.2b), нанесенных способом глубокой печати.

22. Способ обнаружения защитных признаков (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанных на защищенных документах, в частности банкнотах, или наложенных или нанесенных на них иным способом и включающих характерные визуальные признаки, присущие процессам, которые используются для изготовления защищенных документов, включающий получение выборочного изображения (c^0) по меньшей мере одной представляющей интерес области (R.o.I.) поверхности проверяемого документа,

при этом представляющую интерес область (R.o.I) выбирают так, чтобы она включала по меньшей мере часть указанных защитных признаков (41-49; 30; 10; 51, 52),

и цифровую обработку упомянутого выборочного изображения (c^0) упомянутой по меньшей мере одной представляющей интерес области (R.o.I.), при этом указанная цифровая обработка включает выполнение одной или большего количества (N) итераций в рамках многомасштабного анализа выборочного изображения (c^0) для извлечения классификационных признаков (σ^2 , $S...$), которые являются характерными для указанных защитных признаков (41-49; 30; 10; 51, 52).

23. Способ по п.22, адаптированный для обнаружения рисунков (41-49),

нанесенных способом глубокой печати.

24. Способ по п.22 или 23, в котором указанные классификационные признаки (σ^2 , С...) представляют собой статистические параметры, выбранные из группы, включающей среднее арифметическое (первый момент в статистике), дисперсию (σ^2 , второй момент в статистике), асимметрию (третий момент в статистике), эксцесс (С, четвертый момент в статистике) и энтропию статистического распределения указанных спектральных коэффициентов, представляющих детали ($d_1^1, d_2^1, d_3^1 \dots$) с высоким разрешением выборочного изображения (c^0) в крупном масштабе.

15

20

25

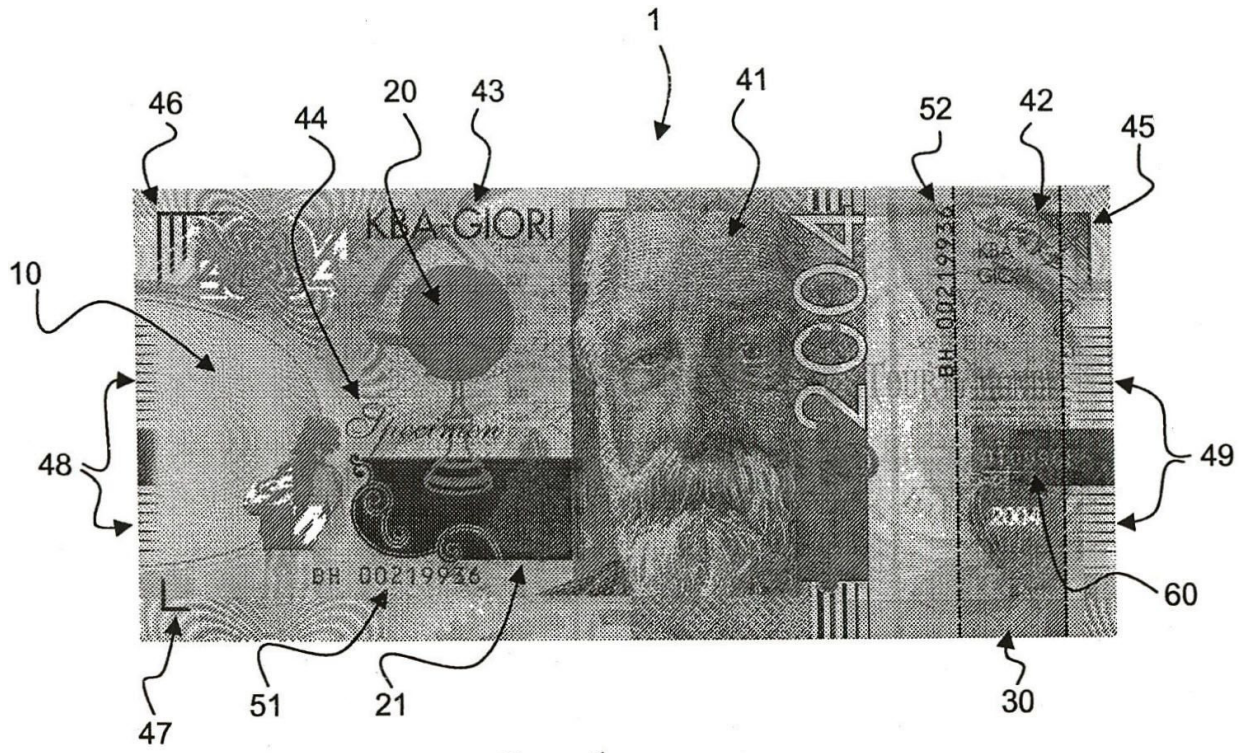
30

35

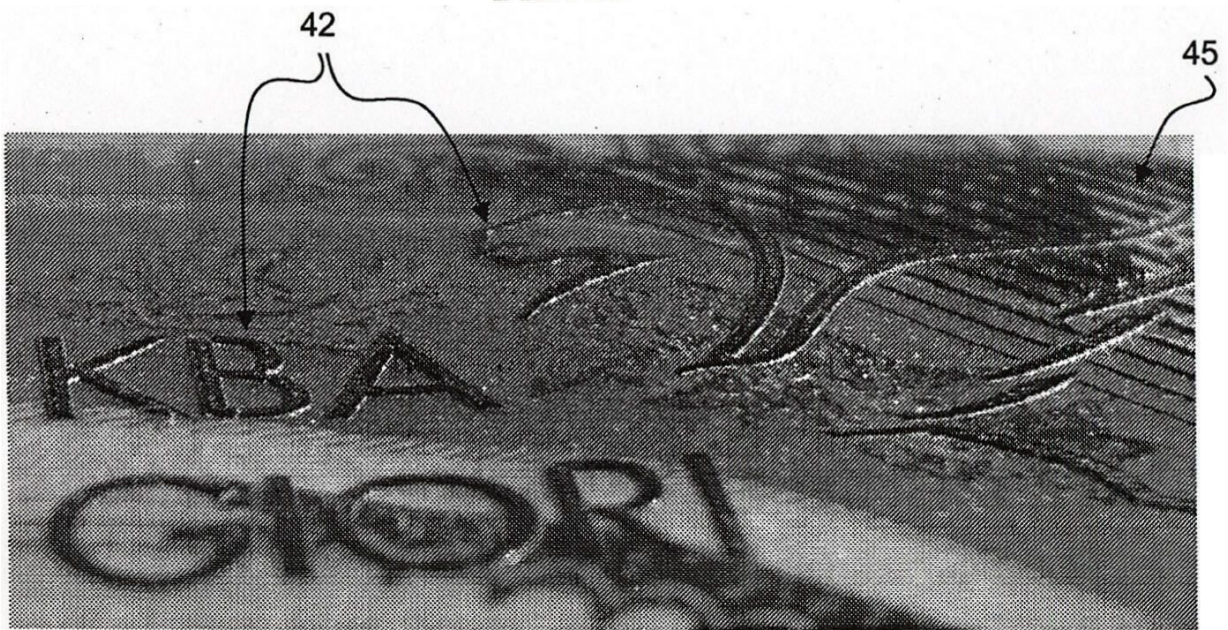
40

45

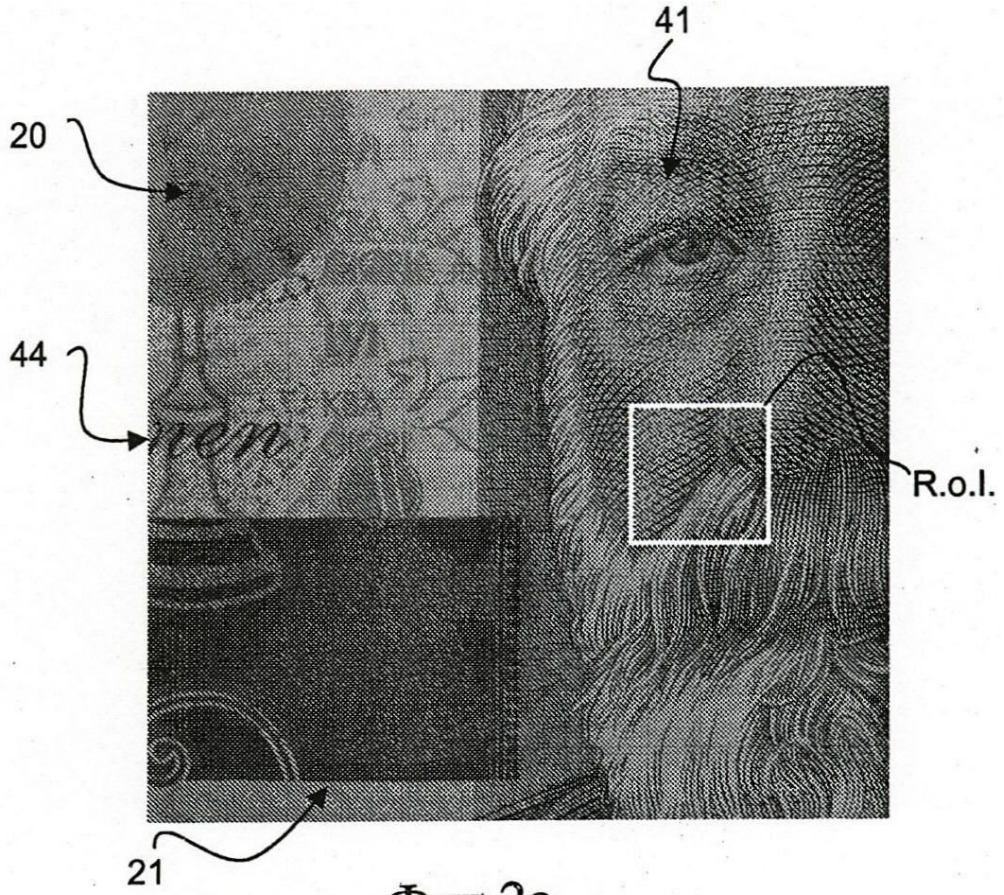
50



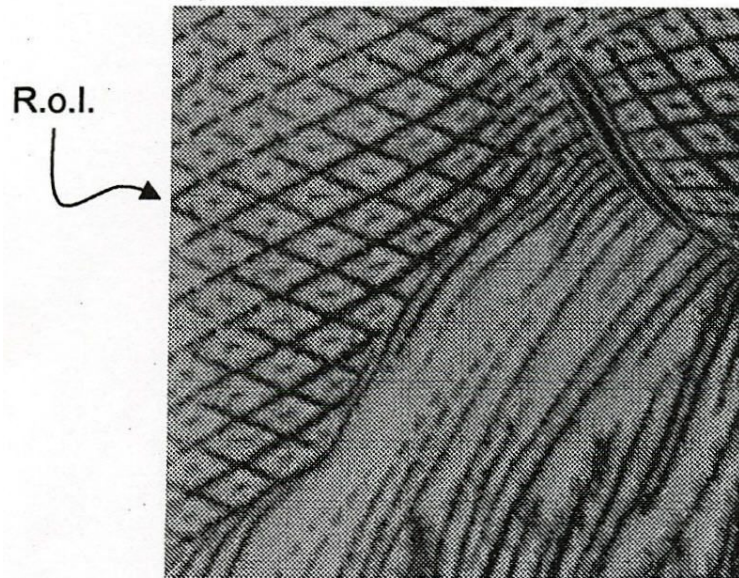
Фиг.1а



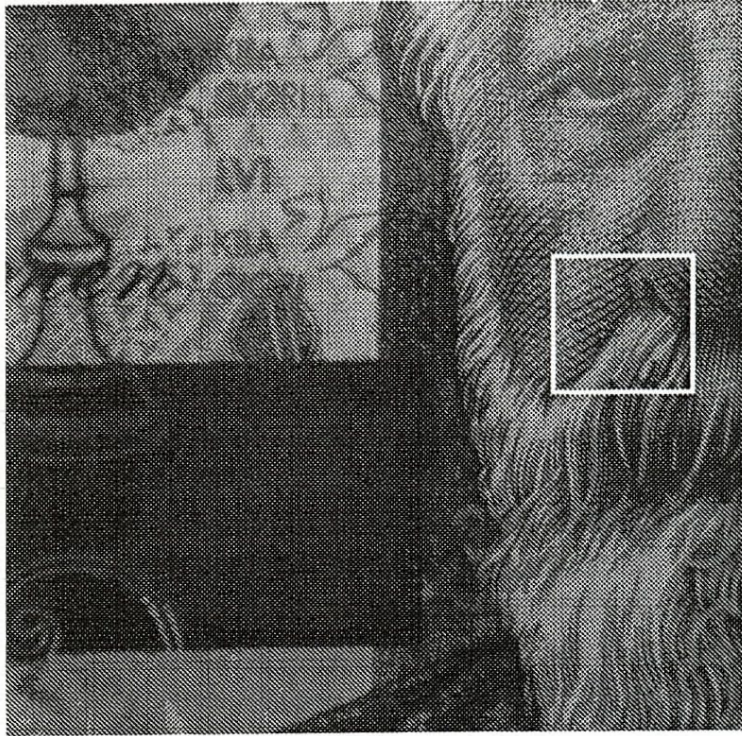
Фиг.1б



Фиг.2а

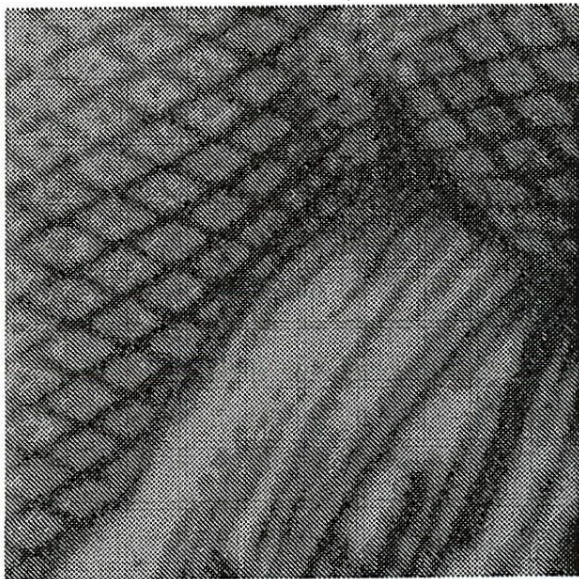


Фиг.2б

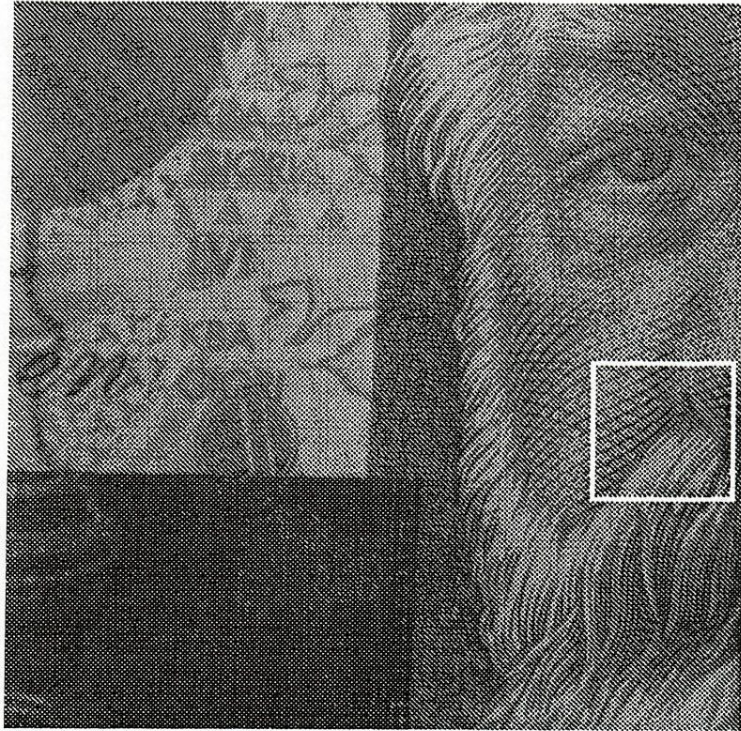


Фиг.3а

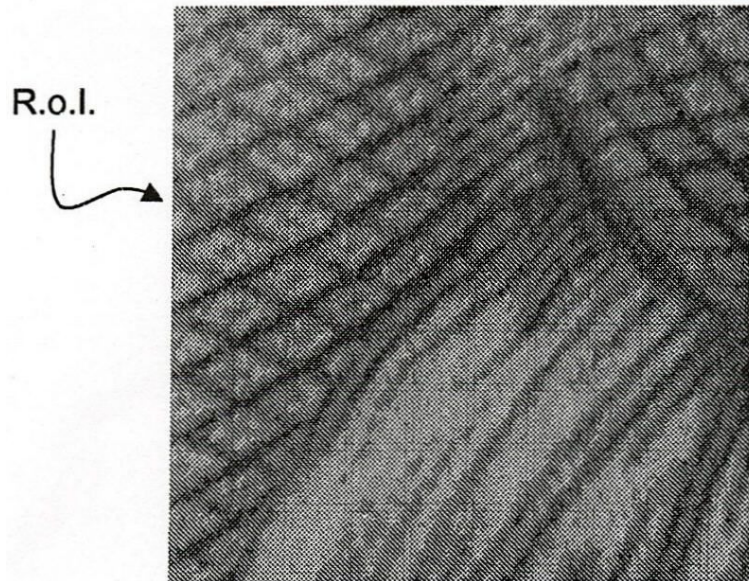
R.o.I.



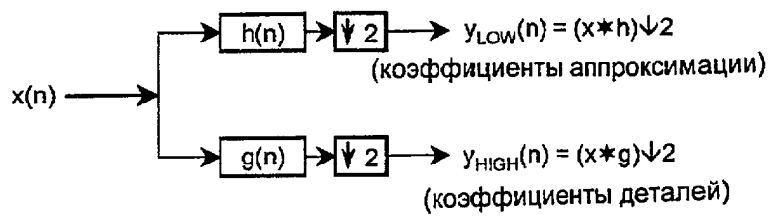
Фиг.3б



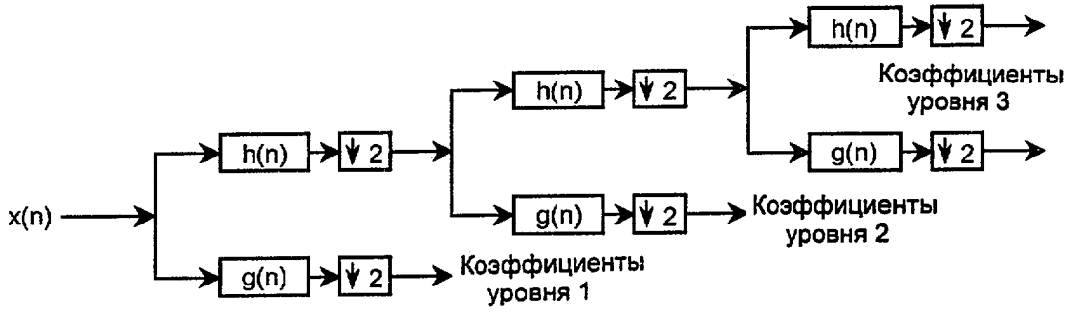
Фиг.4а



Фиг.4b



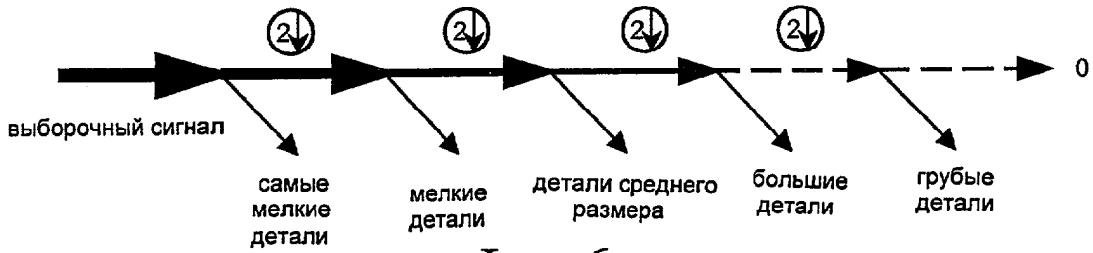
Фиг.5а



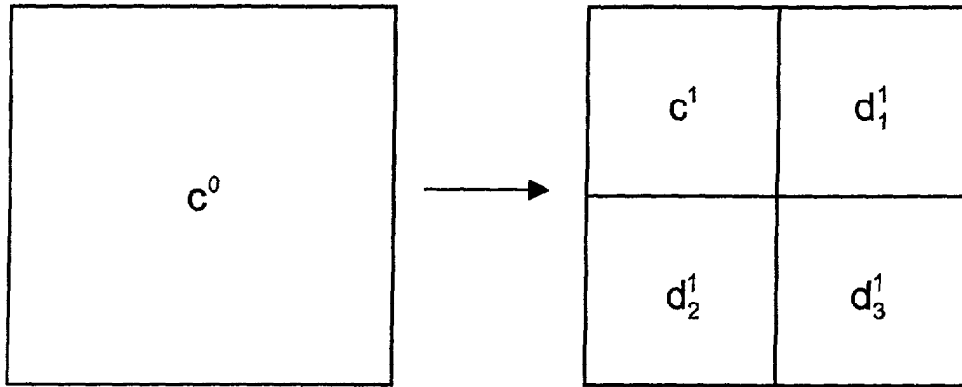
Фиг.5b

высокое разрешение →

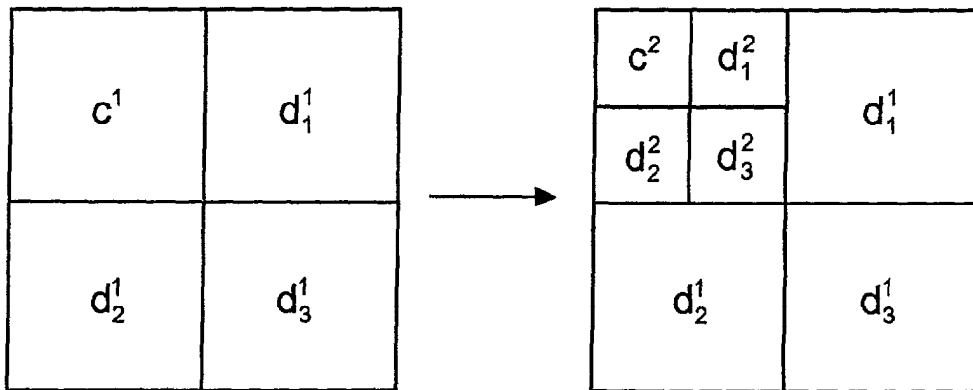
→ низкое разрешение



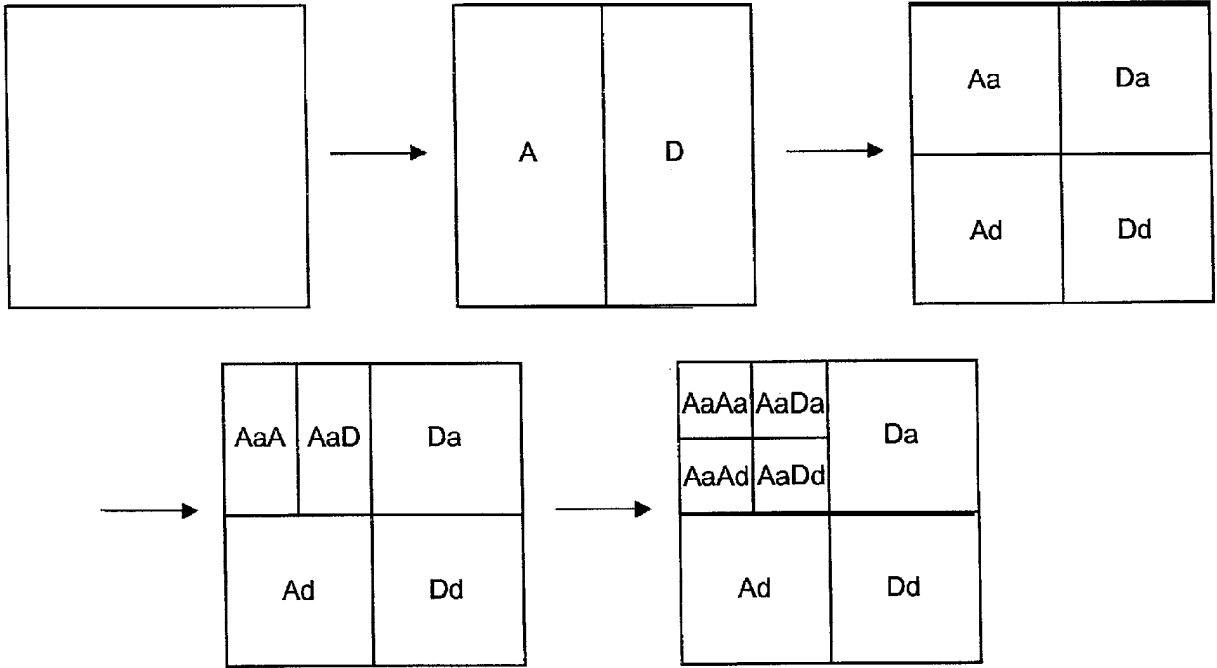
Фиг.6



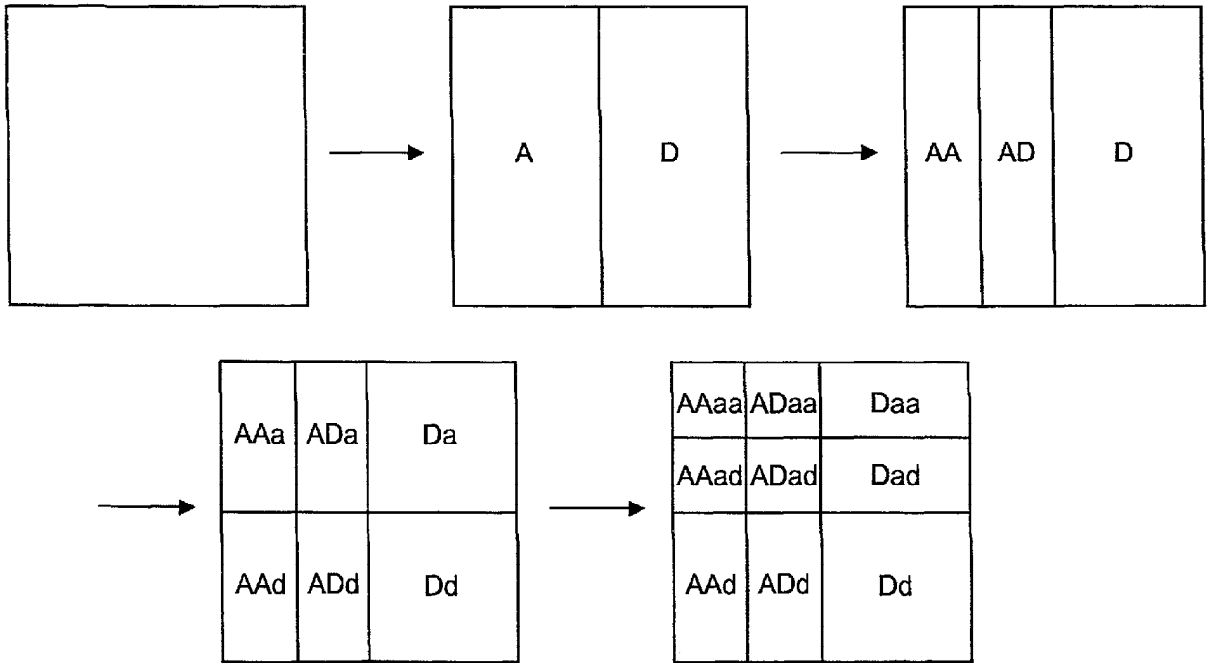
Фиг.7а



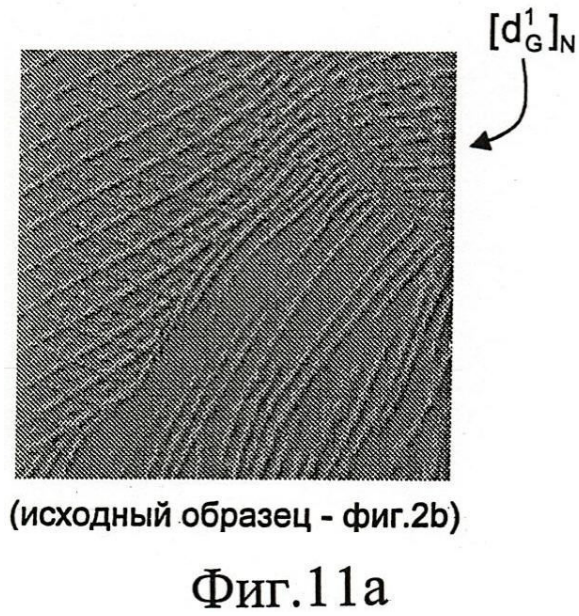
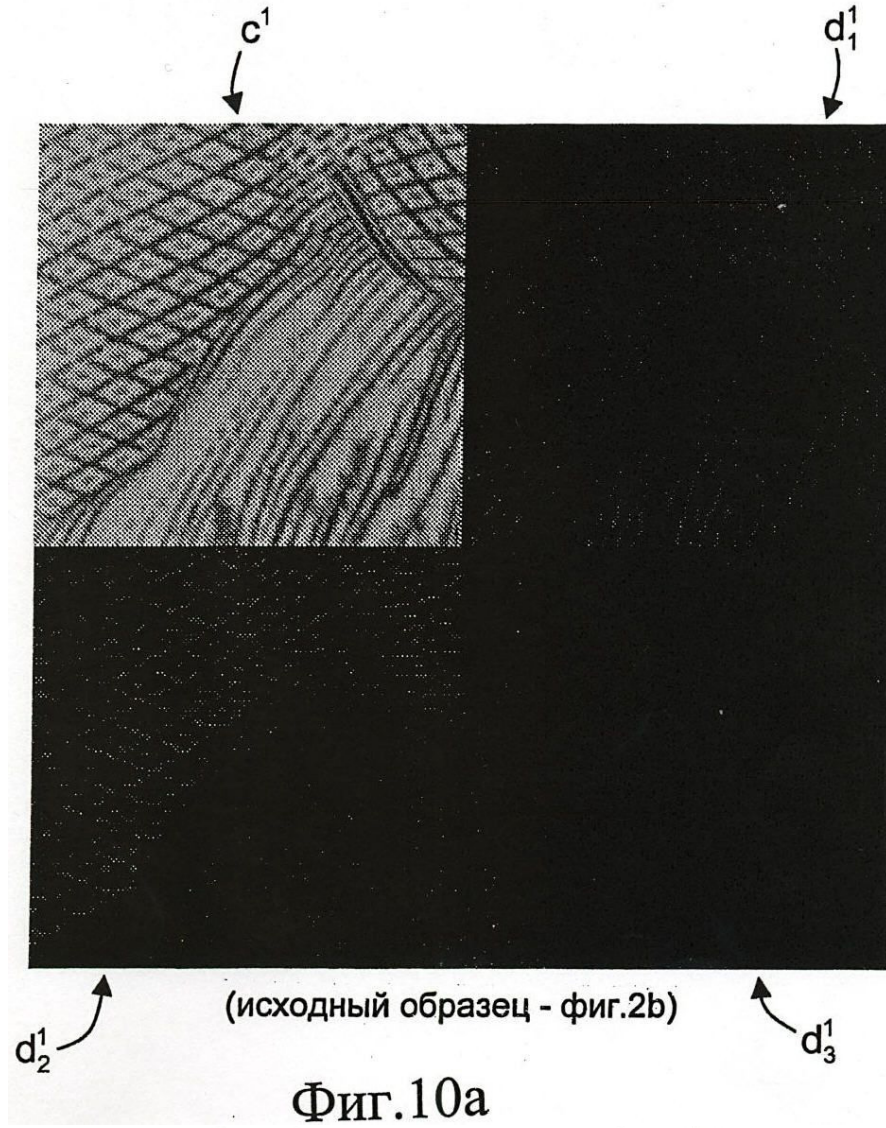
Фиг.7b

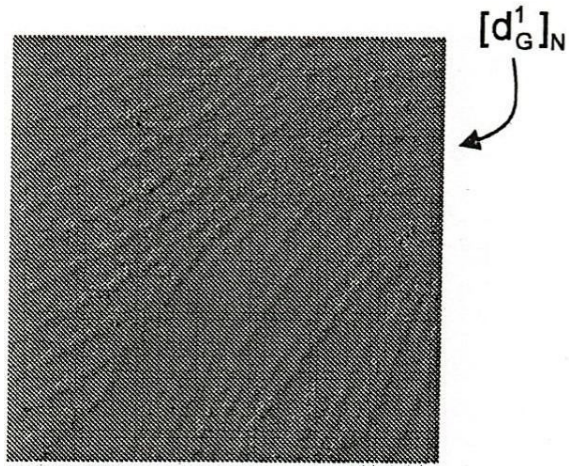


Фиг.8



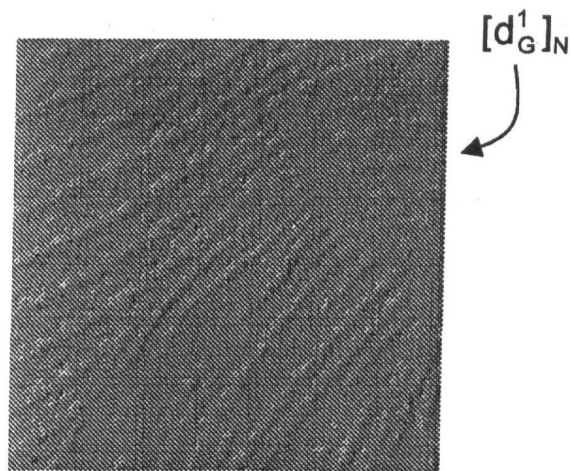
Фиг.9





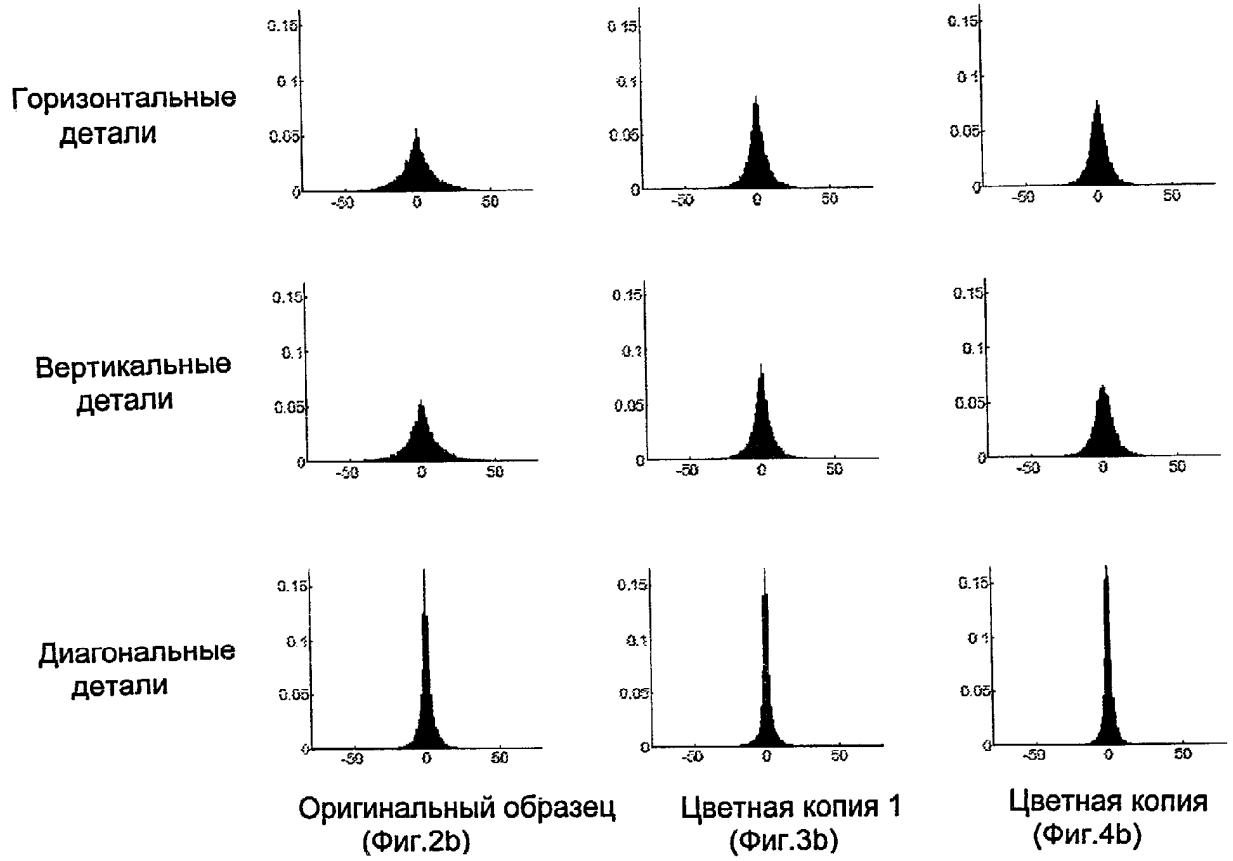
(цветная копия - фиг.3b)

Фиг.11b

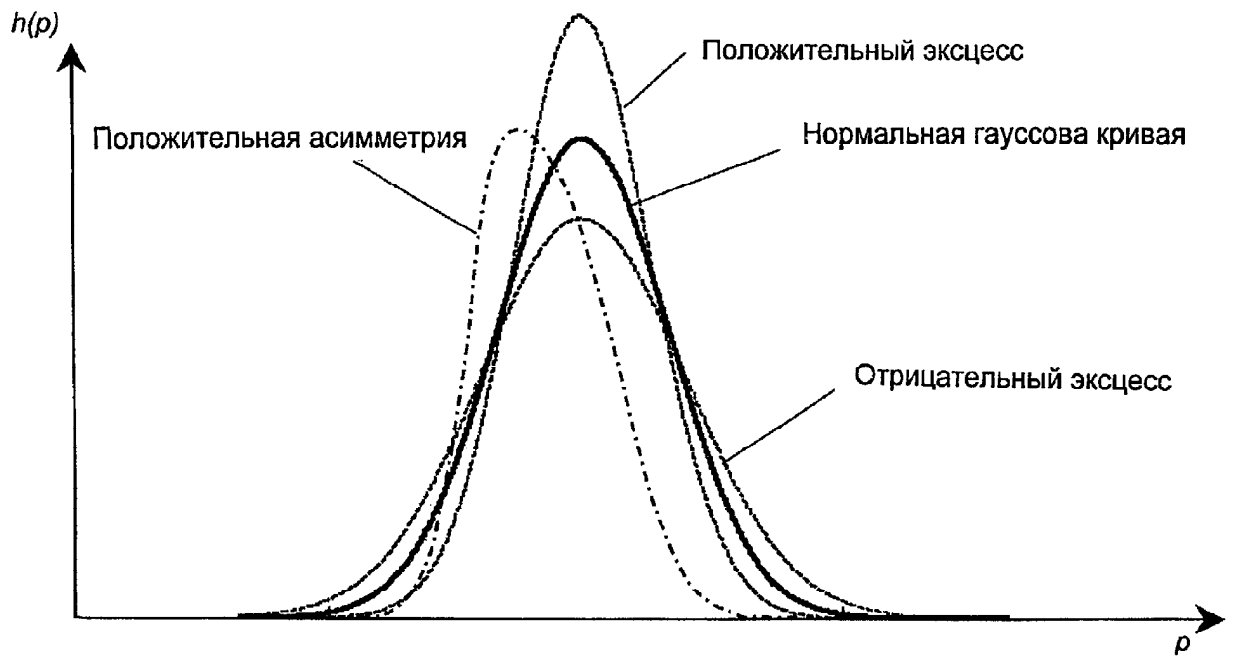


(цветная копия - фиг.4b)

Фиг.11c



Фиг.12



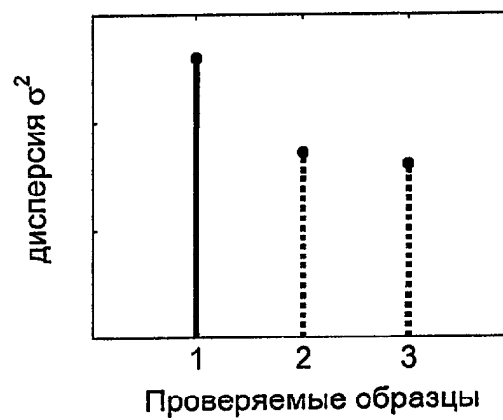
Фиг.13

горизонтальные детали



Фиг.14а

вертикальные детали

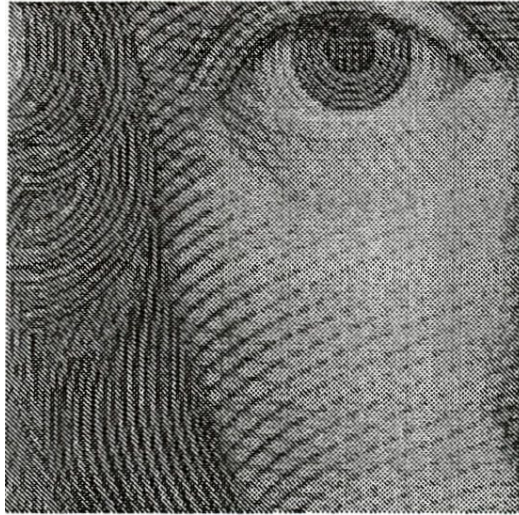


Фиг.14b

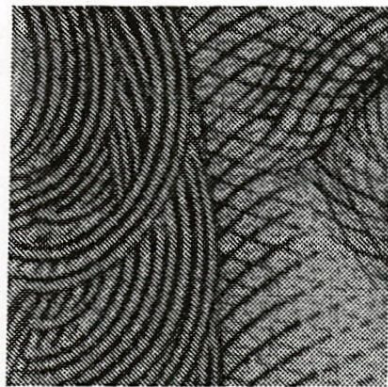
диагональные детали



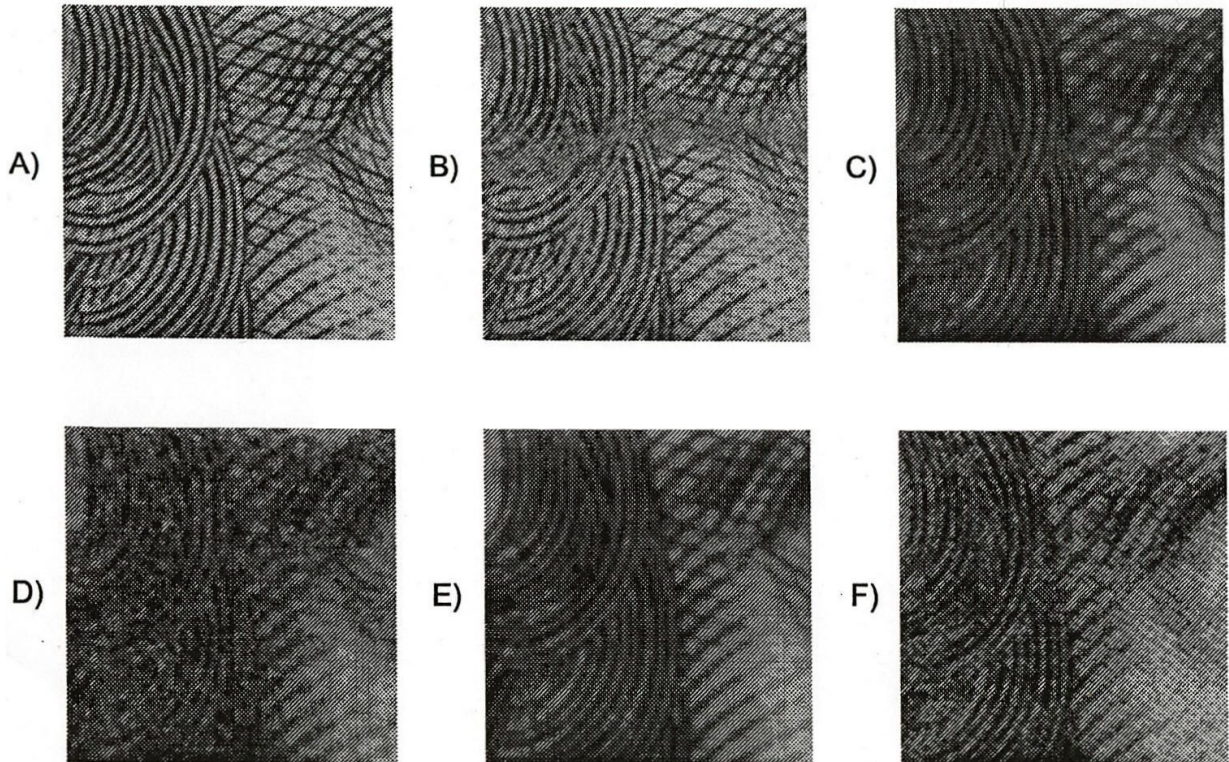
Фиг.14с



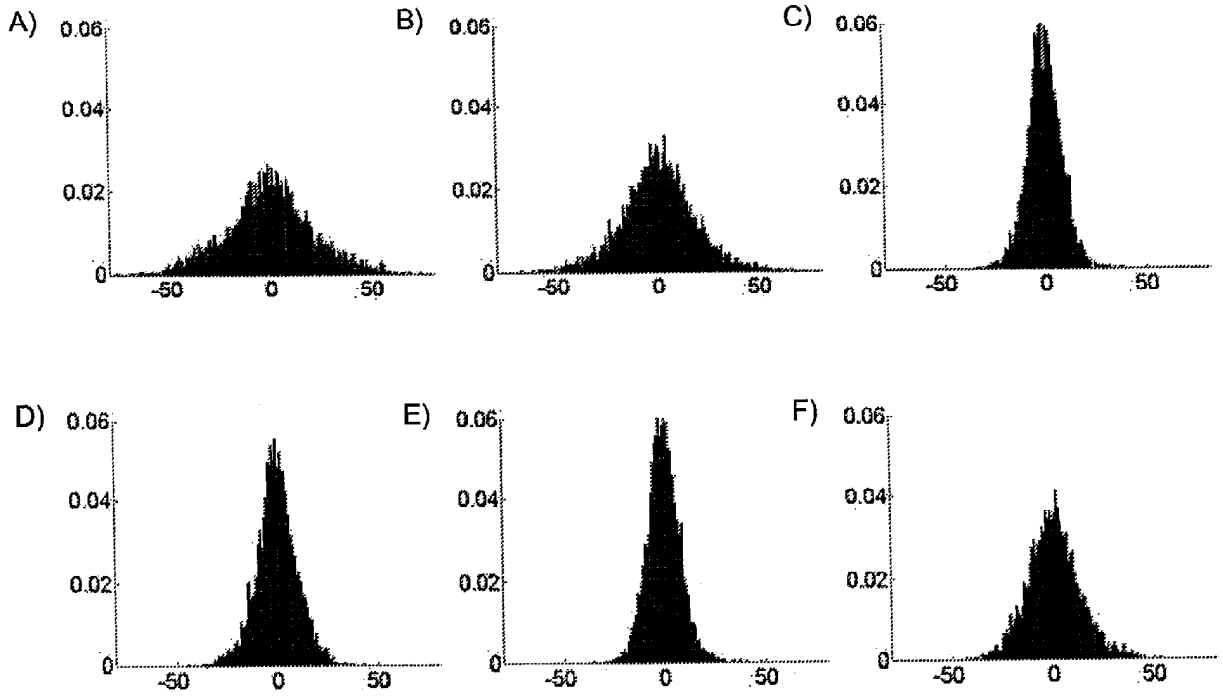
Фиг.15а



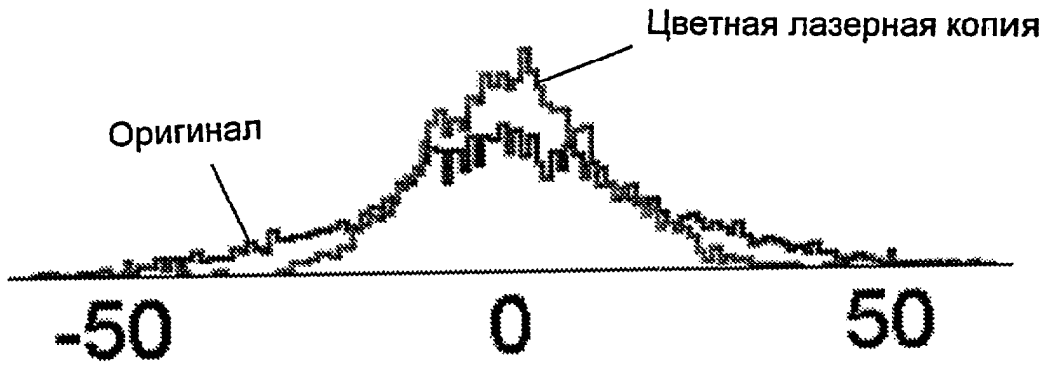
Фиг.15б



Фиг.16а

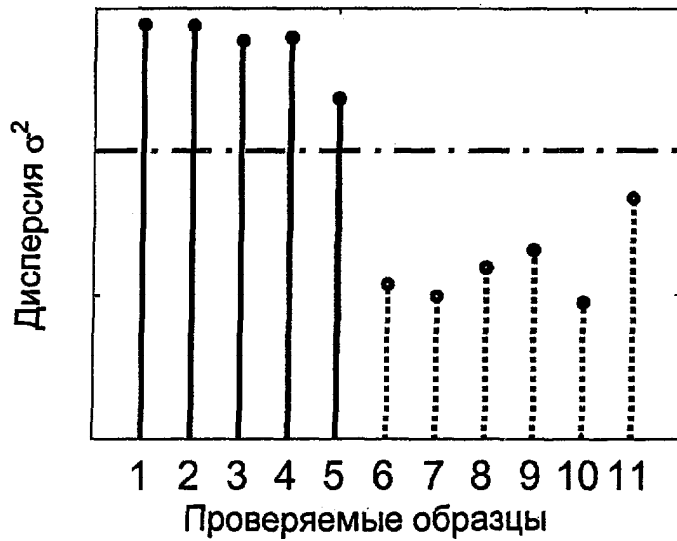


Фиг.16b



Фиг.17

Комбинированные детали



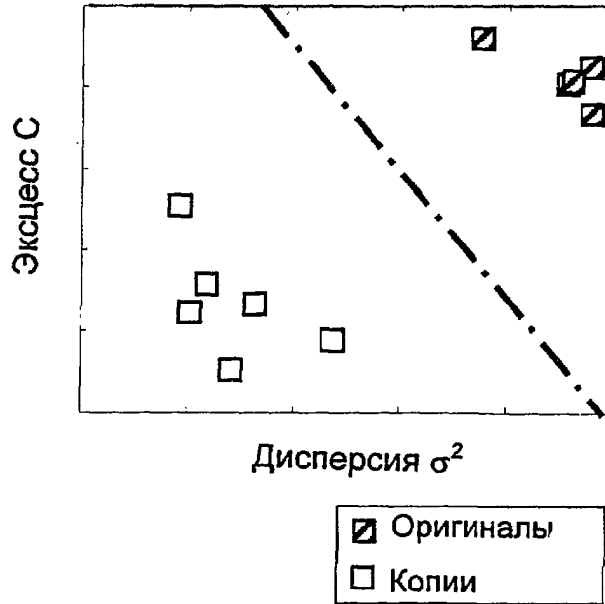
Фиг.18a

Комбинированные детали



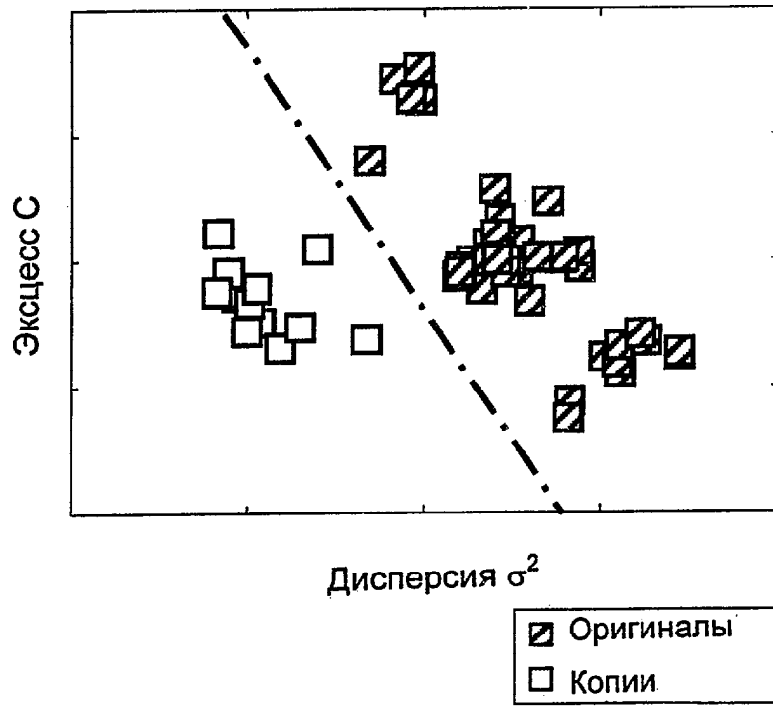
Фиг.18b

Пространство признаков

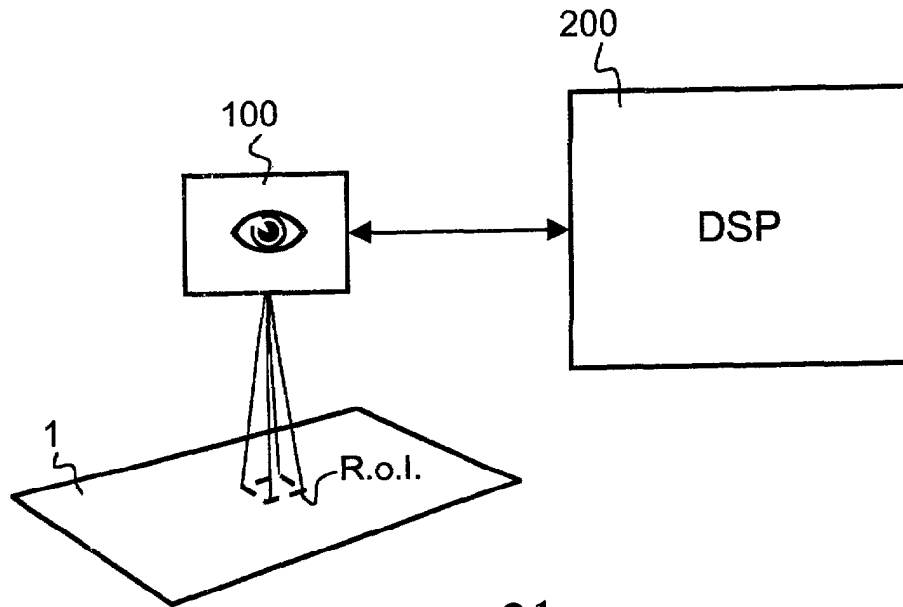


Фиг.19

Пространство признаков



Фиг.20



Фиг.21



Фиг.22