

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 543 931<sup>(13)</sup> C2

(51) МПК  
G07D 7/20 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012107821/08, 11.08.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
11.08.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
11.08.2009 ЕР 09167609.8

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2013 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 10.03.2015 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 2000992A1, 10.12.2008. US 2008/  
0219515A1, 11.09.2008. RU 64798U1, 10.07.2007.  
US 2005/0200636A1, 15.09.2005

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 11.03.2012

(86) Заявка РСТ:  
IB 2010/053638 (11.08.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2011/018764 (17.02.2011)

Адрес для переписки:  
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ГЛОК Стефан (DE),  
ГИЛЛИХ Ойген (DE),  
ШЕДЕ Йоганнес Георг (DE),  
ЛОВЕГ Фолькер (DE)

(73) Патентообладатель(и):  
КБА-НотаСис СА (CH)

C 2

1

3

9

3

4

5

2

U

R

R  
U

2 5 4 3 9 3 1

C  
2

(54) ПРОВЕРКА ПОДЛИННОСТИ ЗАЩИЩЕННЫХ ДОКУМЕНТОВ, В ЧАСТНОСТИ БАНКНОТ

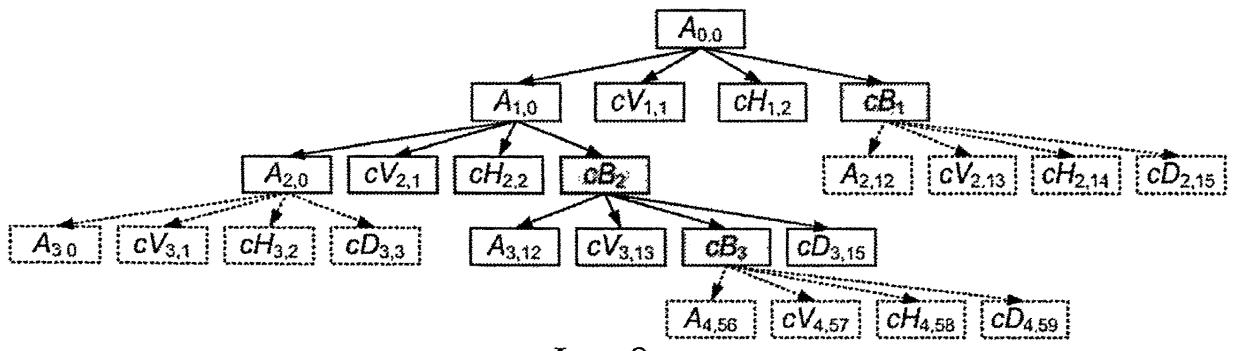
(57) Реферат:

Изобретение относится к проверке подлинности защищенных документов, в частности банкнот. Технический результат заключается в обеспечении проверки различительных особенностей текстур печати. В способе и устройстве защищенные документы содержат защитные элементы (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанные, нанесенные или иным образом выполненные на защищенных документах и содержащие характерные визуальные элементы, присущие процессам, используемым для изготовления защищенных документов с различным качеством печати. В способе осуществляют цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одного

исследуемого участка поверхности проверяемого на подлинность документа, при этом исследуемый участок охватывает по меньшей мере часть защитных элементов, а цифровая обработка включает выполнение разложения выборочного изображения посредством вейвлет-преобразования (WT) указанного выборочного изображения. Такое разложение выборочного изображения основано на пакетном вейвлет-преобразовании (WPT) указанного выборочного изображения, предпочтительно на двумерном инвариантном относительно сдвига преобразовании WPT (2D-SIWPT). 5 н. и 24 з.п.ф-лы, 16 ил.

R U 2 5 4 3 9 3 1 C 2

R U 2 5 4 3 9 3 1 C 2



Фиг.8



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) RU<sup>(11)</sup> 2 543 931<sup>(13)</sup> C2

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

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2012107821/08, 11.08.2010

(24) Effective date for property rights:  
11.08.2010

Priority:

(30) Convention priority:  
11.08.2009 EP 09167609.8

(43) Application published: 20.09.2013 Bull. № 26

(45) Date of publication: 10.03.2015 Bull. № 7

(85) Commencement of national phase: 11.03.2012

(86) PCT application:  
IB 2010/053638 (11.08.2010)

(87) PCT publication:  
WO 2011/018764 (17.02.2011)

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

(72) Inventor(s):

GLOVK Stefan (DE),  
GILLICH Eugen (DE),  
SCHAEDE Johannes Georg (DE),  
LOHWEG Volker (DE)

(73) Proprietor(s):

KBA-NotaSys SA (CH)

R U 2 5 4 3 9 3 1 C 2

## (54) AUTHENTICATION PROTECTED DOCUMENTS, IN PARTICULAR BANKNOTES

(57) Abstract:

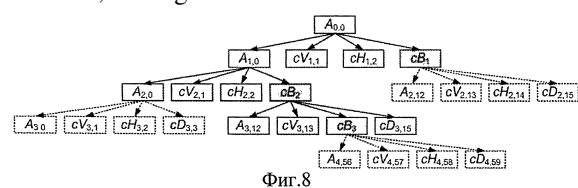
FIELD: printing.

SUBSTANCE: invention relates to authentication of security documents, in particular banknotes. In the method and device the security documents comprise security elements (41-49; 30; 10; 51, 52) printed, applied or otherwise provided on security documents and comprising the specific visual elements inherent in the processes used for manufacturing security documents with different quality of printing. In the method, the digital processing of sample image of at least one test site on the surface of the document tested to authenticity is carried out, at that the test site covers at least part of the security elements, and digital processing comprises performing decomposition of

sample image by the wavelet transforming (WT) of the said sample image. This decomposition of sample image is based on wavelet packet transforming (WPT) of the said sample image, preferably on a two-dimensional invariant transformation of WPT relative to shift (2D-SIWPT).

EFFECT: providing a test of distinctive features of texture of printing.

29 cl, 16 dwg



Фиг.8

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение, в общем, относится к проверке подлинности защищенных документов, в частности банкнот. В частности, настоящее изобретение относится к дальнейшему улучшению изобретения, описанного в международной заявке WO 2008/5 146262 A2, поданной 2 июня 2008 г. и озаглавленной «Проверка подлинности защищенных документов, в частности банкнот» (которая испрашивает приоритет согласно заявкам №07109470.0 и №07110633.0, поданным настоящим заявителем в Европейское патентное ведомство 1 июня и 20 июня 2007 г. соответственно).

## ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ ИЗОБРЕТЕНИЯ

10 В настоящем описании делается ссылка на описание уровня техники и описание изобретения, приведенное в указанной международной заявке WO 2008/146262 A2. Все общие принципы, описанные в международной заявке WO 2008/146262 A2, применимы в равной мере к настоящему изобретению. Таким образом, содержание международной заявки WO 2008/146262 A2 полностью включено в настоящее описание путем ссылки.

15 Настоящее изобретение направлено на дальнейшее улучшение изобретения, раскрытоого в международной заявке WO 2008/146262 A2.

## СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В общем, целью настоящего изобретения является, следовательно, дальнейшее улучшение способов, применений и устройств, описанных в международной заявке WO 20 2008/146262 A2.

Более конкретно целью настоящего изобретения является создание улучшенного способа проверки подлинности защищенных документов, в частности банкнот, который является более надежным и позволяет эффективно распознавать элементы, напечатанные, нанесенные или иным образом выполненные на защищенных документах.

25 В частности, целью настоящего изобретения является улучшение различия текстур глубокой печати и текстур коммерческой офсетной печати среднего и высокого качества.

Кроме того, другой целью настоящего изобретения является создание такого способа, который может быть удобно и эффективно реализован в портативном устройстве.

Эти и другие цели изобретения достигаются благодаря решениям,

30 охарактеризованным в формуле изобретения.

Соответственно предлагается способ проверки подлинности защищенных документов, в частности банкнот, где подлинные защищенные документы содержат защитные элементы, напечатанные, нанесенные или иным образом выполненные на защищенных документах и содержащие характерные визуальные элементы, присущие процессам

35 изготовления защищенных документов, при этом способ включает цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одного исследуемого участка (Region of interest, R.O.I.) поверхности документа, проверяемого на подлинность, при этом исследуемый участок охватывает по меньшей мере часть защитных элементов, а цифровая обработка включает выполнение разложения выборочного изображения

40 посредством вейвлет-преобразования (wavelet transform, WT) указанного выборочного изображения. В соответствии с изобретением разложение выборочного изображения основано на пакетном вейвлет-преобразовании (wavelet packet transform, WPT) указанного выборочного изображения.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения пакетное 45 вейвлет-преобразование (WPT) является двумерным инвариантным относительно сдвига пакетным вейвлет-преобразованием (two-dimensional shift-invariant wavelet packet transform, 2D-SIWPT) и предпочтительно основано на неполном пакетном вейвлет-преобразовании.

В последнем случае разложение выборочного изображения может включать

разложение указанного выборочного изображения в дерево вейвлет-пакета, содержащее по меньшей мере один узел аппроксимации и узлы детализации, а также может включать поиск узла детализации в дереве вейвлет-пакета, который имеет наибольшее информационное содержание. Такое определение предпочтительно основано на так называемом алгоритме выбора наилучшей ветви (best branch algorithm, BBA).

Предлагается также способ изготовления защищенных документов в соответствии с п.14 формулы изобретения, а также блок цифровой обработки сигналов в соответствии с п.16 и устройство для проверки подлинности защищенных документов в соответствии с п.18. Такое устройство может быть предпочтительно выполнено в виде портативного 10 электронного устройства, такого как смартфон, со встроенной функцией захвата изображения.

Предлагается применять пакетное вейвлет-преобразование (WPT) для проверки подлинности защищенных документов, в частности банкнот.

Предлагается также способ распознавания защитных элементов, напечатанных, 15 нанесенных или иным образом выполненных на защищенных документах, в частности банкнотах, и содержащих характерные визуальные элементы, присущие процессам изготовления защищенных документов, при этом способ включает цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одного исследуемого участка поверхности проверяемого документа, причем исследуемый участок выбирают так, чтобы он включал 20 по меньшей мере часть защитных элементов, а цифровая обработка включает выполнение разложения выборочного изображения посредством вейвлет-преобразования (WP) указанного выборочного изображения. Разложение выборочного изображения подобным образом основано на пакетном вейвлет-преобразовании (WPT) указанного выборочного изображения.

25 Предпочтительные варианты осуществления указанных решений охарактеризованы в зависимых пунктах формулы изобретения.

#### **КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ**

Другие особенности и преимущества настоящего изобретения станут более ясными из последующего подробного описания вариантов осуществления изобретения, которые 30 представлены посредством примеров, не ограничивающих изобретение, и проиллюстрированы на приложенных чертежах.

На фиг.1а представлено отсканированное полутоновое изображение примера образца банкноты.

На фиг.1б представлена полутоновая фотография верхнего правого угла образца 35 банкноты, показанной на фиг.1а.

На фиг.2а и 2б представлены увеличенные изображения образца банкноты, показанной на фиг.1а, при этом фиг.2б соответствует участку, обозначенному белым квадратом на фиг.2а.

На фиг.3а и 3б представлены увеличенные изображения первой цветной копии образца 40 банкноты, показанной на фиг.1а, при этом фиг.3б соответствует участку, обозначенному белым квадратом на фиг.3а.

На фиг.4а и 4б представлены увеличенные изображения второй цветной копии образца банкноты, показанной на фиг.1а, при этом фиг.4б соответствует участку, обозначенному белым квадратом на фиг.4а.

45 На фиг.5 схематически представлено двумерное пакетное вейвлет-преобразование (Wavelet Packet Transform, WPT) со структурой дерева с тремя уровнями дерева (два уровня разложения).

На фиг.6 схематически представлено одномерное инвариантное относительно сдвига

пакетное вейвлет-преобразование (SIWPT), реализованное как банк фильтров.

На фиг.7 представлены нормированные гистограммы вейвлет-коэффициентов текстуры глубокой печати (слева) и коммерческой печати (справа) после одноуровневого преобразования 2D-SIWPT в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.8 представлено неполное дерево вейвлет-пакета, разложенное в соответствии с алгоритмом выбора наилучшей ветви (best branch algorithm, BVA) в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения.

На фиг.9 представлены шесть различных печатных текстур, характерных для глубокой печати, которые были использованы в качестве основы для создания набора экспериментальных образцов.

На фиг.10 представлен график, иллюстрирующий внутриклассовое и межклассовое расстояние текстур, показанных на фиг.9, напечатанных посредством глубокой печати и коммерческой офсетной печати среднего и высокого качества.

На фиг.11 представлено двумерное пространство признаков, иллюстрирующее классификацию образцов после обработки на основе дисперсии  $\sigma^2$  и эксцесса С статистического распределения вейвлет-коэффициентов, полученных в результате разложения выборочного изображения, в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.12 представлена схема устройства для проверки подлинности защищенных документов в соответствии с предлагаемым способом.

#### **ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Предпосылками к созданию настоящего изобретения послужило наблюдение, что защитные элементы, напечатанные, нанесенные или иным образом выполненные на защищенных документах с использованием специфических процессов изготовления, доступных только для устройства защищенной печати, в частности элементы глубокой печати, имеют отличительные визуальные элементы (называемые далее «элементами, присущими процессу печати»), которые могут быть распознаны квалифицированным специалистом, знакомым с используемыми специфическими процессами изготовления.

Дальнейшее обсуждение будет сосредоточено на анализе элементов, присущих процессу печати и полученных с помощью глубокой печати. Однако следует понимать, что тот же подход применим и к другим характерным элементам банкнот, в частности к элементам построчной офсетной печати, высокой печати и/или оптическим дифракционным структурам. Результаты экспериментов, проведенных заявителем, показали, что элементы глубокой печати хорошо подходят для проверки подлинности в соответствии с настоящим изобретением и, кроме того, дают наилучшие результаты.

Прежде всего, это объясняется тем, что глубокая печать обеспечивает печать очень мелких, четких узоров с высоким разрешением. Таким образом, глубокая печать является предпочтительным процессом получения присущих процессу печати элементов, используемых в контексте настоящего изобретения.

На фиг.1а представлено отсканированное полутоновое изображение примера образца 1 банкноты с изображением портрета Жюля Верна, которая была изготовлена заявителем в 2004 г. Образец 1 банкноты был изготовлен с использованием комбинации характерных для изготовления банкнот способов печати и обработки, включая, в частности, построчную офсетную печать для печати многоцветного фона 10 банкноты, шелкографию для печати узоров для цветопеременной типографской краски, включающих элементы планисферы 20 и секстанта 21, технологию тиснения фольгой с применением цветопеременных средств, включая полосу материала 30, содержащую оптические дифракционные структуры вдоль высоты банкноты (полоса 30 схематически выделена двумя пунктирными линиями на фиг.1а), глубокую печать для печати

нескольких узоров 41-49 глубокой печати, включая портрет 41 Жюля Верна, высокую печать для печати двух серийных номеров 51, 52 и покрытие лаком для покрытия банкноты слоем защитного лака. Данный образец 1 банкноты также снабжен маркировкой 60 на правой стороне образца, которая выполнена частичной лазерной 5 аблацией полосы 30 и нижележащего слоя напечатанной офсетной краски (не показан). В показанном примере портрет 41 (вместе с вертикальной надписью "2004" и графическими узорами, окружающими портрет), логотип «KBA-GIORI» с Пегасом 42, обозначения «KBA-GIORI» 43 и «Specimen» («Образец») 44, а также тактильные узоры 45-49 на трех углах банкноты, на правой и левой сторонах банкноты были напечатаны 10 посредством глубокой печати поверх построчного офсетного фона 10, шелкографических узоров 20, 21 и полосы материала 30. После этапа глубокой печати были напечатаны серийные номера 51, 52 и выполнено покрытие лаком. Также следует понимать, что образец 1 банкноты (предоставленной настоящим заявителем) был 15 изготовлен на листовом печатном и обрабатывающем оборудовании, где каждый печатный лист содержит матрицу из множества образцов банкнот (как обычно используется в данной области), нарезаемых в конце процесса изготовления на отдельные банкноты.

На фиг.1б представлена полутоновая фотография верхнего правого угла образца банкноты, показанного на фиг.1а, более подробно иллюстрирующая напечатанные 20 посредством глубокой печати логотип «KBA-GIORI» с Пегасом 42 и тактильный узор 45, который включает набор параллельных линий под углом в сорок пять градусов, частично перекрывающих Пегаса 42. На данной фотографии ясно видны характерное рельефное тиснение, свойственное глубокой печати, и четкость печати.

На фиг.2а представлено более детальное изображение левостороннего участка 25 портрета 41, показанного на фиг.1а (узоры 20, 21 и 44 также частично видны на фиг.2а). На фиг.2б представлено увеличенное изображение квадратного участка (или исследуемого участка) портрета 41, при этом данный квадратный участок обозначен белым квадратом на фиг.2а. На фиг.2б показаны некоторые отличительные присущие процессу печати элементы узоров глубокой печати, составляющих портрет 41. 30 Исследуемый участок, используемый для последующей обработки сигналов, не обязательно должен покрывать большой участок поверхности документа. Напротив, эксперименты показали, что участок поверхности площадью менее 5 см<sup>2</sup> уже достаточен для проверки подлинности.

На фиг.3а, 3б и 4а, 4б представлены полутоновые изображения, подобные 35 изображениям, показанным на фиг.2а, 2б, для двух цветных копий образца банкноты, показанной на фиг.1а, при этом данные копии были изготовлены с использованием коммерческого оборудования цветного копирования. На каждой из фиг.3а и 4а белые квадраты указывают на соответствующий исследуемый участок портрета, который показан в увеличенном виде на фиг.3б и 4б соответственно. Первая цветная копия на 40 фиг.3а, 3б была получена с использованием струйного принтера Epson и фотобумаги Epson. Вторая копия на фиг.4а, 4б была получена с использованием струйного принтера Canon и обычной бумаги. Для сканирования оригинального образца и формирования необходимых входных данных для струйных принтеров использовался сканер с высоким разрешением.

45 В то время как общий внешний вид двух цветных копий схож с оригинальным образом, при более внимательном взгляде на структуры скопированного узора глубокой печати, образующего портрет и показанного на фиг.3б и 4б, видно, что структуры не являются такими четкими, как в оригинальном образце (см. фиг.2б), и

выглядят более размытыми и слаженными в результате процесса струйной печати и свойств использованной бумаги. Информация изображения, показанного на фиг.3б и 4б, явно отличается от информации изображения оригинального образца, показанного на фиг.2б. Изобретение, описанное в международной заявке WO 2008/146262 A2, касается способа, определяющего, как это различие может быть представлено и использовано для различия оригинального подлинного образца, показанного на фиг.2а, 2б, от копий, показанных на фиг.3а, 3б и 4а, 4б. Последующее обсуждение относится к улучшению данного способа.

Как было указано выше, характерной особенностью узоров глубокой печати является,

- 10 в частности, высокая четкость печати, в то время как копии, полученные посредством струйной печати, имеют значительно меньшую четкость печати, вызванную, в частности, цифровой обработкой и печатью. То же самое можно сказать о копиях, отпечатанных на цветном лазерном принтере, а также о копиях, полученных с помощью процессов термосублимации. Указанное различие может быть представлено путем осуществления
- 15 разложения данных изображения, содержащихся в увеличенном виде (или исследуемом участке) проверяемого на подлинность документа, таких как виды на фиг.2б, 3б и 4б, путем выполнения разложения выборочного изображения с помощью вейвлет-преобразования (WT) и выделения представительных классифицирующих данных из такого разложения. Общий принцип вейвлет-преобразования (WT), применяемого для
- 20 проверки подлинности защищенных документов, широко обсуждается в международной заявке WO 2008/146262 A2, содержание которой полностью включено в настоящее описание путем ссылки.

Вейвлет представляет собой математическую функцию, используемую для разделения заданной функции или сигнала на компоненты различного масштаба. Вейвлет-

- 25 преобразование (Wavelet Transform, далее называемое «WT») является представлением функции или сигнала вейвлетами. Вейвлет-преобразования имеют преимущества по сравнению с традиционными преобразованиями Фурье при представлении функций или сигналов, имеющих разрывы и резкие линии.

Следует понимать, что преобразование Фурье не является вейвлет-преобразованием.

- 30 В самом деле, преобразование Фурье подразумевает преобразование обрабатываемого изображения в спектр, указывающий на соответствующее содержание пространственных частот изображения без каких-либо различий в отношении масштаба.

В настоящем описании теория вейвлетов не будет глубоко обсуждаться, поскольку она хорошо известна из уровня техники и широко обсуждается и описывается в

- 35 учебниках по данной теме. Заинтересованный читатель может обратиться, например, к [Mallat1989] и [Unser1995] (см. список литературы в конце настоящего описания). Вейвлет-преобразование со структурой пирамиды, описанное в [Mallat1989], и инвариантное относительно сдвига вейвлет-преобразование, описанное в [Unser1995], производят последовательное разложение в масштабах низких частот. Однако большой
- 40 класс текстур имеют преобладающие частоты в масштабах средних частот.

Для преодоления данного недостатка в настоящем изобретении используется так называемое пакетное вейвлет-преобразование (Wavelet Packet Transform) (далее называемое «WPT»), которое известно из уровня техники (см., например, [Chang1993]). Использование преобразования WPT в конкретном контексте настоящего изобретения составляет улучшение изобретения, раскрытое в документе WO 2008/146262 A2, что будет показано далее.

Как указано выше, защищенные отпечатанные копии, такие как банкноты, в основном изготавливают посредством построчной офсетной печати, высокой печати,

тиснения фольгой и глубокой печати (от итал. «intaglio»). Последняя технология играет особенно важную роль в обеспечении надежности банкноты (см. [Dyck2008]). Термин «intaglio» означает «гравировать». В способе печати с тем же названием используется металлическая пластина с выгравированными знаками и структурами. В процессе

- 5 печати выгравированные структуры заполняются краской и прижимаются под большим давлением (десятки тонн на дюйм) непосредственно к бумаге (см. [vanRenesse2005]). Так формируются тактильный рельеф и четкие линии, уникальные для процесса глубокой печати, которые почти невозможно воспроизвести с помощью способов коммерческой печати (см. [Scnaede2006]). Поскольку процесс глубокой печати используется для
- 10 изготовления денег всего мира, оборудование глубокой печати и компании, владеющие им, контролируются правительственные органами.

С точки зрения обработки сигналов четкие структуры глубокой печати могут рассматриваться как текстуры с определенными диапазонами пространственных частот. Их можно распознать с помощью преобразования WPT. Для этого предлагается новый

- 15 алгоритм выделения признаков, преимущественно на основе неполного преобразования WPT (см. Jiang2003]). Он относится к нисходящим принципам и может быть применен к избыточному инвариантному относительно сдвига преобразованию WPT. Алгоритм позволяет разложить так называемое дерево вейвлет-пакета в соответствии с критерием, основанным на статистических моментах первого порядка распределения вейвлет-
- 20 коэффициентов.

Преобразование WPT является обобщением классического преобразования WT, что означает то, что не только аппроксимация (низкочастотные части), но также и детали (высокочастотные части) сигнала подвергаются разложению (см. [Zhang2002]). Результатом является преобразование WPT со структурой дерева, схематически

- 25 показанное на фиг.5, и разложение более высокого разрешения в масштабах средних или высоких пространственных частот, которые не подлежат разложению в классическом преобразовании WT. Благодаря их характеристике дерева масштабы частот называют узлами или субизображениями. На каждом уровне разложения все листовые узлы подвергаются разложению в один узел  $A_{i,j}$  аппроксимации и три узла
- 30  $cV_{i,j}$ ,  $cH_{i,j}$   $cD_{i,j}$  детализации. Узлы  $cV_{i,j}$  представляют вертикальные детали,  $cH_{i,j}$  - горизонтальные детали и  $cD_{i,j}$  - диагональные детали, где  $I$  - уровень разложения,  $j$  - номер узла.

Как показано на фиг.5, где представлено двумерное пакетное вейвлет-преобразование со структурой дерева с тремя уровнями дерева, исходное изображение, или «корень»,  $A_{0,0}$  разлагается в ( $i=1$ , первый уровень разложения, второй уровень дерева после корня) узел  $A_{1,0}$  аппроксимации ( $j=0$ , первый узел) и три узла  $cV_{1,1}$  детализации ( $j=1$ , второй узел),  $cH_{1,2}$  ( $j=2$ , третий узел) и  $cD_{1,3}$  ( $j=3$ , четвертый узел). Затем каждый узел  $A_{1,0}$ ,  $cV_{1,1}$ ,  $cH_{1,2}$ , и  $cD_{1,3}$  второго уровня дерева подвергается последующему разложению ( $i=2$ , второй уровень разложения, третий уровень дерева) в шестнадцать узлов ( $j=0$  до 15)  $A_{2,0}$ ,  $cV_{2,1}$ ,  $cH_{2,2}$ ,  $cD_{2,3}$ ,  $A_{2,4}$ ,  $cV_{2,5}$ ,  $cH_{2,6}$ ,  $cD_{2,7}$ ,  $A_{2,8}$ ,  $cV_{2,9}$ ,  $cH_{2,10}$ ,  $cD_{2,11}$ ,  $A_{2,12}$ ,  $cV_{2,13}$ ,  $cH_{2,14}$ ,  $cD_{2,15}$ .

Большинство существующих способов анализа текстуры на основе двумерного преобразования WPT используют явное или неявное предположение о том, что текстурные изображения получены из одной и той же точки наблюдения (см. [Coifman1992]). Во многих практических приложениях данное ограничение почти невозможно обеспечить. Поэтому требуются инвариантные относительно сдвига

преобразования WPT. В традиционной реализации двумерного преобразования WPT сигналы сначала подвергаются свертке с вейвлет-фильтрами и затем их разрешение понижается. Длина разложенного сигнала составляет  $1/4^i$  исходного сигнала, где  $i$  - уровень разложения. Понижение разрешения ведет к инвариантному относительно сдвига представлению сигнала, как описано в [Mallat1989]. В другом подходе, описанном в [Shensa1992], получают в результате инвариантное относительно сдвига преобразование посредством пропуска понижения разрешения на каждом уровне. Недостатком этого способа являются высокие вычислительные затраты вследствие высокой избыточности представления сигнала. С учетом этих недостатков было предложено одномерное инвариантное относительно сдвига преобразование WPT (или SIWPT). Оно основано на том, что перевод произвольного сигнала из  $\Delta$  отсчетов ограничивается значением  $\text{mod}(\Delta, 2)$  (где  $\text{mod}(x,y)$  определяет так называемую функцию взятия остатка) вследствие понижения разрешения на каждом уровне разложения.

Следовательно, инвариантное относительно сдвига представление может быть достигнуто разложением версии без сдвига, определяемой выражениями [1] и [2], и версии сдвига на один пиксель, определяемой выражениями [3] и [4], для узлов аппроксимации и детализации:

$$d_{i+1,2j}[k] = \sum_n h(n)d_{i,j}[n + 2k], \quad [1]$$

$$d_{i+1,2j+1}[k] = \sum_n g(n)d_{i,j}[n + 2k], \quad [2]$$

$$d_{i+1,2j+2^{2i-1}}[k] = \sum_n h(n)d_{i,j}[n + 2k + 1], \quad [3]$$

$$d_{i+1,2j+1+2^{2i-1}}[k] = \sum_n g(n)d_{i,j}[n + 2k + 1], \quad [4]$$

Обе версии подвергаются понижению разрешения и свертке с вейвлет-фильтрами  $g[n]$  и  $h[n]$ . Фильтр  $g[n]$  является низкочастотным, а фильтр  $h[n]$  - высокочастотным вейвлет-фильтром, соответственно (см. [Mallat1989] и [Daubechles1992]).

Версия с большим информационным содержанием определяется на основе критерия информационного содержания (который будет описан ниже) и затем подвергается разложению, в то время как вторая версия направляется вверх. Направление вверх приводит к неизбыточному представлению и быстрому времени исполнения. Реализация одномерного преобразования SIWPT в виде банка фильтров показана на фиг.6. Как было указано, на каждом уровне дерева версия без сдвига и версия с однопиксельным сдвигом подвергаются разложению и понижению разрешения. В соответствии с критерием информационного содержания одна версия подвергается дальнейшему разложению, в то время как другая версия отбрасывается.

Указанный способ был предназначен исключительно для одномерных сигналов. В контексте настоящего изобретения преобразование SIWPT было модифицировано для применения к двумерным сигналам, таким как изображения. Результирующее двумерное преобразование SIWPT (или 2D-SIWPT) сначала подвергает разложению четыре версии с различным сдвигом релевантного узла. В зависимости от содержания полученной информации три из четырех версий отбрасываются, в то время как версия с наибольшим информационным содержанием подвергается дальнейшему разложению. В соответствии с проведенными экспериментами нет разницы в стабильности и качестве признаков между инвариантными относительно сдвига пакетными вейвлет-преобразованиями.

Как было описано выше, преобразование WPT позволяет получить полную

характеристику текстур во всех масштабах частот. Однако с увеличением уровня разложения количество узлов (или субизображений) растет экспоненциально. Это значительно снижает время исполнения, поэтому была создана методология для концентрации только на самом релевантном узле.

- 5 Для анализа текстуры обычно нет необходимости производить полное разложение дерева вейвлет-пакета. Вместо этого более важно сосредоточиться на узлах, которые обеспечивают наилучшее разрешение по пространственной частоте и самое высокое информационное содержание соответственно. Таким образом, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления изобретения производится разложение
- 10 преобразования WPT в соответствии с критерием информационного содержания, результатом которого является неполное преобразование WPT. Наиболее известные способы, например, описанные в [Chang1993], [Jiang2003], [Coifman1992], [Saito1994], [Wang2008] и [Choi2006], используют для этого энтропию или среднюю энергию изображения. В [Choi2006] применяют преобразование WPT со статистикой первого
- 15 порядка для классификации различных номиналов банкнот.

С общей точки зрения текстуры, напечатанные указанными выше способами печати, едва различимы. Способы на основе энтропии и энергии, разработанные для разделения различных текстур, не могут обеспечить их различие с удовлетворительными результатами. Таким образом, необходим иной подход. Разнообразные печатные

- 20 текстуры различны в переходах по серой шкале и разрывах соответственно. В частности, разрывы текстур глубокой печати более заметны по сравнению с разрывами текстур коммерческой печати. Это различие может быть определено с помощью дисперсии и эксцесса распределения вейвлет-коэффициентов, как описано в международной заявке WO 2008/146262 A2.

- 25 На фиг.7 приведены нормированные гистограммы вейвлет-коэффициентов печатной текстуры глубокой печати (слева) и коммерческой печати (справа) после одноуровневого преобразования 2D-SIWPT в соответствии с изобретением (см. также фиг.12-20 и соответствующее описание в международной заявке WO 2008/146262 A2). Очень неоднородная структура глубокой печати ведет к наличию весов для средних и высоких
- 30 вейвлет-коэффициентов, в то время как гистограмма коммерческой печати является узко распределенной и имеет веса для малых коэффициентов. Наилучшее разделение между различными способами печати может быть достигнуто в данном конкретном случае, если дерево подвергается разложению в направлении к дисперсии и эксцессу до тех пор, пока контраст субизображения не станет максимальным. Затем можно
- 35 предположить, что релевантное субизображение представляет текстуру наилучшим образом.

С учетом производственных допусков и процесса оцифровки на текстуры может оказывать влияние аддитивный шум. С учетом того, что такой шум представляется малыми вейвлет-коэффициентами (см. [Fowler2005]), гистограммы шумовых текстур

- 40 являются широкораспределенными.

Оба вышеуказанных свойства ведут к трехступенчатому критерию остановки от 1 до 3:

- 1) если дисперсия падает в процессе разложения, субизображение будет иметь более низкий контраст; таким образом, разложение следует остановить;
- 45 2) если дисперсия растет по меньшей мере в той же самой степени, в какой падает эксцесс, малые вейвлет-коэффициенты предыдущего уровня будут становиться больше: таким образом, субизображения будут содержать меньше шумов и должны быть подвергнуты дальнейшему разложению; данный критерий может определяться

выражением [5]:

$$\frac{\sigma_{i-1}^2 - \sigma_i^2}{\sigma_{i-1}^2} \geq \frac{C_{i-1} - C_i}{C_{i-1}} \quad [5]$$

- 5 3) если как дисперсия, так и эксцесс возрастают в процессе разложения, контраст  
10 субизображений будет увеличиваться; следовательно, дерево следует подвергать дальнейшему разложению.

Кроме того, если размер субизображения меньше эмпирически установленного значения из  $16 \times 16$  коэффициентов, дисперсия и эксцесс могут изменяться в широком диапазоне от отсчета к отсчету. Вследствие этого, признаки могут стать нестабильными (см. [Chang1993]). Значит, размер данного субизображения следует предпочтительно использовать в качестве критерия общей остановки.

Далее будет представлена новая алгоритмическая концепция, основанная на указанных информационном содержании и критерии остановки. В основе такой концепции лежит предположение, что только та ветвь дерева, которая обеспечивает наилучшее разрешение по пространственной частоте, является важной для анализа текстуры. Последующая проверка свойств дерева ведет к так называемому алгоритму выбора наилучшей ветви (Best Branch Algorithm, BBA).

Узлы детализации, как предполагает само название, содержат конкретные или детальные характеристики текстуры. Следовательно, даже если текстуры являются схожими, они могли бы быть распознаны с помощью такой информации. Узлы аппроксимации самой левой ветви дерева, так называемой ветви аппроксимации, содержат только низкочастотную информацию. Следовательно, почти невозможно различить разные способы печати с информационным содержанием ветви аппроксимации, поэтому такую ветвь аппроксимации не следует использовать для выделения признаков. Теоретически их потомки, представляющие нижнюю часть среднечастотных масштабов, могли бы привести к наилучшему разрешению по пространственной частоте. Такая информация не могла бы быть прямо выделена из узлов аппроксимации. По этой причине узлы аппроксимации должны подвергаться разложению, если их потомки обеспечивают наилучшее разрешение по пространственной частоте для всего дерева. Для ускорения времени исполнения предпочтительно сконцентрироваться на ветви детализации с наилучшим разрешением по пространственной частоте и ветви аппроксимации, если ее потомки предоставляют лучшую информацию, чем лучшая ветвь детализации. Для оценки ветви детализации следующего уровня разложения необходимо исследовать узел с наибольшим информационным содержанием текущего уровня, так называемый наилучший узел. Поскольку эксцесс субизображений на одном и том же уровне дерева является почти одинаковым, наилучший узел детализации может быть определен по наибольшей дисперсии.

40 Следующая таблица обобщает возможную реализацию алгоритма выбора наилучшей ветви:

Алгоритм 1. Алгоритм выбора наилучшей ветви:

Require: mod(M×M, 2)=0

finished←false

45 i←1

$A_{I,0}, cV_{i,1}, cH_{i,2}, cD_{i,3} \leftarrow 2D\text{-SIWPT}(A_{I-1,0})$

while ( $I \leq \log_2(M \times M) = 16 \times 16$ ) and  $\neg (\text{finished})$  do

```

 $cB_i (\max(\sigma(A_{i,0}, cV_{i,1}, \dots, cD_{i,7})) \{ \text{определить наилучший узел } cB_i \text{ детализации} \}$ 
if  $cB_i \subset A_{i-1,0}$  then
    {наилучший узел является частью ветви аппроксимации}
    delete  $A_{i,4}, cV_{i,5}, cH_{i,6}, cD_{i,7}$ 
5       $j \leftarrow 1$ 
    else
        {наилучший узел является частью ветви детализации}
        delete  $A_{i,0}, cV_{i,1}, cH_{i,2}, cD_{i,3}$ 
    end if
10      $\sigma_i^2 \leftarrow \sigma_{cV_{i,j+1}}^2 + \sigma_{cH_{i,j+2}}^2 + \sigma_{cD_{i,j+3}}^2$ 
      $C_i \leftarrow C_{cV_{i,j+1}} + C_{cH_{i,j+2}} + C_{cD_{i,j+3}}$ 
15     if  $\sigma_{i-1}^2 > \sigma_i^2$  then
         finished  $\leftarrow$  true
         {достигнуто наилучшее разрешение по пространственной частоте}
         else if  $C_{i-1} > C_i$  then
             if  $\neg$  (выражение [5]) then
20             finished  $\leftarrow$  true
             {достигнуто наилучшее разрешение по пространственной частоте}
             else
                 increment i
                 if  $cB_{i-1} \subset A_{i-2,0}$  then
25                  $A_{i,0}, cV_{i,1}, cH_{i,2}, cD_{i,3} \leftarrow 2\text{D-SIWPT}(A_{i-1,0})$ 
                  $A_{i,4}, cV_{i,5}, cH_{i,6}, cD_{i,7} \leftarrow 2\text{D-SIWPT}(cB_{i-1})$ 
                 else
                      $A_{i,4}, cV_{i,5}, cH_{i,6}, cD_{i,7} \leftarrow 2\text{D-SIWPT}(cB_{i-1})$ 
30                 end if
                 end if
                 end while
             { $C_{i-1}$  и  $\sigma_{i-1}^2$  представляют наилучшую возможную текстуру}
         
```

35 На фиг.8 схематически представлено неполное дерево вейвлет-пакета, которое было разложено с использованием описанного выше алгоритма выбора наилучшей ветви. Выделенные узлы являются наилучшими узлами ( $cB_1, cB_2, cB_3$ ) соответствующих уровней разложения, а узлы, показанные пунктиром, являются узлами, которые были отброшены в процессе разложения. Узел детализации третьего уровня разложения 40 почти оптимально характеризует текстуру.

Из фиг.8 видно, что наилучший узел  $cB_1$  первого уровня разложения ( $i=1$ ) определяется в данном примере как узел, содержащий диагональные детали ( $cD_{1,3}$ ), то есть как узел с наибольшей дисперсией по сравнению с другими узлами детализации ( $cV_{1,1}$  и  $cH_{1,2}$ ) того же уровня разложения.

45 На следующем уровне разложения ( $i=2$ ) только узел  $A_{1,0}$  аппроксимации и наилучший узел  $cB_1$  первого уровня разложения подвергаются дальнейшему разложению для определения того, какой узел ведет к наилучшему информационному содержанию. Как

показано в примере на фиг.8, дальнейшее разложение узла  $A_{1,0}$  аппроксимации ведет к идентификации наилучшего узла  $cB_2$  второго уровня разложения. В данном примере наилучший узел  $cB_2$  второго уровня разложения ( $i=2$ ) определяется как узел  $cD_{2,3}$ , содержащий диагональные детали, полученные в результате дальнейшего разложения узла  $A_{1,0}$  аппроксимации, то есть как узел с наибольшей дисперсией по сравнению с другими узлами детализации ( $cV_{2,1}, cH_{2,2}, cV_{2,13}, cH_{2,14}$  и  $cD_{2,15}$ ) того же уровня разложения. В данном примере дальнейшее разложение ранее найденного наилучшего узла  $cB_1$  (то есть узла  $cD_{1,3}$  детализации) соответственно ведет к разложению в узлы  $A_{2,12}, cV_{2,13}, cH_{2,14}$  и  $cD_{2,15}$ , которые впоследствии отбрасываются, что показано пунктиром.

На следующем уровне разложения ( $i=3$ ) только узел  $A_{2,0}$  аппроксимации и наилучший узел  $cB_2$  второго уровня разложения подвергаются дальнейшему разложению для того, чтобы аналогичным образом определить, какой узел ведет к наилучшему информационному содержанию. В данном случае наилучший узел  $cB_3$  третьего уровня разложения ( $i=3$ ) идентифицируется как узел  $cH_{3,14}$  детализации, содержащий горизонтальные детали, полученные в результате дальнейшего разложения предыдущего наилучшего узла  $cB_2$ , то есть как узел с наибольшей дисперсией по сравнению с другими узлами детализации ( $cV_{3,1}, cH_{3,2}, cD_{3,3}, cV_{3,13}$  и  $cD_{3,15}$ ) того же уровня разложения. В данном примере дальнейшее разложение узла  $A_{2,0}$  аппроксимации соответственно ведет к разложению в узлы  $A_{3,0}, cV_{3,1}, cH_{3,2}$  и  $cD_{3,3}$ , которые впоследствии отбрасываются, что показано пунктиром.

На фиг.8 показано, что дальнейшее разложение наилучшего узла  $cB_3$  третьего уровня разложения не ведет к оптимальному представлению признака, и разложение соответственно прекращается. В результате выбирается ветка детализации третьего уровня для выделения признаков.

Были проведены эксперименты и исследования с набором из 900 текстур, изготовленных заявителем. Часть набора была изготовлена посредством глубокой печати, которая используется для изготовления защищенных документов, в частности банкнот. Другая часть набора была изготовлена посредством коммерческой офсетной печати, которая используется, среди прочего, для печати газет. Эта вторая часть может далее быть разделена на печатные документы высокого качества и среднего качества, при этом документы среднего качества были подвержены аддитивному шуму. Коммерческие печатные текстуры как высокого, так и среднего качества едва различимы от текстур глубокой печати для нетренированного человеческого глаза. Текстуры смешены и/или повернуты на несколько пикселей в связи с производственными допусками. Они были отсканированы с разрешением 1200 dpi и преобразованы в полутоновые изображения. Набор включает шесть различных текстур с размером изображения  $256 \times 256$  пикселей, как показано на фиг.9. Как видно из фиг.9, текстуры отличаются контрастом, шириной переходов тона и структурой. Они иллюстрируют наиболее распространенные печатные структуры, изготовленные с помощью глубокой печати.

Все текстуры 1-6, показанные на фиг.9, были подвергнуты указанному двумерному инвариантному относительно сдвига пакетному вейвлет-преобразованию (2D-SIWPT), с использованием так называемого вейвлета Добеши 2 tap (Daubechies 2 tap wavelet) (или db2 - см. [Daubechies1992]) и описанного выше алгоритма выбора наилучшей ветви.

Для оценки результатов разделения выделенные признаки были нормированы в одном диапазоне значений между 0 и 1. На фиг.10 показано меж- и внутриклассовое расстояние между текстурами глубокой печати и текстурами коммерческой офсетной печати высокого и среднего качества, соответственно для первых трех уровней

<sup>5</sup> разложения (показанных на горизонтальных осях на фиг.10). Пунктиром выделен соответствующий уровень разложения, где алгоритм выбора наилучшей ветви остановил разложение.

Из фиг.10 видно, что алгоритм выбора наилучшей ветви остановил разложение на том уровне, где достигается наилучшее межклассовое расстояние между текстурами <sup>10</sup> глубокой печати и текстурами коммерческой офсетной печати высокого и среднего качества с коэффициентом 100%. Соответствующее внутриклассовое расстояние текстур коммерческой офсетной печати высокого и среднего качества минимизируется в большинстве случаев с коэффициентом примерно 60%. Даже если внутриклассовое расстояние не минимизируется для всех 900 исследуемых текстур, можно наблюдать <sup>15</sup> то, что классы являются узкораспределенными. Следовательно, в среднем, алгоритм ВВА останавливается на уровне, где классы наилучшим образом разделены и менее расширены.

На фиг.10 показано, что алгоритм выбора наилучшей ветви (ВВА) останавливает разложение для всех 900 исследуемых текстур на уровне, где они характеризуются <sup>20</sup> наилучшим образом. Таким образом, достигается наилучшее межклассовое расстояние с коэффициентом 100%. Даже если внутриклассовое расстояние не достигает своего минимума во всех случаях, кластеры классов все равно являются узкораспределенными, что схематически показано на фиг.11.

На фиг.11 представлено двумерное пространство признаков, где релевантные <sup>25</sup> текстуры были классифицированы на основе их дисперсии  $\sigma^2$  (вдоль горизонтальной оси на фиг.11) и эксцесса С (вдоль вертикальной оси на фиг.11) распределения вейвлет-коэффициентов, полученных в результате разложения с использованием алгоритма ВВА.

Кружки в правом нижнем углу на фиг.11 обозначают текстуры коммерческой <sup>30</sup> офсетной печати среднего качества, а ромбики в нижней средней части на фиг.11 обозначают текстуры коммерческой офсетной печати высокого качества. Квадратики в левом верхнем углу на фиг.11 обозначают текстуры глубокой печати.

Как было указано выше, на фиг.11 показано, что алгоритм ВВА останавливается в среднем на уровне, где классы наилучшим образом разделены и меньше всего <sup>35</sup> расширены. Это позволяет производить простое разделение различных кластеров классов, используя линейные границы.

Результат разделения не зависит от производственных допусков, таких как переходы и переменный контраст. В самом деле, все исследуемые элементы, показанные на фиг.9, <sup>40</sup> тесно сгруппированы, даже если они ясно различаются по контрасту, ширине переходов тона и структуре. Было замечено, что позиция наилучшей ветви в дереве может сильно изменяться от отсчета к отсчету. Таким образом, позицию конкретного узла, обнаруженного с помощью алгоритма ВВА, обычно не следует использовать в качестве классифицирующего признака.

Время выполнения неполного преобразования 2D-SIWPT на основе алгоритма ВВА <sup>45</sup> может быть определено как  $O(\log_2(N))$ , где  $N=M \times M$  - размер изображения текстуры, причем время выполнения идеально подходит для практического применения, например, на программируемой логической матрице (Field Programmable Gate Array) (FPGA).

Предлагаемое неполное двумерное инвариантное относительно сдвига пакетное

вейвлет-преобразование для различия разных текстур, напечатанных на защищенных документах, в частности банкнотах, показало хорошую эффективность для проверки подлинности защищенных документов, в частности банкнот. Данный подход, в частности, хорошо подходит для надежного распознавания защитных элементов, 5 напечатанных, нанесенных или иным образом выполненных на защищенных документах, таких как банкноты, в частности для распознавания узоров глубокой печати.

Наряду с дисперсией  $\sigma^2$  (и стандартным отклонением о) и эксцессом С (или коэффициентом эксцесса), для характеристики статистического распределения вейвлет-коэффициентов могут быть использованы другие статистические параметры (см. также фиг.13 и соответствующее их описание в WO 2008/146262 A2), а именно:

- арифметическое среднее вейвлет-коэффициентов - так же известное в статистике как «первый момент»;
- асимметрия статистического распределения вейвлет-коэффициентов - так же известная в статистике как «третий момент», который является мерой асимметрии статистического распределения, и/или
- статистическая энтропия, которая является мерой изменений в статистическом распределении.

Для выделения признаков вышеупомянутые моменты (включая дисперсию) 20 должны быть нормированы для обеспечения соответствующего сравнения и классификации различных проверяемых документов.

На фиг.12 схематически показана реализация устройства для проверки подлинности защищенных документов, в частности банкнот, в соответствии с описанным выше способом. Это устройство включает оптическую систему 100 для захвата выборочного изображения (изображение с°) исследуемого участка R.O.I, на проверяемом документе 25 1 и блок 200 цифровой обработки сигналов (digital signal processing, DSP), запрограммированный для выполнения цифровой обработки выборочного изображения. Блок DSP 200 может быть, в частности, предпочтительно выполнен в виде блока программируемой логической матрицы (Field Programmable Gate Array, FPGA).

Устройство на фиг.12 может быть выполнено, в частности, в виде портативного 30 электронного устройства, такого как смартфон, со встроенной функцией захвата изображения.

Следует отметить, что описанное изобретение может быть применено для простого 35 распознавания защитных элементов (в частности, узоров глубокой печати), напечатанных, нанесенных или иным образом выполненных на защищенных документах, прежде всего банкнотах.

Как описано выше, классифицирующими признаками могут просто быть 40 статистические параметры, выбранные из группы, включающей арифметическое среднее, дисперсию ( $\sigma^2$ ), асимметрию, эксцесс (С) и энтропию статистического распределения вейвлет-коэффициентов, полученных в результате разложения выборочного изображения.

Следует также отметить, что способ может быть использован для оценки подлинности 45 проверяемого документа на основе выделения классифицирующих признаков. Такая оценка подлинности, вычисленная в соответствии с описанным выше способом, может быть оптимизирована путем разработки защитных элементов, которые должны быть напечатаны, нанесены или иным образом выполнены на защищенных документах таким образом, чтобы оптимизировать оценку подлинности настоящих документов.

Такая оптимизация может быть достигнута, в частности, путем воздействия на

защитные элементы, включая узоры глубокой печати, узоры построчной офсетной печати, узоры высокой печати, оптические дифракционные структуры и/или их комбинации. В частности, желательна высокая плотность таких узоров, предпочтительно линейных или криволинейных узоров глубокой печати, как показано, например, на

5 фиг.2b.

Могут быть произведены различные модификации и/или усовершенствования в отношении вышеописанных вариантов осуществления изобретения в пределах сущности изобретения, определенного приложенной формулы изобретения.

Например, как уже было упомянуто, в то время как принцип проверки подлинности

10 предпочтительно основан на обработке изображений, содержащих (или предположительно содержащих) узоры глубокой печати, изобретение может быть использовано по аналогии для обработки изображения, содержащего другие защитные элементы, включающие характерные визуальные элементы, присущие используемым для изготовления защищенных документов процессам, в частности узорам построчной 15 офсетной печати, узорам высокой печати, оптическим дифракционным структурам и/или их комбинациям.

Кроме того, в то время как обработка статистического распределения спектральных коэффициентов была описана в виде способа выделения классифицирующих признаков для определения исследуемого класса текстур, может быть предусмотрена любая другая

20 подходящая обработка, если такая обработка обеспечивает выделение и получение признаков, которые в достаточной степени представляют исследуемые защитные элементы и позволяют эффективно отличать настоящие документы от фальшивых.

Очевидно, что множество выборочных изображений, соответствующих нескольким исследуемым участкам одного и того же проверяемого документа, могут быть

25 подвергнуты цифровой обработке в соответствии с настоящим изобретением. В любом случае каждый исследуемый участок предпочтительно выбирается таким образом, чтобы он включал высокую плотность узоров, предпочтительно линейных и криволинейных узоров глубокой печати, как показано, например, на фиг.2b (см. также фиг.9).

## 30 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| <p>[Mallat1989]</p>        | <p>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 to 693</p>  |
| <p>35 [Unser1995]</p>      | <p>Michael Unser, "Texture classification and segmentation using wavelet frames", IEEE Transactions on Image Processing, Vol.4, No.11 (November 1995), pp.1549 to 1560</p>  |
| <p>[Chang1993]</p>         | <p>Tianhorng Chang and C.-C. Jay Kuo, "Texture Analysis and Classification with Tree-Structured Wavelet Transfrom", IEEE Transactions on Image Processing, Vol.2, No.4 (October 1993), pp.429 to 441</p>  |
| <p>40 [Dyck2008]</p>       | <p>Walter Dyck, Thomas Turke, Johannes Schaede and Volker Lohweg, "A New Concept on Quality Inspection and Machine Conditioning for Security Prints", Optical Document Security, 2008 Conference on Optical Security and Counterfeit Deterrence, San Francisco, CA, USA, Reconnaissance International Publishers and Consultants (January 23-25, 2008), IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.11, No.7 (July 7, 1989), 9 pages, published on CD-ROM</p> |
| <p>45 [vanRenesse2005]</p> | <p>Rudolf L. van Renesse, "Optical Document Security", Third Edition (2005), Artech House Boston/London, Artech House Optoelectronics Library (ISBN 1-58053-258-6), pp.115 to 120.</p>  |
| <p>[Schaede2006]</p>       | <p>Johannes Schaede and Volker Lohweg, "The Mechanisms of Human Recognition as a Guideline for Security Feature Development", Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI, edited by Rudolf L. van Renesse, Proceedings of SPIE-IS&amp;T Electronic Imaging, SPIE Vol.6075 (2006), pp.607507-1 to 607507-10</p>   |

	[Jiang2003]	Xiao-Yue Jiang and Rong-Chuan Zhao, "Segmentation Based on Incomplete Wavelet Packet Frame", IEEE Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Xi'an (November 2-5, 2003), pp.3172 to 3177
5	[Zhang2002]	Jianguo Zhang and Tieniu Tan, "Brief Review of Invariant Texture Analysis Methods", Pattern Recognition Society, 35 (2002), pp.735 to 747
	[Coifman1992]	Ronald R. Coifman and Mladen Victor Wickerhauser, "Entropy-Based Algorithms for Best Basis Selection", IEEE Transactions on Information Theory, Vol.38, No.2 (March 1992), pp.713 to 718
	[Shensa1992]	Mark J. Shensa, "The Discrete Wavelet Transform: Wedding the A Trous and Mallat Algorithms", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol.40, No.10 (October 1992), pp.2464 to 2482
10	[Daubechles1992]	Ingrid Daubechies, "Ten Lectures on Wavelets", CBMSNSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 61, SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics), 2nd edition, 1992, ISBN 0-89871-274-2
	[Saito1994]	Naoki Saito, "Local Feature Extraction and its Applications using a Library of Bases", PhD Thesis, Yale University (December 1994)
	[Wang2008]	Qiong Wang, Hong LI, and Jian Liu, "Subset Selection Using Rough Set in Wavelet Packet Based Texture Classification", Proceedings of the 2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Hong Kong (August 30-31, 2008), pp.662 to 666
15	[Wang2000]	Xiaidan Wang, Hua Jin, and Rongchun Zhao, "Texture Segmentation Method Based on Incomplete Tree Structured Wavelet Transform and Fuzzy Kohonen Clustering Network", Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation (June 28-July 2m 2000), pp.2684 to 2687
	[Choi2006]	Euisun Choi, Jongseok Lee, and Joonhyun Yoon, "Feature Extraction for Bank Note Classification Using Wavelet Transform", IEEE Proceedings of the 18th International Conference on Pattern Recognition, ICPR'06 (2006), pp.934 to 937
20	[Fowle-2005]	James E. Fowler, "The Redundant Discrete Wavelet Transform and Additive Noise", IEEE Signal Processing Letters, Vol.12, No.9 (September 2005), pp.629 to 632

### Формула изобретения

1. Способ проверки подлинности защищенных документов, где подлинные защищенные документы содержат защитные элементы (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанные, нанесенные или иным образом выполненные на защищенных документах и содержащие характерные визуальные элементы, присущие процессам, используемым для изготовления защищенных документов, при этом способ включает:
- цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одного исследуемого участка поверхности проверяемого на подлинность документа, причем исследуемый участок охватывает по меньшей мере часть указанных защитных элементов, а указанная цифровая обработка включает выполнение разложения выборочного изображения посредством вейвлет-преобразования (WT) указанного выборочного изображения и выделение классифицирующих признаков ( $\sigma^2$ , C, ... ) из разложения выборочного изображения, и
  - получение оценки подлинности проверяемого документа на основе выделенных классифицирующих признаков ( $\sigma^2$ , C, ...),
- отличающийся тем, что указанное разложение выборочного изображения основано на неполном пакетном вейвлет-преобразовании (WPT) указанного выборочного изображения и включает разложение указанного выборочного изображения в дерево вейвлет-пакета, которое содержит по меньшей мере один узел ( $A_{i,j}$ ) аппроксимации и узлы ( $cV_{i,j}$ ,  $cH_{i,j}$ ,  $cD_{i,j}$ ) детализации, а также включает поиск узла детализации в дереве вейвлет-пакета, который имеет наибольшее информационное содержание.
2. Способ по п. 1, в котором указанное пакетное вейвлет-преобразование (WPT) является двумерным инвариантным относительно сдвига пакетным вейвлет-

преобразованием (2D-SIWPT).

3. Способ по п. 1, в котором узел, имеющий наибольшее информационное содержание, определяют на основе алгоритма выбора наилучшей ветви (BVA).

4. Способ по п. 3, в котором указанный алгоритм выбора наилучшей ветви (BVA)

<sup>5</sup> включает:

- разложение выборочного изображения по меньшей мере на первый уровень разложения ( $i=1$ ),

- определение узла детализации, или наилучшего узла, ( $cB_1$ ) среди узлов ( $cV_{1,1}, cH_{1,2}, cD_{1,3}$ ) детализации первого уровня разложения, который имеет наибольшее <sup>10</sup> информационное содержание, и

- дальнейшее разложение узла ( $A_{1,0}$ ) аппроксимации и наилучшего узла ( $cB_1$ ) первого уровня разложения по меньшей мере на второй уровень разложения ( $i=2$ ).

5. Способ по любому из пп. 1-4, в котором узел, имеющий наибольшее информационное содержание, определяют как узел среди узлов данного уровня разложения ( $i$ ), который имеет наибольшую дисперсию ( $\sigma^2$ ).

6. Способ по любому из пп. 1-4, включающий цифровую обработку множества выборочных изображений, соответствующих нескольким исследуемым участкам одного и того же проверяемого документа.

20 7. Способ по любому из пп. 1-4, в котором указанный по меньшей мере один исследуемый участок выбирают так, чтобы он включал высокую плотность узоров.

8. Способ по п. 7, в котором указанные узоры представляют собой линейные или криволинейные узоры глубокой печати.

9. Способ по п. 7, в котором указанный по меньшей мере один исследуемый участок выбирают так, чтобы он включал узоры графического представления, выполненного на проверяемом документе.

10. Способ по п. 9, в котором указанное графическое представление является портретом.

11. Способ по любому из пп. 1-4, в котором указанные классифицирующие признаки ( $\sigma^2, C, \dots$ ) являются статистическими параметрами, выбранными из группы, содержащей среднее арифметическое, дисперсию ( $\sigma^2$ ), асимметрию, эксцесс ( $C$ ) и энтропию статистического распределения вейвлет-коэффициентов, полученных в результате разложения выборочного изображения.

35 12. Способ по любому из пп. 1-4, в котором указанные защищенные документы представляют собой банкноты.

13. Способ изготовления защищенных документов, в частности банкнот, включающий шаг разработки защитных элементов, подлежащих печати, нанесению или иному выполнению на защищенных документах, в котором указанные защитные элементы разрабатывают таким образом, чтобы оптимизировать оценку подлинности подлинных документов, определяемую в соответствии со способом по п. 1.

40 14. Способ по п. 13, в котором указанные защитные элементы разрабатывают так, чтобы они включали высокую плотность узоров.

15. Способ по п. 14, в котором указанные узоры представляют собой линейные или криволинейные узоры глубокой печати.

45 16. Способ по любому из пп. 13-15, в котором указанные защищенные документы представляют собой банкноты.

17. Блок (200) цифровой обработки сигналов для обработки данных выборочного изображения по меньшей мере одного исследуемого участка поверхности документа

(1), проверяемого на подлинность в соответствии со способом по любому из пп. 1-12, при этом указанный блок (200) цифровой обработки сигналов запрограммирован для выполнения указанной цифровой обработки выборочного изображения.

18. Блок (200) цифровой обработки сигналов по п. 17, выполненный в виде блока

<sup>5</sup> программируемой логической матрицы (FPGA).

19. Устройство для проверки подлинности защищенных документов в соответствии со способом по любому из пп. 1-12, содержащее оптическую систему (100) для захвата выборочного изображения исследуемого участка и блок (200) цифровой обработки сигналов, запрограммированный для выполнения цифровой обработки выборочного <sup>10</sup> изображения.

20. Устройство по п. 19, в котором указанный блок (200) цифровой обработки сигналов выполнен в виде блока программируемой логической матрицы (FPGA).

21. Устройство по п. 19 или 20, выполненное в виде портативного электронного устройства со встроенной функцией захвата изображения.

<sup>15</sup> 22. Устройство по п. 21, в котором указанное портативное электронное устройство со встроенной функцией захвата изображения представляет собой смартфон.

23. Способ распознавания защитных элементов (41-49; 30; 10; 51, 52), напечатанных, нанесенных или иным образом выполненных на защищенных документах и содержащих характерные визуальные элементы, присущие процессам, используемым для

<sup>20</sup> изготовления защищенных документов, при этом способ включает цифровую обработку выборочного изображения по меньшей мере одного исследуемого участка поверхности проверяемого документа, причем исследуемый участок выбирают так, чтобы он включал по меньшей мере часть указанных защитных элементов (41-49; 30; 10; 51, 52), а указанная цифровая обработка включает выполнение разложения выборочного изображения

<sup>25</sup> посредством вейвлет-преобразования (WT) указанного выборочного изображения и выделение классифицирующих признаков ( $\sigma^2$ , C, ...) из разложения выборочного изображения,

<sup>30</sup> отличающийся тем, что указанное разложение выборочного изображения основано на неполном пакетном вейвлет-преобразовании (WPT) указанного выборочного изображения и включает разложение указанного выборочного изображения в дерево вейвлет-пакета, которое содержит по меньшей мере один узел ( $A_{i,j}$ ) аппроксимации и узлы ( $cV_{i,j}, cH_{i,j}, cD_{i,j}$ ) детализации, а также включает поиск узла детализации в дереве вейвлет-пакета, который имеет наибольшее информационное содержание.

<sup>35</sup> 24. Способ по п. 23, в котором указанное пакетное вейвлет-преобразование (WPT) является двумерным инвариантным относительно сдвига пакетным вейвлет-преобразованием (2D-SIWPT).

25. Способ по п. 23, в котором узел, имеющий наибольшее информационное содержание, определяют на основе алгоритма выбора наилучшей ветви (BVA).

<sup>40</sup> 26. Способ по п. 25, в котором указанный алгоритм выбора наилучшей ветви (BVA) включает:

- разложение выборочного изображения по меньшей мере на первый уровень разложения ( $i=1$ ),

<sup>45</sup> - определение узла детализации, или наилучшего узла, ( $cB_1$ ) среди узлов ( $cV_{1,1}, cH_{1,2}, cD_{1,3}$ ) детализации первого уровня разложения, который имеет наибольшее информационное содержание, и

- дальнейшее разложение узла ( $A_{1,0}$ ) аппроксимации и наилучшего узла ( $cB_1$ ) первого уровня разложения по меньшей мере на второй уровень разложения ( $i=2$ ).

27. Способ по любому из пп. 23-26, в котором узел, имеющий наибольшее информационное содержание, определяют как узел среди узлов данного уровня (i) разложения, который имеет наибольшую дисперсию ( $\sigma^2$ ).

<sup>5</sup> 28. Способ по любому из пп. 23-26, применяемый для распознавания узоров глубокой печати (41-49).

29. Способ по любому из пп. 23-26, в котором указанные защищенные документы представляют собой банкноты.

10

15

20

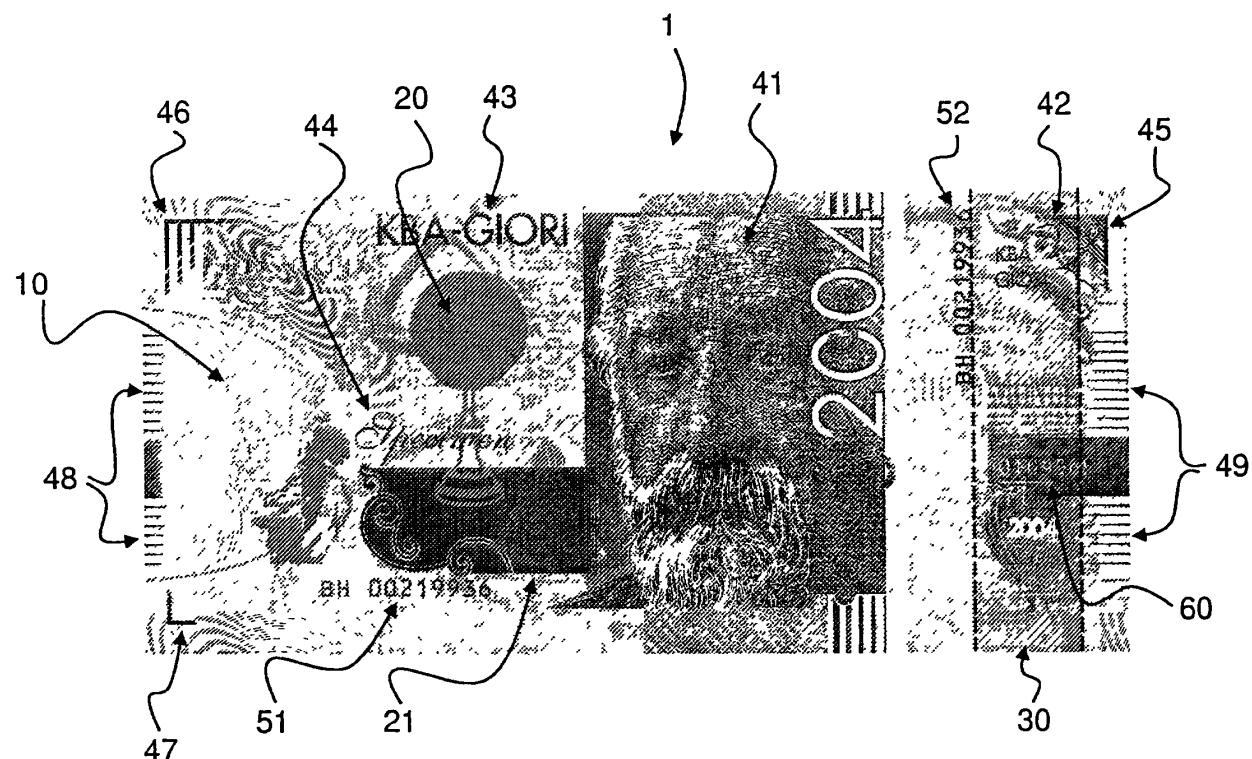
25

30

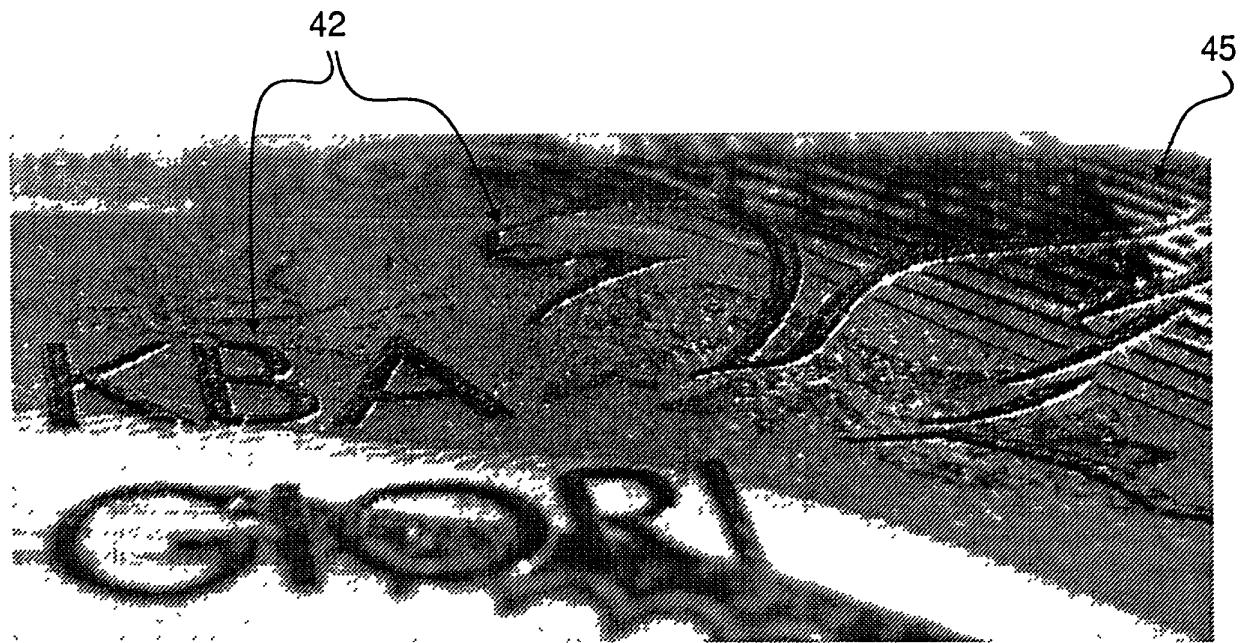
35

40

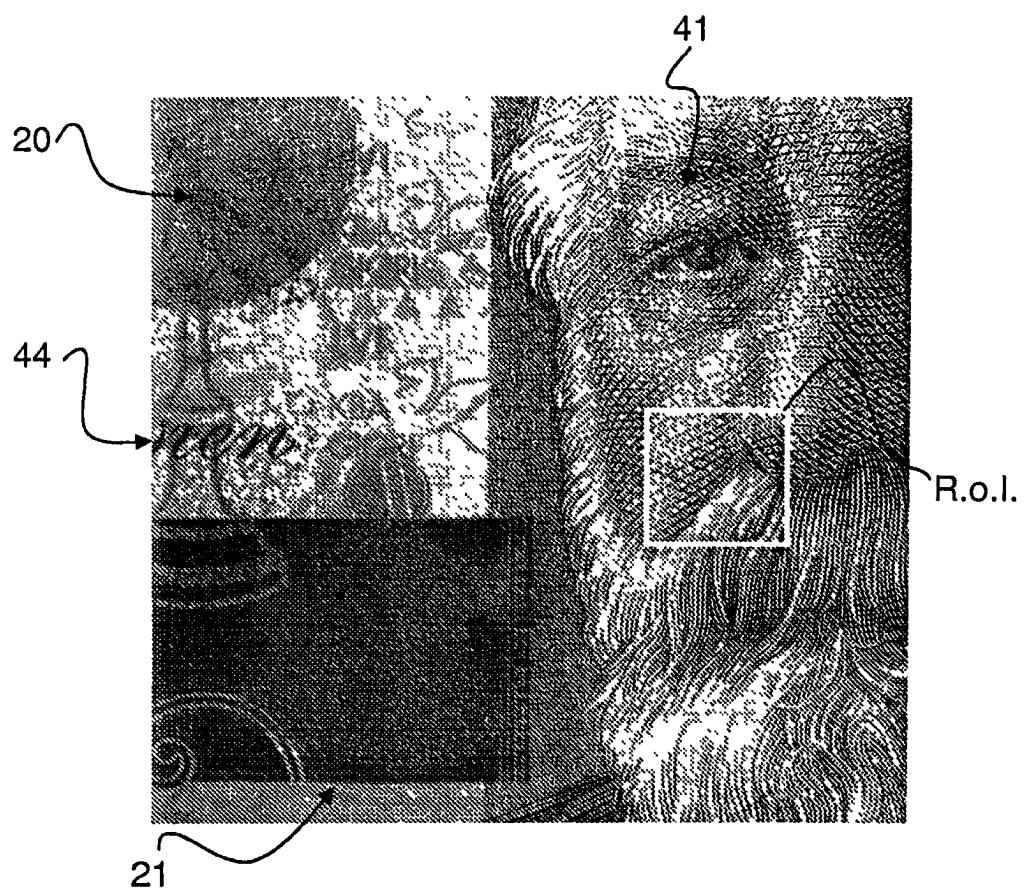
45



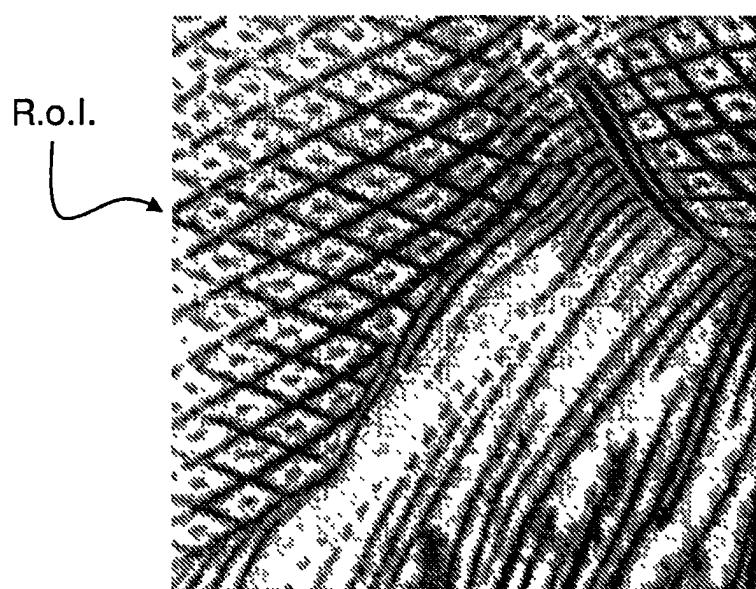
Фиг.1а



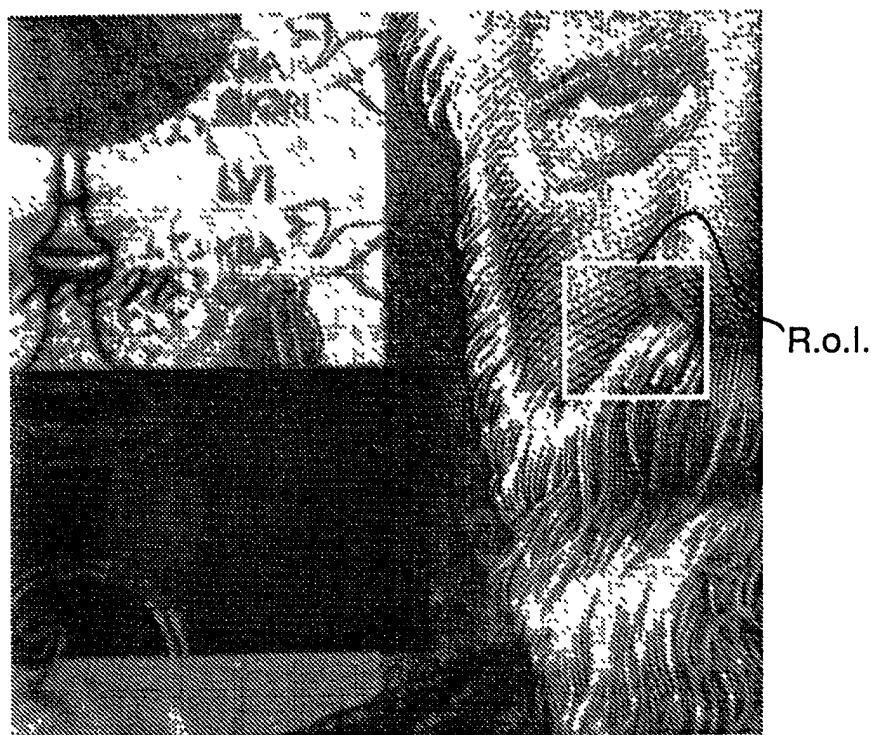
Фиг.1б



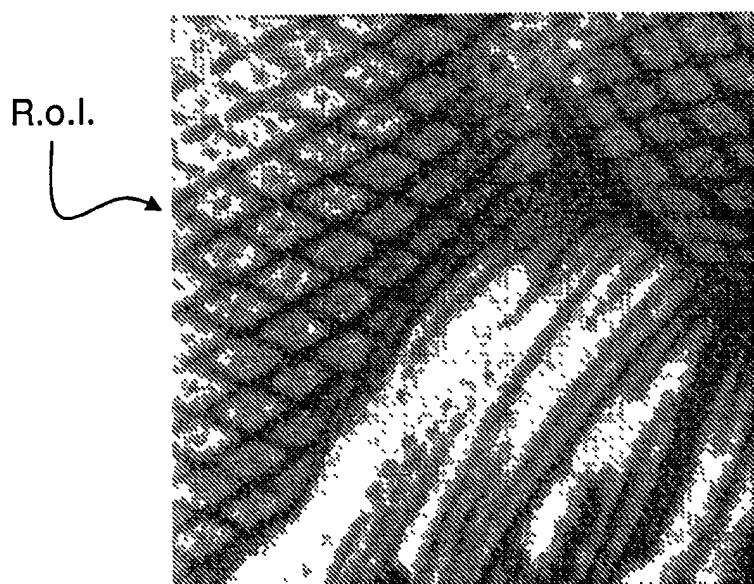
Фиг.2а



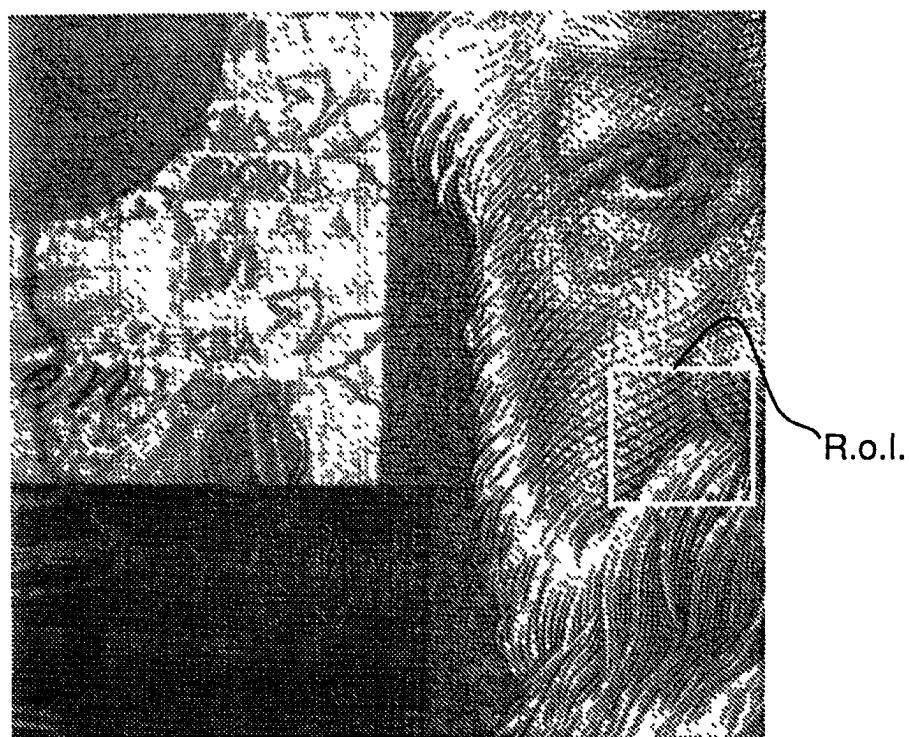
Фиг.2б



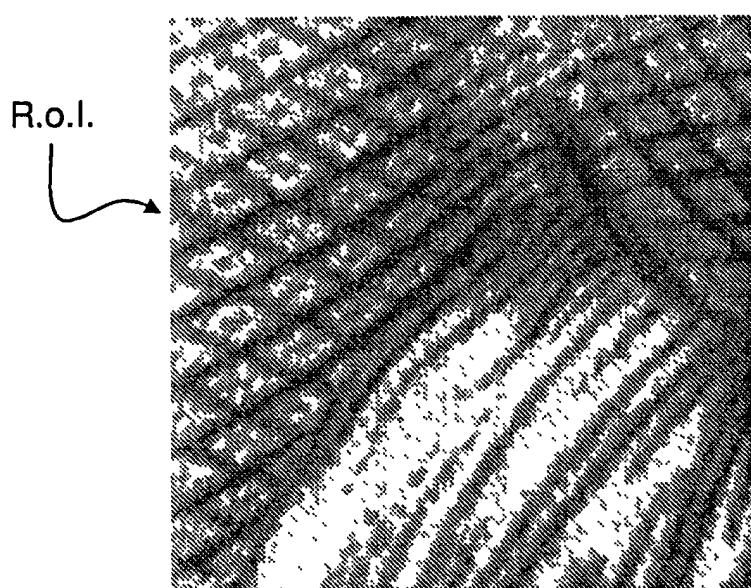
Фиг.3а



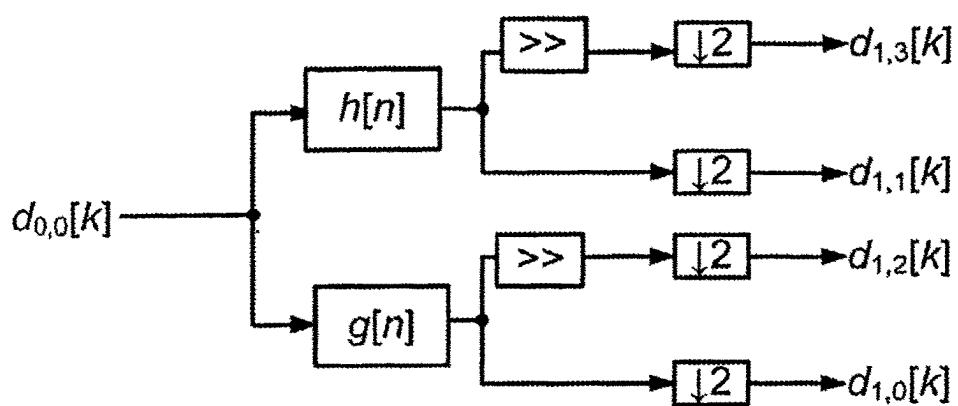
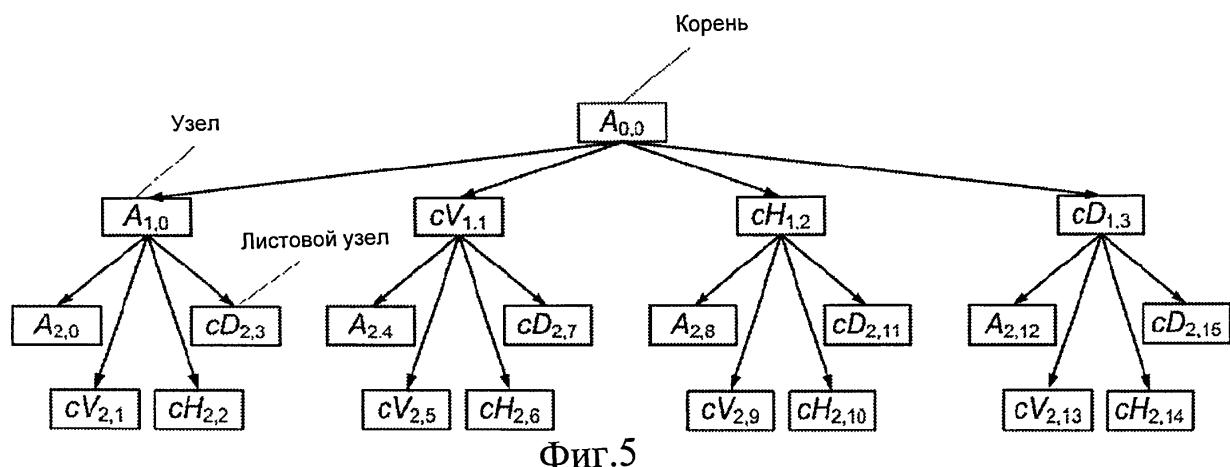
Фиг.3б



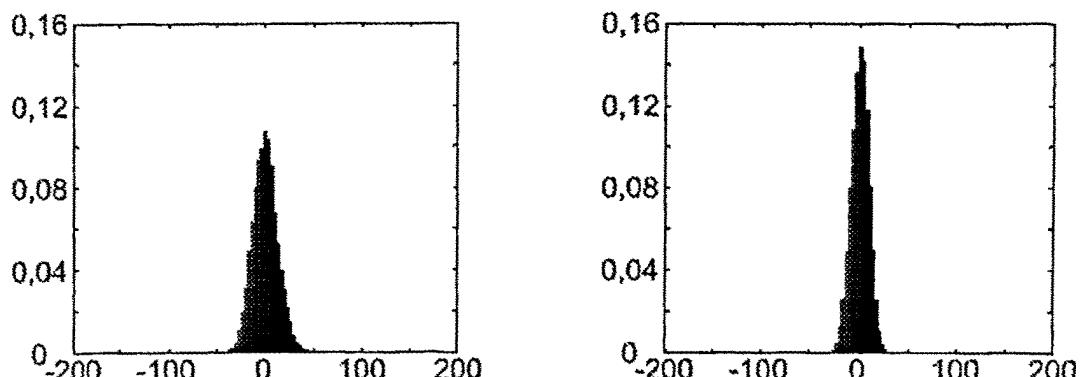
Фиг.4а



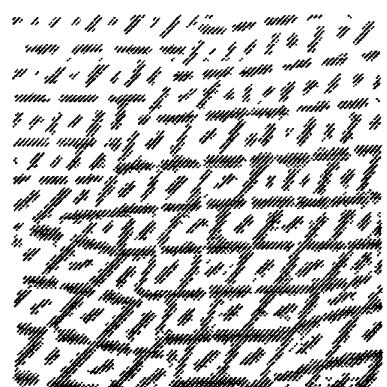
Фиг.4б



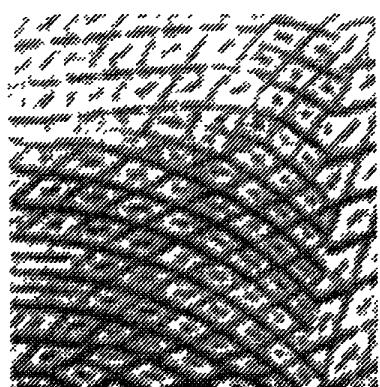
Фиг.6



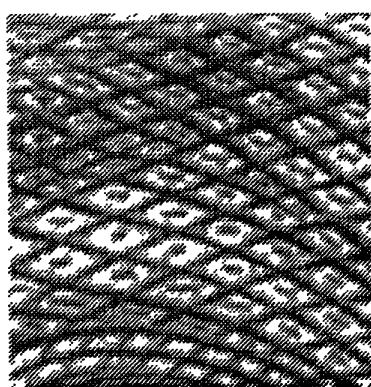
Фиг.7



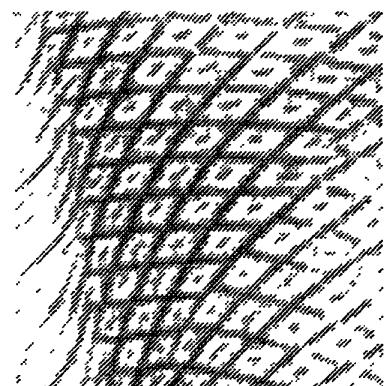
1



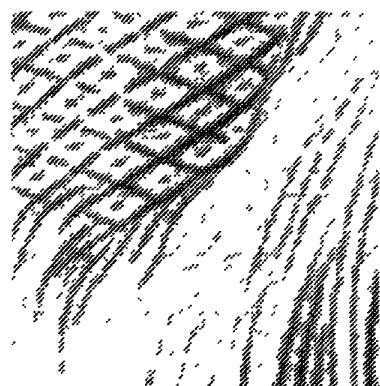
2



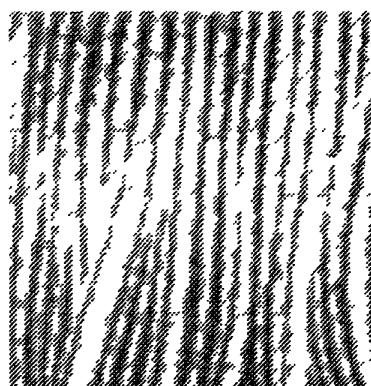
3



4

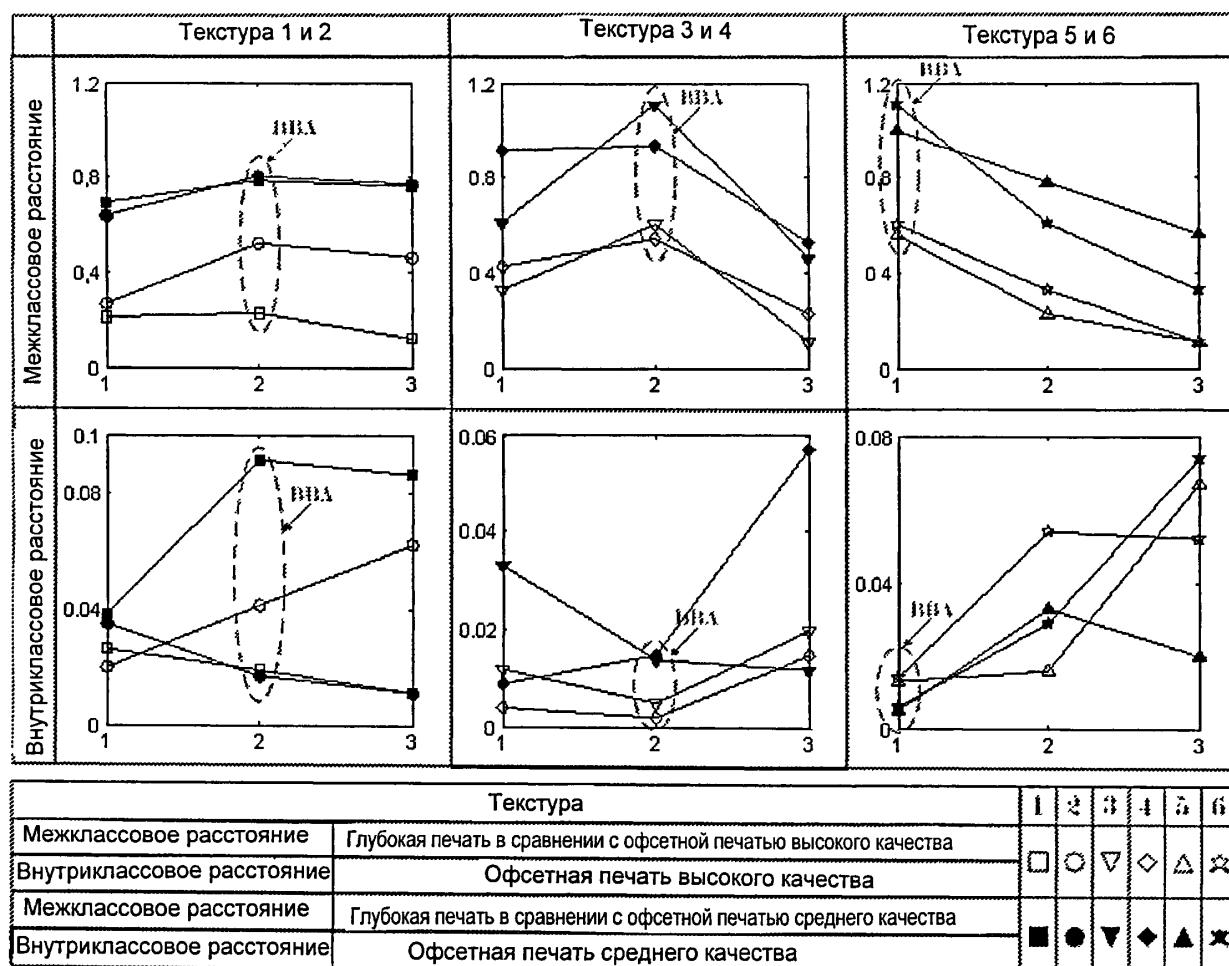


5

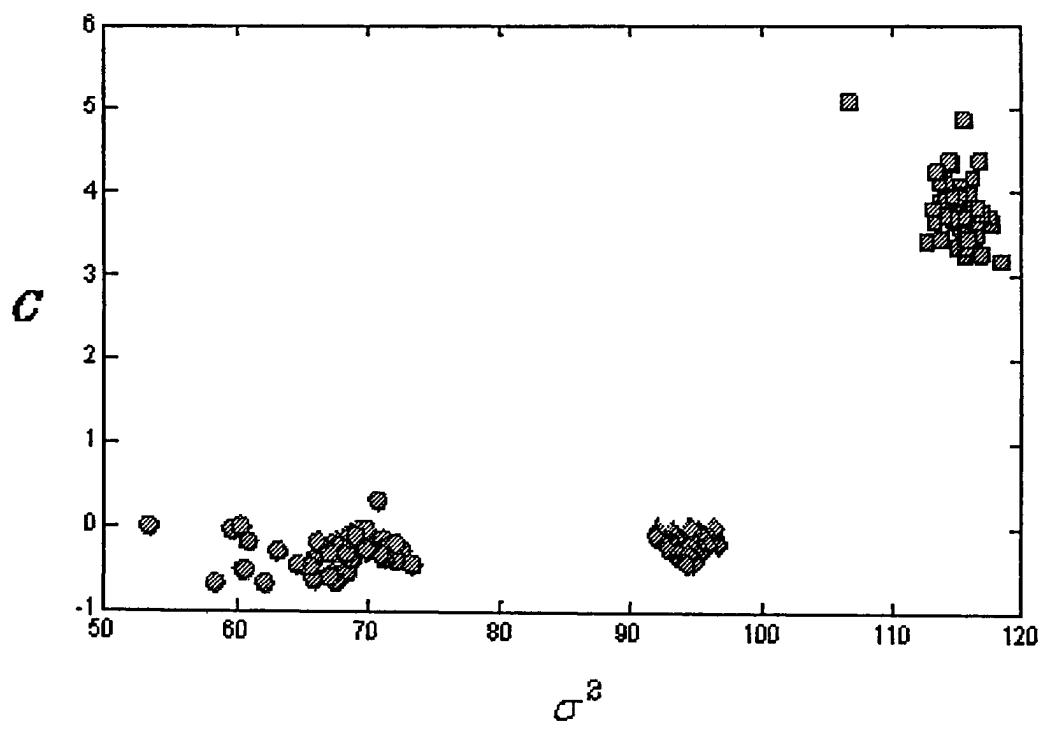


6

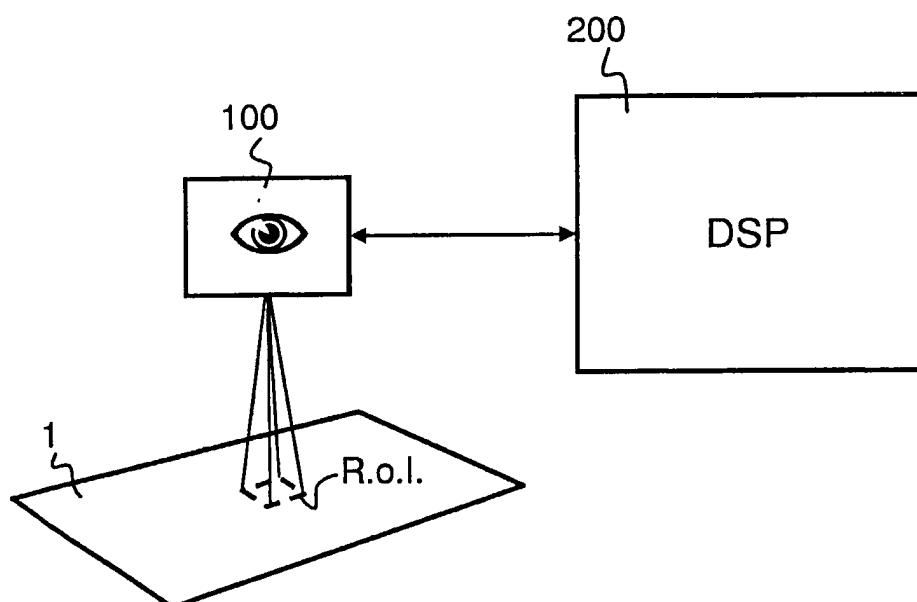
Фиг.9



Фиг.10



Фиг.11



Фиг.12