



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010113708/08, 08.04.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**08.04.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **08.04.2010**(45) Опубликовано: **27.12.2011** Бюл. № 36(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 00/46758 A1, 10.08.2000. RU 2305322 C2, 27.08.2007. CN 2499902 Y, 10.07.2002. DE 19928059 A1, 21.12.2000. DE 19915440 A1, 28.09.2000. WO 2007/068867 A1, 21.06.2007.**

Адрес для переписки:

**111399, Москва, Федеративный пр-кт, 5, корп.2, ООО "КБ "ДОРС", для А.Д. Ченцовой**

(72) Автор(ы):

**Минин Петр Валерьевич (RU),  
Коротенко Владислав Игоревич (RU),  
Письменный Дмитрий Геннадиевич (RU),  
Шешуков Дмитрий Евгеньевич (RU)**

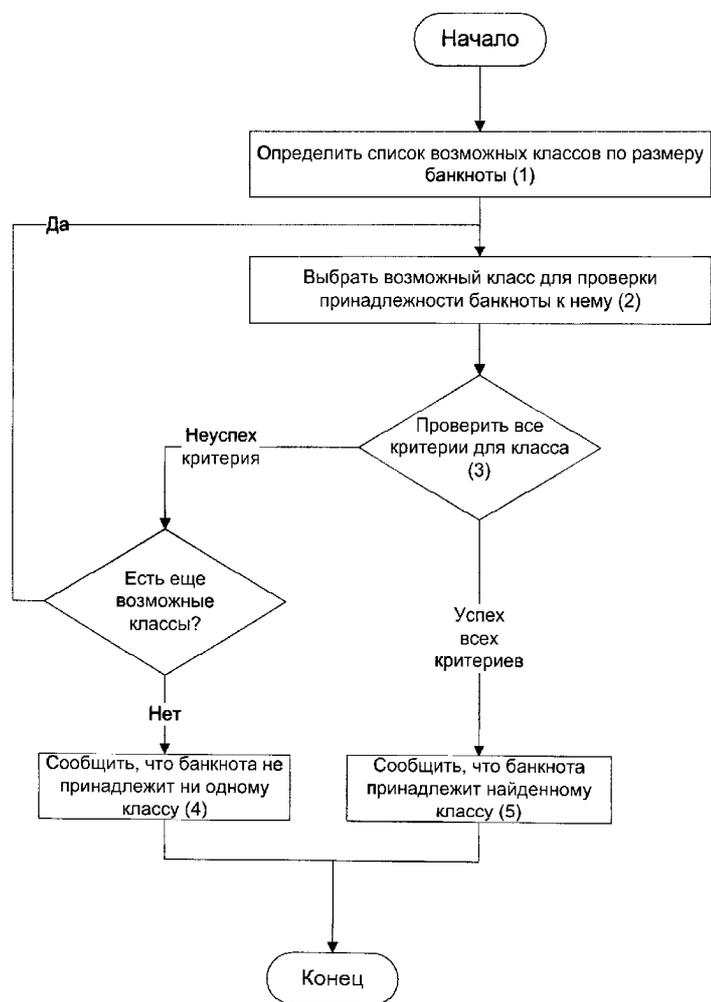
(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной  
ответственностью "Конструкторское бюро  
"ДОРС" (ООО "КБ "ДОРС") (RU)****(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ БАНКНОТ (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к средствам проверки банкнот. Техническим результатом является сокращение времени обработки с повышением достоверности проверки. В способе осуществляют предварительную классификацию с последующей проверкой выбранных возможных классов на соответствие нескольким известным критериям, соответствующим каждому классу. Для уточнения производят

проверку допустимого соотношения характеристик для двух областей. В соответствии со вторым вариантом способа на основе цифрового образа банкноты производят классификацию и для каждого возможного класса вычисляют меру соответствия ему банкноты, ранжируя по значению заданной меры, относят банкноту к классу, наиболее близкому ей по мере соответствия. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг.2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010113708/08, 08.04.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**08.04.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **08.04.2010**

(45) Date of publication: **27.12.2011 Bull. 36**

Mail address:

**111399, Moskva, Federativnyj pr-kt, 5, korp.2,  
OOO "KB "DORS", dlja A.D. Chentsovoj**

(72) Inventor(s):

**Minin Petr Valer'evich (RU),  
Korotenko Vladislav Igorevich (RU),  
Pis'mennyj Dmitrij Gennadievich (RU),  
Sheshukov Dmitrij Evgen'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju  
"Konstruktorskoe bjuro "DORS" (OOO "KB  
"DORS") (RU)**

(54) **METHOD OF PROCESSING BANKNOTES (VERSIONS)**

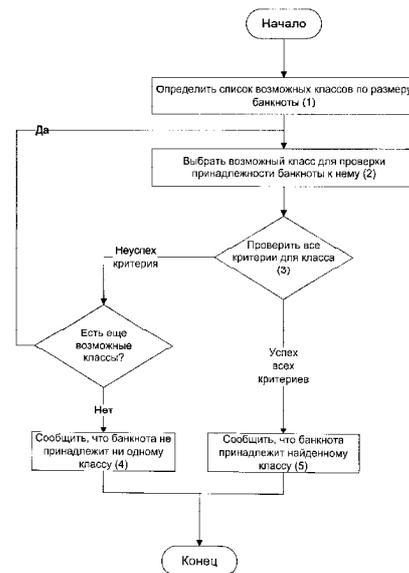
(57) Abstract:

FIELD: information technology.

SUBSTANCE: method involves preliminary classification, followed by checking the selected possible classes for conformity with several known criteria corresponding to each class. To be more precise, the permissible ratio of characteristics for two regions is checked. According to the second version of the method, classification is performed based on a digital image of the banknote and the measure of conformity of the banknote to the image is calculated for each possible class. By ranking according to the given measure, the banknote is associated with closest class according to conformity.

EFFECT: shorter processing time with increase in verification reliability.

5 cl, 9 dwg



Фиг.2

RU 2 438 182 C1

RU 2 438 182 C1

Область техники.

Изобретение относится к способам определения основных характеристик банкнот, таких как вид валюты и номинал. Способ может быть реализован в устройствах, производящих детектирование, подсчет либо сортировку банкнот.

5       Описываемый способ основан на вычислительной обработке цифрового образа банкноты, который формируется в устройстве при сканировании транспортируемой через него банкноты, ориентированной произвольным образом. В результате вычислительной обработки цифрового образа определяется класс банкноты, то есть  
10       уникальная совокупность из валюты, номинала, версии и ориентации банкноты. Поддельные банкноты, а также иные документы, на обработку которых способ не настроен, определяются как не относящиеся ни к одному классу. На основе определенного класса банкноты устройство принимает решение о последующем перемещении банкноты и выдаче информации о ней пользователю, в соответствии со  
15       своими настройками и алгоритмом работы.

Предшествующий уровень техники.

Устройство, производящее обработку банкнот, описано, например, в международной заявке на изобретение WO 00/46758 (опубл. 10.08.2000 г., МПК G07D  
20       7/04). Устройство автоматически сканирует банкноту, получая цифровой образ, состоящий из двумерных изображений обеих сторон банкноты, полученных в видимом и инфракрасном диапазонах спектра, а также под воздействием ультрафиолетового облучения. Для проведения вычислительной обработки цифрового образа устройство оснащено вычислительным блоком.

25       В соответствии со способом, реализуемым известным устройством, производится сопоставление характеристик исследуемой банкноты и эталонной банкноты заданного класса. Для этого на двумерном цифровом изображении банкноты выделяется ряд квадратных областей. Для каждой из этих областей производится  
30       вычисление набора статистических параметров. Затем, для каждой области, на основании набора статистических параметров, вычисляют функцию состояния, значение которой тем больше, чем выше степень сходства данной области с эталоном. Далее подсчитывают количество областей, в которых функция состояния превысила заданный порог, и по полученному результату судят о классе банкноты.  
35       Если таких областей больше, чем некоторое минимальное количество, то считают, что банкнота соответствует заданному классу. Дальнейший контроль подлинности проводят, сопоставляя список областей, в которых превышен заданный порог, с обязательным списком областей.

40       Основным недостатком способа, описанного в вышеназванной заявке, является большой объем вычислительных затрат для обработки банкноты. Если предполагаемый класс банкноты неизвестен, то для его определения необходимо сопоставить ее цифровое изображение с полным набором эталонов банкнот тех классов, которым может соответствовать исследуемая банкнота. В ходе  
45       сопоставления с каждым из эталонов производится большой объем вычислений, а решение о принадлежности банкноты принимается по завершении этих вычислений. Большой объем вычислений, производимых для каждой исследуемой банкноты, накладывает высокие требования к производительности вычислительного блока устройства. Для обеспечения быстрого действия вычислительный блок должен иметь  
50       высокую производительность. При небольшой производительности вычислительного блока скорость обработки банкнот будет низкой.

В известном способе происходит практически линейное увеличение требований к

производительности вычислительного блока устройства при увеличении числа классов, к которым может относиться банкнота. Это происходит из-за того, что соответствие банкноты каждому возможному классу проверяется независимо. Таким образом, для реализации известного способа затруднительно создать устройство, способное работать с большим количеством валют различных государств.

В международной заявке WO 2007/068867 (опубл. 21.06.2007 г., МПК G07D 7/20) раскрывается сущность способа валидации банкноты. Согласно этому способу для автоматической валидации используется набор классификаторов одного класса, применяемых к набору признаков, извлеченных из образа банкноты. Классификатор одного класса представляет собой вычислительный процесс, результатом которого является оценочная статистическая характеристика. Для каждого из известных классов имеется критерий принадлежности банкноты к определенному классу, основанный на сравнении значений оценочной статистической величины для этого класса с предопределенным пороговым значением. В соответствии с данным способом классификаторы для всех известных классов применяются к образу банкноты, и только после этого анализируются их результаты и выносятся суждение о принадлежности банкноты к тому или иному классу. Недостатком данного способа является то, что основная вычислительная обработка (применение классификаторов) проводится в неизменном объеме для каждой банкноты, и только затем производится анализ результата. Недостатки этого решения аналогичны ранее описанным недостаткам способа, описанного в заявке WO 00/46758.

Раскрытие изобретения.

Задачей настоящего изобретения является разработка способа скоростной обработки банкнот, относящихся к большому числу возможных классов, с применением вычислительного блока средней производительности.

Техническим результатом является снижение вычислительных затрат при обработке банкноты.

Этот результат достигается тем, что в способе обработки банкнот в соответствии с первым вариантом, заключающемся в том, что сканируют банкноту для получения двумерного цифрового образа, выполняют предварительную классификацию банкноты с выявлением возможных классов, к которым банкнота может быть отнесена, осуществляют последовательную проверку принадлежности к возможным классам путем последовательной проверки соответствия банкноты каждому из, по крайней мере, двух критериев принадлежности, при этом, если обнаружено несоответствие банкноты хотя бы одному критерию, то принимают решение об исключении данного класса из дальнейшего рассмотрения, окончательным результатом назначают первый обнаруженный класс, которому банкнота соответствует по всем предусмотренным для проверки критериям принадлежности к данному классу, при этом, если не найден ни один класс, которому банкнота соответствует по всем проверенным критериям принадлежности, то принимают решение о том, что банкнота не принадлежит ни к одному из рассмотренных возможных классов.

В одном из возможных вариантов реализации способа если установлено, что банкнота не относится ни к одному из рассмотренных классов, дополнительно, по крайней мере, один раз, проводят предварительную классификацию и последующую проверку принадлежности к возможным классам, причем каждый раз для этого используют новый набор классов, соответствие банкноты которым ранее не проверялось, окончательным результатом назначают первый обнаруженный класс,

которому банкнота соответствует по всем предусмотренным для проверки критериям принадлежности к данному классу, при этом, если не найден ни один класс, которому банкнота соответствует по всем проверенным критериям принадлежности, то принимают решение о том, что банкнота не принадлежит ни к  
5 одному из рассмотренных классов.

Заявленный технический результат достигается во втором варианте способа обработки банкнот тем, что сканируют банкноту для получения двумерного цифрового образа, проводят классификацию банкноты с выявлением возможных  
10 классов, к которым банкнота может быть отнесена, при этом для каждого выявленного класса вычисляют меру соответствия банкноты этому классу и ранжируют выявленные классы по значению меры соответствия, результатом классификации выбирают класс, наиболее близкий к банкноте по значению меры соответствия, по результатам классификации проводят подтверждение  
15 принадлежности банкноты выбранному классу путем проверки ее соответствия, по крайней мере, одному критерию, заданному для класса, являющегося результатом классификации, при этом, если обнаружено несоответствие банкноты критерию, то заключают, что банкнота не является представителем этого класса, если же  
20 несоответствие критерию не обнаружено, то принимают решение о том, что банкнота является представителем класса, являющегося результатом классификации, если в ходе подтверждения принадлежности не сделан вывод о принадлежности банкноты к какому-либо классу, то принимают решение, что банкнота не  
25 принадлежит ни к одному из рассмотренных классов.

В одном из возможных вариантов реализации в соответствии со вторым вариантом способа в ходе подтверждения принадлежности банкноты выбранному классу, если сделан вывод о том, что банкнота не является представителем класса, являющегося результатом классификации, проводят проверку принадлежности  
30 также и к по крайней мере одному дополнительному классу, расположенного по результатам ранжирования вслед за классом, наиболее близким к банкноте по значению меры соответствия.

В одном из возможных вариантов реализации в соответствии со вторым вариантом способа при классификации банкноты проверяют соответствие банкноты,  
35 по крайней мере, одному дополнительному критерию, задаваемому для каждого класса, и исключают из дальнейшего рассмотрения те классы, для которых обнаружено несоответствие такому критерию.

В одном из возможных вариантов реализации способа по любому из заявленных вариантов при проверке либо подтверждении принадлежности к классу выделяют  
40 области в полученном образе банкноты по схеме, заданной для этого класса; а для проверки, по крайней мере, одного критерия принадлежности к классу, для определенной пары областей, производят проверку допустимости соотношения характеристик областей в этой паре, при этом соотношение характеристик областей  
45 вычисляется как функция, заданная для данной пары и зависящая от значений пикселей в областях, составляющих пару, и его считают допустимым в том и только том случае, когда значение названной функции попадает в определенный интервал.

Классы, принадлежность к которым можно проверить по заявленному способу, будем называть известными классами. Состав известных классов определяется особенностями области применения устройства. Так, если устройство предназначено  
50 только для обработки банкнот одного государства, то для него в состав известных классов должны входить все номиналы и версии банкнот данного государства,

каждый в 4 возможных ориентациях. Для многовалютных устройств состав известных классов должен быть соответственно увеличен, чтобы охватить все номиналы, версии и ориентации заданного набора валют. Заявленный способ при реализации для конкретного устройства настраивается на определенный набор известных классов за счет соответствующего выбора параметров.

Заявленный способ выявляет принадлежность банкноты к одному из известных классов, либо дает заключение о том, что банкнота не принадлежит ни к одному из известных классов.

В соответствии с обоими вариантами способа определение класса банкноты происходит за счет многостадийной проверки критериев соответствия тому или иному классу. В отличие от прототипа, в котором проверка критериев соответствия происходит после большого объема предварительных вычислений, в заявленном способе вычисления разделены на множество несложных блоков и выполняются непосредственно в ходе последовательной проверки каждого из множества критериев. Снижение вычислительных затрат происходит за счет того, что проверка соответствия цифрового образа критериям определенного класса прекращается, как только обнаружено первое несоответствие такому критерию. Как правило, для большинства классов, к которым исследуемая банкнота заведомо не относится, проверка соответствия прекращается задолго до проверки полного набора критериев, предусмотренных для конкретного класса. Таким образом, в реальности производится лишь малая доля от суммарного объема вычислений, необходимых для подтверждения соответствия каждому из известных классов.

Цифровой образ банкноты может быть сформирован на основе различных физических принципов. Соответственно, в устройствах для обработки банкнот применяются датчики, регистрирующие разные физические характеристики банкноты. Наиболее распространенными являются оптические датчики, фиксирующие характеристики пропускания или отражения излучения банкнотой на определенных длинах волн в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Кроме того, оптические датчики используются для регистрации различных видов люминесценции. Помимо оптических датчиков широкое распространение получили магнитные датчики, регистрирующие магнитную проницаемость или остаточную намагниченность банкноты. Применение также находят датчики, измеряющие электрическую проницаемость, диэлектрическую проницаемость и толщину банкноты.

Обычно, датчики фиксируют последовательности отсчетов при линейном перемещении банкноты. Этот процесс называется сканированием банкноты. С точки зрения геометрической привязки к поверхности банкноты, в цифровом образе результаты работы датчиков могут представляться в виде одномерных или двумерных массивов. Они содержат оцифрованные отсчеты величин, регистрируемых датчиками.

Одномерные массивы описывают распределение того или иного параметра на поверхности банкноты вдоль прямолинейной полосы, которая определенным образом расположена на поверхности банкноты. Примером такого массива является массив значений сигнала датчика намагниченности, область чувствительности которого, при перемещении по поверхности банкноты, формирует прямолинейную полосу.

Двумерные массивы описывают распределение того или иного параметра по прямоугольным областям, расположенным на поверхности банкноты в виде рядов и

колонн. Примером двумерного массива является результат оптического сканирования поверхности банкноты в режиме измерения уровня отраженного света. Часто двумерный оптический компонент цифрового образа банкноты называют изображением, а элементы двумерного массива - пикселями. Несмотря на то что в большинстве случаев двумерные массивы формируются оптическими датчиками, известны также устройства, регистрирующие двумерные массивы остаточной намагниченности.

Процесс обработки банкнот может осуществляться как на основе одномерных, так и двумерных массивов, а также их сочетания. При этом использование только одномерных массивов не позволяет достаточно надежно охарактеризовать различные классы банкнот, так как характерные признаки банкнот определенных классов могут оказаться вне пределов полос, регистрируемых датчиками. Поэтому, в большинстве практических приложений, где необходимо высокое качество обработки банкнот различных классов, применяют устройства, регистрирующие двумерные массивы. Для увеличения надежности идентификации банкнот и отклонения подделок к двумерным массивам иногда добавляют одномерные.

Задачей этапа предварительной классификации, согласно первому варианту изобретения, является исключение из дальнейшего рассмотрения тех классов, к которым банкнота явно не относится. Этап предварительной классификации не предназначен для решения задачи выбора единственного класса, к которому относится банкнота. Поэтому он, как правило, является вычислительно несложным. Основным объемом вычислений производится на этапе определения единственного класса, к которому относится банкнота. При этом число таких классов, для которых необходимо провести проверку, существенно меньше, чем число известных классов. Преимущество от использования предварительной классификации состоит в том, что сокращается количество классов, для которых необходимо выполнить детальную проверку принадлежности к тому или иному классу. После проведения предварительной классификации производится проверка критериев соответствия каждому из возможных классов. Проверка прекращается, как только обнаружен класс, для которого все проверки критериев завершились успешно. Если же подобный класс так и не был обнаружен, то принимается решение о том, что банкнота не принадлежит ни одному из возможных классов.

Проверка принадлежности к возможным классам, в ходе определения единственного класса, к которому принадлежит банкнота, одновременно решает задачу отклонения поддельных банкнот. Указанная задача решается путем проверок соответствия критериям, которые проверяют наличие защитных признаков банкноты.

В заявленном способе под проверкой критерия соответствия заданному классу понимается любая вычислительная оценка данных цифрового образа банкноты, результатом которой может быть успех либо неуспех. Критерий соответствия формулируется таким образом, чтобы обеспечить успех на образах всех банкнот заданного класса и неуспех на образах большинства банкнот иных классов.

В заявленном способе для проверки принадлежности заданному классу предусматривается множественная последовательная проверка нескольких различных критериев. Если в этой последовательности для одного из критериев получен неуспешный результат, это обозначает, что банкнота не принадлежит заданному классу. В этом случае продолжение последовательности проверок становится бессмысленным, поскольку логическое заключение в отношении

принадлежности заданному классу уже получено.

Напротив, если все проверки предусмотренных критериев прошли успешно, это говорит о том, что с очень высокой степенью уверенности банкнота принадлежит заданному классу. Успех каждого отдельного критерия в отдельности не может дать 5 очень высокой уверенности в принадлежности банкноты. Однако сочетание успехов всех критериев позволяет очень уверенно говорить о принадлежности банкноты к заданному классу.

Для того чтобы повысить степень уверенности в результате, необходимо 10 использовать большое количество критериев, а сами эти критерии должны контролировать различные аспекты свойств банкноты. Практически установлено, что оптимальные результаты получаются в том случае, если последовательность и содержание критериев повторяет ход проверки банкноты квалифицированным экспертом-криминалистом. В этом случае можно говорить о сопоставимой степени 15 уверенности в результатах проверки, проводимой как экспертом-криминалистом, так и в соответствии с заявленным способом.

Согласно второму варианту изобретения в начале вычислительной обработки цифрового образа банкноты предусматривается этап классификации. На этапе 20 классификации, аналогично предварительной классификации, определяются возможные классы, к которым может принадлежать банкнота. Все классы, которым банкнота не может принадлежать, исключаются из дальнейшего рассмотрения. Далее, в отличие от предварительной классификации, производится ранжирование возможных классов по мере соответствия банкноты и каждого из этих классов. Мера 25 соответствия представляет собой число, которое характеризует степень близости банкноты к определенному классу.

Сравнение меры соответствия банкноты данному классу с определенной пороговой величиной может быть использовано в качестве критерия 30 принадлежности банкноты данному классу.

Классификация может быть основана исключительно на исследовании вычисленных значений меры соответствия банкноты разным классам. Для этого после вычисления меры соответствия для всех известных классов необходимо 35 произвести сравнение с пороговой величиной, известной для каждого класса. По результатам сравнения следует исключить из дальнейшего рассмотрения те классы, к которым исследуемая банкнота с уверенностью не принадлежит.

Для того чтобы определить класс из числа оставшихся, которому банкнота соответствует в наибольшей степени, проводится ранжирование значений мер 40 соответствия исследуемой банкноты каждому из возможных классов. Из возможных классов выделяется тот, к которому банкнота наиболее близка.

Алгоритм классификации выбирается таким образом, чтобы сократить общее время обработки банкноты. Он позволяет указать класс банкноты, если банкнота 45 принадлежит известному классу. Однако он не обеспечивает полную глубину проверки, необходимую для исключения банкнот, не принадлежащих ни одному классу, таких как фальшивые банкноты либо банкноты, не относящиеся к известным классам. Поэтому после выполнения классификации производится подтверждение принадлежности банкноты выбранному классу.

Для этого выполняется проверка, по крайней мере, одного критерия соответствия 50 банкноты тому классу, который является результатом классификации. Чтобы увеличить глубину проверки, могут применяться несколько последовательно проверяемых критериев, каждый из которых контролирует наличие той или иной

характерной особенностью банкноты. В частности, критерий может проверять наличие на банкноте такого защитного признака, подделка которого сильно затруднена. Подобный критерий позволяет отклонить поддельные банкноты. Банкноту признают представителем класса, являющегося результатом классификации, если проверки всех предусмотренных критериев принадлежности к данному классу завершились успехом. Если хотя бы одна из проверок названных критериев завершается неуспехом, то делается вывод о том, что банкнота не принадлежит ни одному из известных классов.

Краткое описание чертежей.

Фиг.1 - иллюстрирует вид банкноты в видимом и инфракрасном свете.

Фиг.2 - показан алгоритм осуществления способа по варианту 1.

Фиг.3 - показан алгоритм последовательности проверки критериев.

Фиг.4 - показан алгоритм осуществления способа по варианту 2.

Фиг.5 - изображена схема деления банкноты на зоны.

Фиг.6 - показаны графики линейной модели износа банкноты.

Фиг.7 - показаны гистограммы банкноты в процессе математического преобразования.

Фиг.8 - показан алгоритм осуществления возможной реализации способа по варианту 2.

Варианты осуществления изобретения.

Заявленный способ реализуется для применения в счетчике банкнот. Механизм счетчика предназначен для пересчета банкнот, то есть их поштучного перемещения из подающего кармана через зону расположения датчиков сканирования, и выкладывания их в приемный карман. В механизме установлены дополнительные датчики механизма, которые контролируют нахождение банкнот в приемном и подающем карманах, в банкнотопроводном тракте счетчика, а также контролируют вращение электрических приводов механизма.

Пользовательский интерфейс позволяет пользователю, после размещения пачки банкнот в подающем кармане, запустить процесс пересчета. После того как банкноты из подающего кармана переданы в приемный, на дисплее отображается общее количество пересчитанных банкнот по номиналам и их денежная сумма. Если в ходе пересчета будет обнаружена банкнота неизвестного класса, пересчет должен быть остановлен, а на экране выдано соответствующее сообщение.

Устройство, в котором реализуется заявленный способ, как правило, включает вычислительный блок, содержащий процессор, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), интерфейс связи с датчиками сканирования, интерфейс управления приводами, а также пользовательский интерфейс в виде дисплея и клавиатуры.

Датчики сканирования расположены в виде линейного массива (линейки) фотодатчиков с одной стороны банкнотопроводного тракта и двухволнового осветителя на противоположной стороне тракта. Излучение осветителя направлено через толщину тракта на линейку фотодатчиков. Массив фотодатчиков и двухволновой осветитель выполнены таким образом, что ими регистрируется пропускание света банкнотой по всей ширине тракта. Массив фотодатчиков оснащен оптической системой, обеспечивающей перенос изображения поверхности банкноты на поверхность линейки фотодатчиков. Двухволновой осветитель, синхронно с вращением механизма, попеременно излучает либо на длине волны в видимом диапазоне, либо на длине волны в инфракрасном (ИК) диапазоне. Период

переключения осветителя соответствует перемещению банкноты на 1 миллиметр. Таким образом, при перемещении банкноты, на каждый миллиметр перемещения, линейка фотодатчиков регистрирует пропускание банкноты как в ИК излучении, так и в видимом свете. Уровень засветки фотодатчиков таков, что они работают в  
5 линейном режиме при прохождении света через банкноту и в режиме насыщения при прохождении света через ту часть тракта, где нет банкноты.

Предварительная классификация банкнот может быть проведена, например, по геометрическому размеру. Размер банкноты может быть легко определен путем  
10 анализа положения ее границ в двумерном массиве в цифровом образе банкноты. Алгоритмы для этой цели хорошо известны в теории обработки изображений. Размер банкноты по длинной и короткой стороне позволяет выделить несколько классов, к которым может относиться банкнота, и отбросить все остальные. Степень селективности при этом зависит от конкретных особенностей банкнот. Например,  
15 банкнота размером 147 на 82 мм может быть только банкнотой номиналом 100 евро. Этому размеру соответствует 4 класса, в соответствии с 4 возможными вариантами ориентации банкноты 100 евро при прохождении через устройство обработки банкнот. Для банкноты размером 157 на 69 мм возможны два номинала:  
20 1000 рублей и 5000 рублей, что суммарно, с учетом ориентации, дает 8 классов.

Предварительная классификация по геометрическим размерам является вычислительно несложным алгоритмом. За счет этого достигается сокращение вычислительной сложности обработки банкноты. В качестве других возможных вариантов предварительной классификации может быть использован метод  
25 моментных инвариантов Ху, метод симметричных случайных масок и другие быстрые алгоритмы классификации изображений.

Следующим шагом обработки банкнот является проверка отобранных возможных классов на соответствие, по меньшей мере, двум критериям  
30 принадлежности. Примером критерия принадлежности является проверка отношения среднего уровня двух каких-либо характеристик в паре заданных областей (зон) на поверхности банкноты. Такой критерий находит применение, например, для проверки наличия на банкноте защитного признака, называемого инфракрасной меткой. Инфракрасная метка содержит визуально единый  
35 графический элемент, который, на самом деле, напечатан двумя красками. Обе эти краски в видимом свете имеют одинаковые оптические характеристики, однако, в инфракрасном излучении, одна из красок является полностью прозрачной (ИК-15 прозрачной), в то время как другая имеет существенную оптическую плотность. Противоположная сторона банкноты, в месте расположения инфракрасной метки,  
40 запечатывается краской, прозрачной в инфракрасном излучении. На фиг.1 показано изображение банкноты номиналом 500 евро, снятое в проходящем ИК-излучении (Фиг.1а) и проходящем видимом красном свете (Фиг.1б). Данная банкнота содержит несколько инфракрасных меток, самая крупная из которых представляет собой  
45 надпись «500», полностью видимую в красном свете и частично - в ИК-излучении. Для контроля этой инфракрасной метки одну зону ( $Z_1$ ) контроля размещают в той части метки, которая напечатана ИК-прозрачной краской, а вторую - в другой части ( $Z_2$ ), краска в которой имеет существенную оптическую плотность в ИК-  
50 излучении. Обе зоны имеют высокую оптическую плотность в видимом красном свете. Отношение среднего значения пропускания видимого света в первой зоне к пропусканию того же света во второй зоне будет близко к 1. Если это отношение попадает в заданный интервал допустимых значений, то проверка критерия

завершается успехом. В противном же случае результатом проверки критерия является неуспех. Границы допустимого интервала выбираются на основе анализа совокупности подлинных банкнот данного класса, находящихся в обращении. Они должны быть установлены таким образом, чтобы для указанной совокупности банкнот проверка критерия завершалась успехом.

С другой стороны, отношение среднего значения пропускания ИК-излучения в первой зоне к пропусканию того же излучения во второй зоне будет существенно больше 1. На основании этого факта можно построить второй критерий. В этом критерии необходимо использовать соответствующий интервал допустимых значений, обеспечивающий успех проверки критерия для совокупности подлинных банкнот.

Таким образом, на основе данных цифрового образа по паре зон можно сформировать два различных критерия для проверки инфракрасной метки. Каждый из этих критериев отражает отдельный аспект проверки инфракрасной метки, поэтому успех обоих критериев дает высокую уверенность в том, что банкнота не поддельная.

Важно, что в приведенном примере проверка критерия всегда дает успех для подлинных банкнот заданного класса. Для фальшивых банкнот и банкнот других классов наиболее вероятным результатом проверки критерия является неуспех, однако в небольшом количестве случаев возможен успешный результат. Неуспех проверки хотя бы одного из этих критериев позволяет сразу сказать о том, что проверяемая банкнота не является представителем данного класса. В случае успеха обоих критериев банкнота может являться представителем данного класса.

Программное обеспечение процессора, хранящееся в ПЗУ, содержит первый модуль для управления перемещением банкнот, который также осуществляет связь с пользователем через пользовательский интерфейс. Первый программный модуль контролирует состояние датчиков перемещения банкноты, а также управляет электрическими приводами механизма.

Сканирование банкноты и все последующие шаги по классификации реализуются при помощи второго программного модуля, также размещенного в ПЗУ. Программа в этом модуле запускается по команде первого модуля, после того, как очередная банкнота подается по тракту в направлении зоны расположения датчиков сканирования. Программа во втором модуле завершается после прохождения банкноты через зону датчиков сканирования и выдает первому модулю информацию о классе, к которому была отнесена банкнота. Первый модуль, основываясь на этой информации, принимает решение о продолжении пересчета либо остановке механизма.

Непосредственно после запуска программа второго модуля приступает к сканированию банкноты, проходящей через зону датчиков сканирования. При продвижении банкноты на 1 мм по тракту программа дважды считывает оцифрованные значения сигналов фотодатчиков линейки - один раз для пропускания в ИК-излучении, а другой раз - для пропускания в видимом свете. Эти оцифрованные значения размещаются в двух соответствующих массивах в ОЗУ процессора. Сканирование завершается, как только программа определяет, что все фотодатчики линейки находятся в насыщении. В результате сканирования в ОЗУ размещается цифровой образ банкноты, содержащий один двумерный массив для пропускания ИК-излучения и другой двумерный массив для пропускания видимого света.

После завершения сканирования программа переходит к вычислительной

обработке образа банкноты. На фиг.2 приведен алгоритм в соответствии с первым вариантом способа.

Первым шагом выполняется предварительная классификация (1). Для этого программа определяет габарит банкноты (размер каждой стороны) и расположение ее центра в цифровом образе, используя алгоритм поиска границ. Границы банкноты определяются по переходу оцифрованного сигнала датчика в видимом диапазоне из значения, соответствующего состоянию насыщения, в значение, соответствующее линейному режиму. В ПЗУ процессора хранится таблица соответствия размеров банкноты, с одной стороны, и возможных классов, с другой стороны.

Последовательно, для каждого из возможных классов, программа выбирает класс для проверки (2) и затем выполняет проверку последовательностей критериев принадлежности банкноты к данному классу (3).

Проверка последовательности критериев проиллюстрирована на фиг.3. Все критерии проверяются единообразно (6). Для каждого критерия задаются координаты первой ( $Z_1$ ) прямоугольной зоны контроля и второй ( $Z_2$ ) прямоугольной зоны контроля, а также размеры первой и второй зон. Координаты зон заданы в привязке к центру банкноты. Кроме того, для первой зоны и для второй зоны указывается двумерный массив, по которому эта зона обрабатывается - либо массив пропускания ИК-излучения, либо массив пропускания видимого излучения. Программа вычисляет среднее арифметическое значение элементов массивов, попадающих в первую зону и во вторую зону, соответственно. Затем программа вычисляет отношение среднего арифметического первой зоны к среднему арифметическому второй зоны. Полученное отношение сопоставляется с допустимым интервалом значений, который задан для данного критерия. Если отношение находится внутри интервала, считают, что проверка завершилась успехом. Если отношение находится вне интервала, считают, что проверка завершилась неуспехом.

Как только в последовательности проверки критериев (6) для данного класса получается неуспешный результат, дальнейшую проверку по этой последовательности прекращают и переходят (2) к последовательности для следующего класса из числа возможных. Если же вся последовательность проверок критериев (3), предусмотренных для данного класса, завершается со всеми успешными результатами отдельных проверок, то проверку завершают. При этом принимают решение о том, что банкнота принадлежит к данному классу (4).

Если все проверки для всех возможных классов проведены, но ни одна из них не прошла без неуспешного результата, то проверку также прекращают. При этом принимают решение о том, что банкнота не принадлежит ни к одному из известных классов (5).

После завершения проверки результаты проверки и управление программой возвращаются первому программному модулю. Первый программный модуль производит действия в соответствии с результатом проверки.

В некоторых случаях имеет смысл разделить предварительную классификацию на несколько стадий, на каждой из которых банкнота классифицируется по возможности принадлежности к подмножеству известных классов. По результатам предварительной классификации производится проверка принадлежности к найденным возможным классам. Если класс, к которому принадлежит банкнота, не найден, то проводят следующую стадию предварительной классификации для второго набора известных классов, которые ранее не рассматривались. Затем

проводят проверку принадлежности к найденным возможным классам из второго набора. Процесс повторяют до тех пор, пока либо не будет найден класс, к которому принадлежит банкнота, либо не будут рассмотрены все известные классы. Если класс, к которому принадлежит банкнота, не найден, то делают вывод о том, что банкнота не принадлежит ни одному из известных классов.

Такая реализация позволяет сделать предварительную классификацию более точной, за счет того, что на каждой стадии применяется метод классификации, наиболее оптимальный для определенного набора известных классов. Например, предварительная классификация по размеру очень эффективна для банкнот Евро, поскольку каждый номинал Евро имеет уникальное сочетание длины и ширины банкноты. Стадия предварительной классификации для Евро должна опираться на проверку размера. В отношении долларов США предварительная классификация по размеру совершенно не эффективна, так как все банкноты этой валюты имеют один и тот же размер, вне зависимости от номинала и версии. Поэтому стадию предварительной классификации для долларов США нужно выполнять по иному алгоритму, чем для банкнот Евро. Например, может использоваться алгоритм случайных масок.

Классификация по второму варианту основана на вычислении меры соответствия банкноты заданному классу. Возможны различные варианты реализации вычисления меры соответствия (или оценки степени близости). В одной возможной реализации класс представляется наиболее характерной банкнотой - членом класса. Наиболее характерная банкнота выбирается в результате анализа цифровых образов большого количества банкнот данного класса, находящихся в денежном обращении. Для оценки меры соответствия вычисляют поэлементный коэффициент корреляции между массивами образа исследуемой банкноты и образа наиболее характерной банкноты. Чем более сходными являются две эти банкноты, тем выше коэффициент корреляции. Для двух идентичных образов коэффициент корреляции достигает максимального значения, равного 1. Для банкнот, относящихся к данному классу, коэффициент корреляции будет несколько меньше 1. Напротив, чем более различны банкноты, тем меньше коэффициент корреляции между ними. Для банкнот, относящихся к иному классу, коэффициент корреляции будет существенно меньше 1. Поэтому коэффициент корреляции удобно применять в качестве меры соответствия. В приведенном варианте реализации большей мере соответствия соответствует большая степень близости к классу.

В другой реализации используется метод выделения признаков, известный в теории распознавания образов. Цифровой образ банкноты характеризуется определенным количеством числовых характеристик, называемых признаками. Каждый из признаков вычисляется на основе данных цифрового образа по определенному алгоритму. В качестве признаков могут использоваться различные известные характеристики изображения (для двумерных массивов) или последовательности (для одномерных массивов), такие как статистические моменты, коэффициенты Фурье-преобразования, средние значения по заданным областям, вейвлетные коэффициенты.

Таким образом, каждому образу банкноты ставится в соответствие точка в  $n$ -мерном пространстве признаков, координатами которой являются значения соответствующих признаков. Степень близости двух банкнот можно оценивать по расстоянию между соответствующими им точками. Традиционно расстояние вычисляется как квадратный корень из суммы квадратов разностей

соответствующих координат точек. Такое расстояние принято называть евклидовым расстоянием. В практике находят применение и другие способы вычисления расстояния. Например, так называемое манхеттенское расстояние вычисляется как сумма модулей разностей соответствующих координат точек. Вычислительные затраты для нахождения манхеттенского расстояния значительно ниже, чем затраты на нахождение евклидового расстояния. В качестве характеристики близости манхеттенское расстояние практически не уступает евклидовому.

В описываемом варианте реализации реализации вычисления меры соответствия могут использоваться любые пригодные способы выделения признаков и нахождения расстояния между двумя образами банкнот в пространстве признаков. В качестве меры соответствия классу используется расстояние в пространстве признаков между исследуемой банкнотой и наиболее характерной банкнотой класса. Чем меньше эта мера соответствия, тем выше степень соответствия банкноты данному классу.

Конкретный выбор признаков должен выбираться таким образом, чтобы с их помощью в максимальной степени охарактеризовать взаимные различия банкнот всех известных классов. В терминологии, принятой в теории распознавания образов, признаки должны выбираться таким образом, чтобы обеспечить уверенное разделение классов. Как показывает практический опыт, это всегда возможно.

Чтобы найти класс, являющийся результатом классификации, ранжируют классы по значению меры соответствия банкноты этим классам. В качестве результата классификации выбирают класс, наиболее близкий к банкноте по значению меры соответствия. В случае меры соответствия, основанной на корреляционном коэффициенте, это будет класс с максимальным значением меры соответствия. В случае меры соответствия, основанной на расстоянии в пространстве признаков, необходимо выбрать класс с минимальным значением меры соответствия. Выбранный класс является результатом классификации.

Сравнение меры соответствия заданному классу с предварительно установленным порогом может использоваться в качестве дополнительного критерия принадлежности банкноты заданному классу. Классы, не соответствующие критерию сравнения меры соответствия с заданным порогом, исключаются из дальнейшего рассмотрения. Предпочтительным является исключение таких классов из ранжирования, поскольку это уменьшает вычислительные затраты на проведение ранжирования.

В случае меры соответствия, основанной на коэффициенте корреляции, можно установить такую пороговую величину, что для всех банкнот, мера соответствия которых меньше пороговой величины, можно уверенно говорить о непринадлежности банкноты к данному классу. Если же мера соответствия больше пороговой величины либо равна ей, то банкнота, возможно, принадлежит данному классу.

Аналогично, в случае меры соответствия, основанной на расстоянии в пространстве признаков, можно установить такую пороговую величину, что для всех банкнот, мера соответствия которых больше пороговой величины, можно уверенно говорить о непринадлежности банкноты к данному классу. В том случае, когда мера соответствия меньше пороговой величины либо равна ей, банкнота, возможно, принадлежит данному классу. Выбор пороговой величины необходимо делать на основе анализа значений меры соответствия данному классу по большой совокупности банкнот данного класса, находящихся в обращении. Порог следует выбирать с определенным, эмпирически назначенным, запасом, чтобы

гарантировать правильность работы критерия для тех банкнот данного класса, которые не вошли в проанализированную совокупность.

Вычислительную обработку по второму варианту способа производят в последовательности, показанной на фиг.4, начиная с классификации банкноты.

5 Первоначально, производят предварительную обработку данных (7). Для этого определяют габарит и центр банкноты, как это делалось по первому варианту. Кроме того, строят гистограмму массива ИК-данных цифрового образа банкноты. По гистограмме определяют нижнюю  $H_b$  и верхнюю  $H_t$  границы, между которыми  
10 заключен интервал значений пропуска банкноты. В ходе анализа гистограммы отбрасывают значения, соответствующие состоянию насыщения датчиков и пограничным участкам банкноты.

Затем приступают к извлечению признаков. Для этого разбивают образ банкноты на одинаковые квадратные зоны размером 10 на 10 миллиметров, расположенные  
15 рядами и колоннами (Фиг.5). В массиве данных цифрового образа каждая такая зона соответствует квадратной матрице размером 10 на 10 пикселей. Строят новый двумерный массив признаков, в котором каждый элемент соответствует одной квадратной зоне, а значение этого элемента равно среднему арифметическому  
20 элементов двумерного массива ИК-данных цифрового образа, попадающим в эту зону. В массиве признаков каждой матрице 10 на 10 из элементов массива ИК-данных соответствует один элемент. Центр массива привязывают к геометрическому центру банкноты.

Полученный массив признаков корректируют таким образом, чтобы его значения  
25 лежали в интервале от 0 до максимальной величины  $I_{max}$ . Для этого производят линейное преобразование интервала исходных значений признаков от  $H_b$  до  $H_t$ , в новый интервал значений признаков от 0 до  $I_{max}$ , по формуле:

$$30 \quad I_{out} = (I_{in} - H_b) \frac{I_{max}}{H_t - H_b}$$

В этой формуле  $I_{in}$  - значение признака до преобразования,  $I_{out}$  - значение признака после преобразования. Это преобразование применяют ко всем элементам массива признаков. Данная коррекция призвана уменьшить различия в признаках между банкнотами одного класса, имеющих разную степень износа.

35 Особенности износа банкноты, в первом приближении, иллюстрируются линейной моделью износа банкноты, как проиллюстрировано графиками на фиг.6. Известно, что при износе банкнот, за счет загрязнения, снижается общее пропускание излучения бумагой. Кроме того, истирание красочного слоя приводит к уменьшению  
40 общего контраста банкноты. На графиках 15-18 (фиг.6) показано отображение начальных значений оптической плотности на различных участках совершенно новой банкноты (ось абсцисс) в значения оптической плотности на тех уже участках после износа банкноты (ось ординат). Прямая 15 соответствует практически неизношенной банкноте, прямая 16 - банкноте с истертым красочным слоем,  
45 прямая 17 - банкноте с равномерным загрязнением, прямая 18 - загрязненной банкноте с истертым красочным слоем. Данная модель не отражает нелинейные искажения в передаче градаций оптической плотности. Однако, как показывает опыт, применение данной модели дает возможность существенно уменьшить  
50 различия признаков для банкнот одного класса и разной степени износа.

Износ, в соответствии с линейной моделью, приводит к изменению гистограммы банкноты (фиг.7а-7д). Гистограмма неизношенной банкноты показана на фиг.7а. Износ можно охарактеризовать интервалом значений  $H_t$  и  $H_b$ , между которыми

заклучен интервал значений пропускания банкноты. Загрязнение банкноты (фиг.7b) приводит к сжатию этого интервала и смещению его вниз, в то время как истирание банкноты (фиг.7c) приводит к сжатию этого интервала и смещению его вверх. Комбинация истирания и загрязнения еще более сжимает интервал градаций и смещает его вниз (фиг.7d). Линейное преобразование интервала  $[H_b, H_t]$  в интервал  $[0, I_{max}]$  приводит гистограммы банкнот одного класса (фиг.7a-d) к практически идентичному виду (фиг.7e), вне зависимости от их степени износа. После применения такого преобразования различия оптической плотности между банкнотами одного класса, но разной степени износа, становятся малыми. Ответственными за эти небольшие остаточные различия являются нелинейные изменения оптической плотности индивидуальных изношенных банкнот, а также местные изменения оптической плотности на определенных участках. Данные эффекты не учитываются в линейной модели износа, но, однако, и не создают существенных препятствий при классификации.

Таким образом, вышеупомянутое линейное преобразование позволяет сократить различия между уровнями пропускания разных банкнот одного класса. Так как элементы в массиве признаков фактически представляют собой показатели пропускания банкноты, усредненные по квадрату 10 мм на 10 мм, то это линейное преобразование уменьшает различия между признаками разных банкнот одного класса.

Все элементы массива признаков считают отдельными координатами банкноты в пространстве признаков. Для каждого из известных классов в ПЗУ хранятся заранее вычисленные массивы признаков наиболее характерных банкнот этого класса. Расстояние между банкнотами в пространстве признаков измеряют по формуле манхеттенского расстояния. Предварительная подготовка массива признаков наиболее характерной банкноты производится на основе анализа большой совокупности банкнот одного класса, находящихся в обращении. При этом в качестве наиболее характерной банкноты из этой совокупности отбирают такую банкноту, у которой наименьшее значение максимального расстояния до всех остальных банкнот совокупности. Такой критерий отбора обеспечивает нахождение наиболее характерной банкноты в середине облака точек, соответствующих отдельным банкнотам этой совокупности.

В качестве меры соответствия классу используют манхеттенское расстояние между исследуемой банкнотой и наиболее характерной банкнотой данного класса. Выбирают (шаг 8 на фиг.4) известный класс и вычисляют значение меры соответствия (9). Если мера соответствия банкноты выбранному классу не превысила порога, установленного для каждого класса, то включают этот класс в список возможных (10, 11). Операции 8-11 повторяют для всех известных классов. Найденные возможные классы ранжируют по значению меры соответствия сканированной банкноты этим классам (12). В качестве результата классификации отбирают возможный класс, значение меры для которого минимально (13).

Затем проводят подтверждение принадлежности банкноты к отобранному классу (14). Для этого последовательно проверяют соответствие банкноты критериям принадлежности к классу, являющемуся результатом классификации. Критерии определяются аналогично варианту 1, точно также проводится их проверка (фиг.3). Если проверка всех критериев, предусмотренных для данного класса, была успешной, то делают вывод о принадлежности банкноты к классу, являющемуся результатом классификации. Если же был выявлен критерий, которому

банкнота не соответствует, то делают вывод о том, что банкнота не принадлежит ни одному из известных классов.

После завершения проверки результаты проверки и управление программой возвращаются первому программному модулю. Первый программный модуль производит действия в соответствии с результатом проверки.

Для уменьшения вычислительной сложности при реализации способа по варианту 2, можно дополнить классификацию проверкой банкноты по размерам, аналогично тому, как это делается в варианте 1. Такая реализация проиллюстрирована фиг.8a, 8b. Предварительную классификацию по размерам (15) проводят непосредственно после извлечения признаков (7). В дальнейшем рассмотрении (шаги 16, 17, 9, 10, 11) участвуют только те классы, которые были признаны допустимыми по размерам.

С целью еще большего уменьшения вычислительной сложности возможно, для определенных классов, дополнить классификацию проверкой по критериям отбора (17). Эта проверка аналогична проверке последовательности критериев, показанной на фиг.3. Целью проверки критериев отбора является уменьшение количества классов, для которых необходимо вычислять меру соответствия.

Критерии отбора должны формулироваться таким образом, чтобы эффективно отклонять банкноты, не относящиеся к проверяемому классу. Это можно реализовать, например, при помощи проверки соотношения среднего пропуска банкноты по двум зонам. Зоны должны быть выбраны таким образом, чтобы уникально характеризовать данный класс банкнот. Если, вследствие особенностей банкноты, один критерий не может обеспечить уникальность, в последовательность проверки может быть добавлен дополнительно еще один критерий отбора.

Выигрыш в вычислительной сложности достигается тогда, когда вычислительные затраты на проверку критериев отбора, в среднем, меньше вычислительных затрат, которые потребовались бы для завершения классификации по тем классам, которые были отклонены этими критериями. Поэтому очень большое количество критериев отбора может не ускорить, а, напротив, замедлить классификацию.

Начиная с шага 9, обработка идет полностью аналогично изображенной на фиг.4. Промышленная применимость.

Приведенный пример реализации изобретения не исчерпывает все возможности его реализации и применения. Напротив, объем этого изобретения охватывает как всевозможные комбинации описанных здесь технических решений, но также возможные добавления и изменения в рамках пунктов заявленной формулы.

#### Формула изобретения

1. Способ обработки банкнот (вариант 1), заключающийся в том, что сканируют банкноту для получения двумерного цифрового образа, выполняют предварительную классификацию банкноты с выявлением возможных классов, к которым банкнота может быть отнесена, осуществляют последовательную проверку принадлежности к возможным классам, путем последовательной проверки соответствия банкноты каждому из, по крайней мере, двух критериев принадлежности, при этом, если обнаружено несоответствие банкноты хотя бы одному критерию, то принимают решение об исключении данного класса из дальнейшего рассмотрения, окончательным результатом назначают первый обнаруженный класс, которому банкнота соответствует по всем предусмотренным для проверки критериям принадлежности к данному классу, при этом, если не

найден ни один класс, которому банкнота соответствует по всем проверенным критериям принадлежности, то принимают решение о том, что банкнота не принадлежит ни к одному из рассмотренных возможных классов, причем при проверке, либо подтверждении принадлежности к классу, выделяют области в полученном образе банкноты по схеме, заданной для этого класса; а для проверки, по крайней мере, одного критерия принадлежности к классу для определенной пары областей, производят проверку допустимости соотношения характеристик областей в этой паре, при этом соотношение характеристик областей вычисляется как функция, заданная для данной пары и зависящая от значений пикселей в областях, составляющих пару, и его считают допустимым в том и только том случае, когда значение названной функции попадает в определенный интервал.

2. Способ по п.1, в котором, если установлено, что банкнота не относится ни к одному из рассмотренных классов, дополнительно, по крайней мере, один раз, проводят предварительную классификацию и последующую проверку принадлежности к возможным классам, причем каждый раз для этого используют новый набор классов, соответствие банкноты которым ранее не проверялось, окончательным результатом назначают первый обнаруженный класс, которому банкнота соответствует по всем предусмотренным для проверки критериям принадлежности к данному классу, при этом, если не найден ни один класс, которому банкнота соответствует по всем проверенным критериям принадлежности, то принимают решение о том, что банкнота не принадлежит ни к одному из рассмотренных классов.

3. Способ обработки банкнот (вариант 2), заключающийся в том, что сканируют банкноту для получения двумерного цифрового образа, проводят классификацию банкноты с выявлением возможных классов, к которым банкнота может быть отнесена, при этом для каждого выявленного класса вычисляют меру соответствия банкноты этому классу и ранжируют выявленные классы по значению меры соответствия, результатом классификации выбирают класс, наиболее близкий к банкноте по значению меры соответствия, по результатам классификации проводят подтверждение принадлежности банкноты выбранному классу путем проверки ее соответствия, по крайней мере, одному критерию, заданному для класса, являющегося результатом классификации, при этом, если обнаружено несоответствие банкноты критерию, то заключают, что банкнота не является представителем этого класса, если же несоответствие критерию не обнаружено, то принимают решение о том, что банкнота является представителем класса, являющегося результатом классификации, если в ходе подтверждения принадлежности не сделан вывод о принадлежности банкноты к какому-либо классу, то принимают решение, что банкнота не принадлежит ни к одному из рассмотренных классов, причем при проверке либо подтверждении принадлежности к классу, выделяют области в полученном образе банкноты по схеме, заданной для этого класса; а для проверки, по крайней мере, одного критерия принадлежности к классу для определенной пары областей, производят проверку допустимости соотношения характеристик областей в этой паре, при этом соотношение характеристик областей вычисляется как функция, заданная для данной пары и зависящая от значений пикселей в областях, составляющих пару, и его считают допустимым в том и только том случае, когда значение названной функции попадает в определенный интервал.

4. Способ по п.3, в котором, в ходе подтверждения принадлежности банкноты

выбранному классу, если сделан вывод о том, что банкнота не является представителем класса, являющегося результатом классификации, проводят проверку принадлежности также и к, по крайней мере, одному дополнительному классу, расположенного по результатам ранжирования вслед за классом, наиболее близким к банкноте по значению меры соответствия.

5. Способ по п.3 или 4, в котором при классификации банкноты, проверяют соответствие банкноты, по крайней мере, одному дополнительному критерию, задаваемому для каждого класса, и исключают из дальнейшего рассмотрения те классы, для которых обнаружено несоответствие такому критерию.

15

20

25

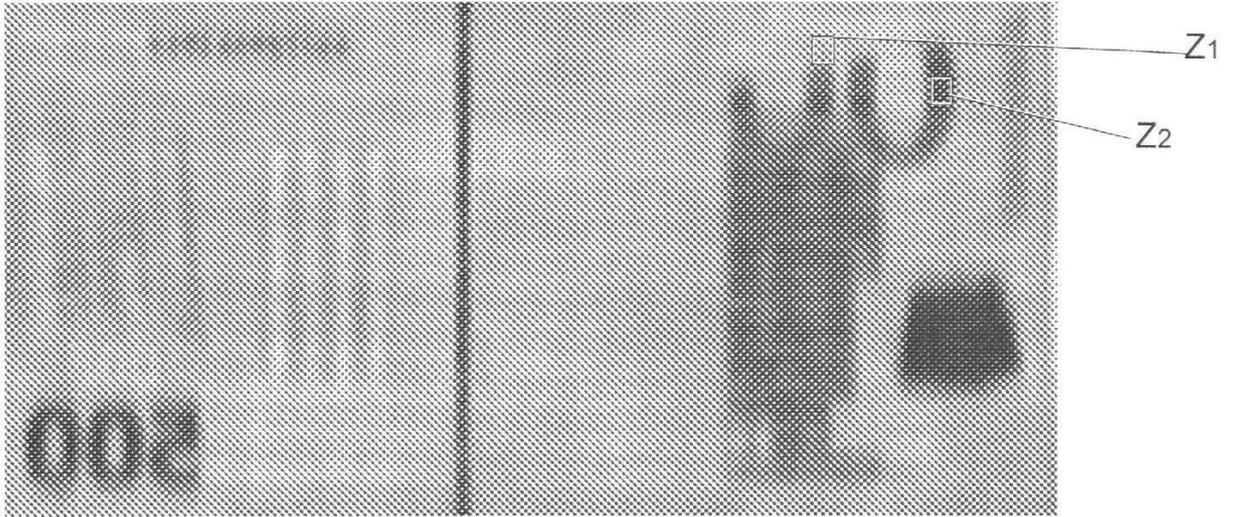
30

35

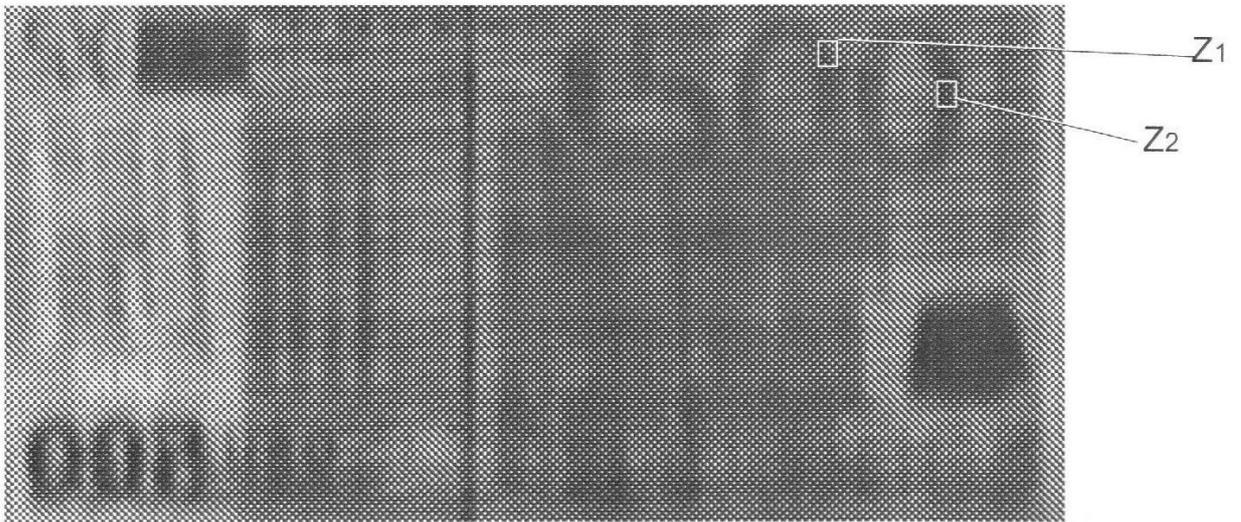
40

45

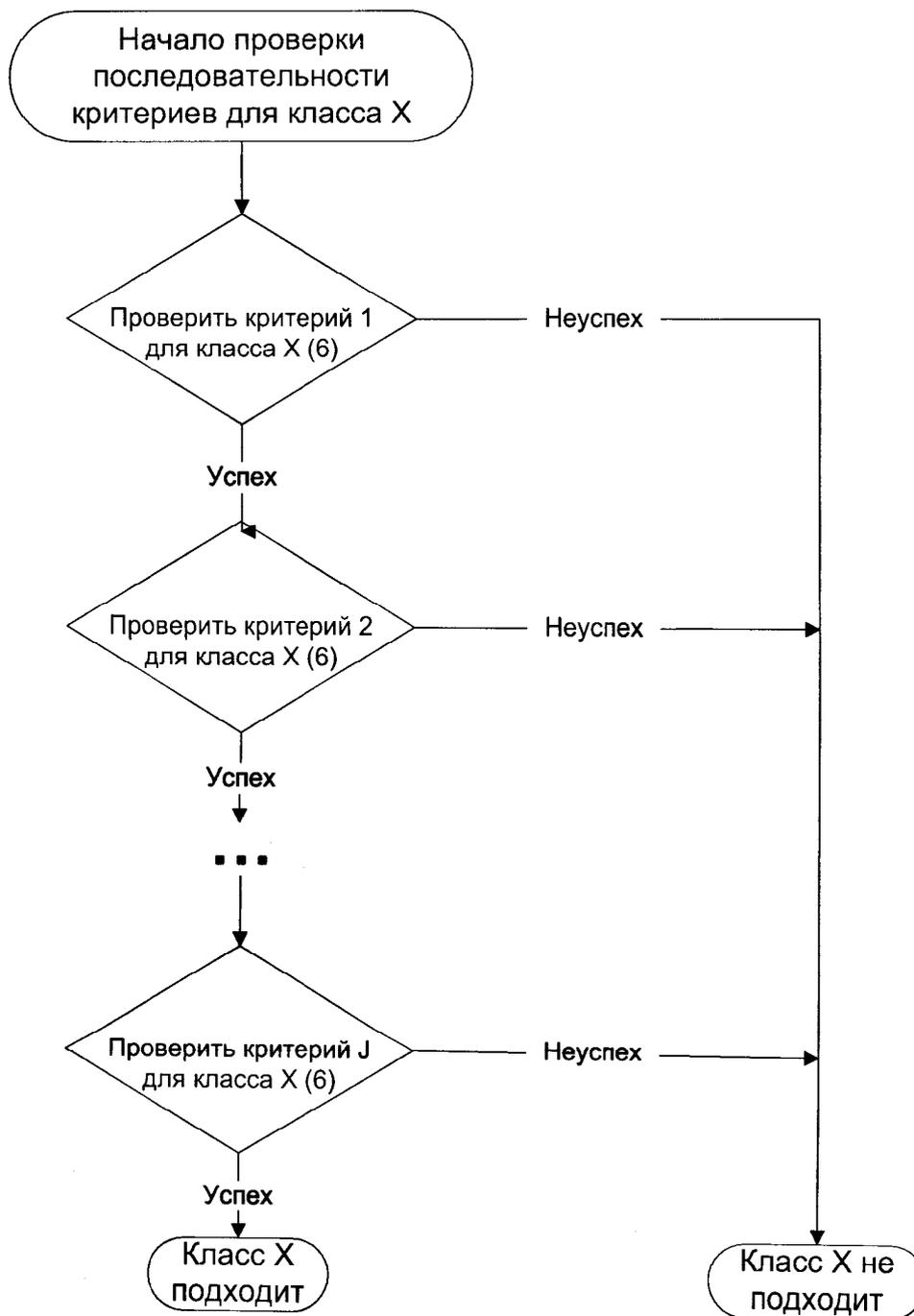
50



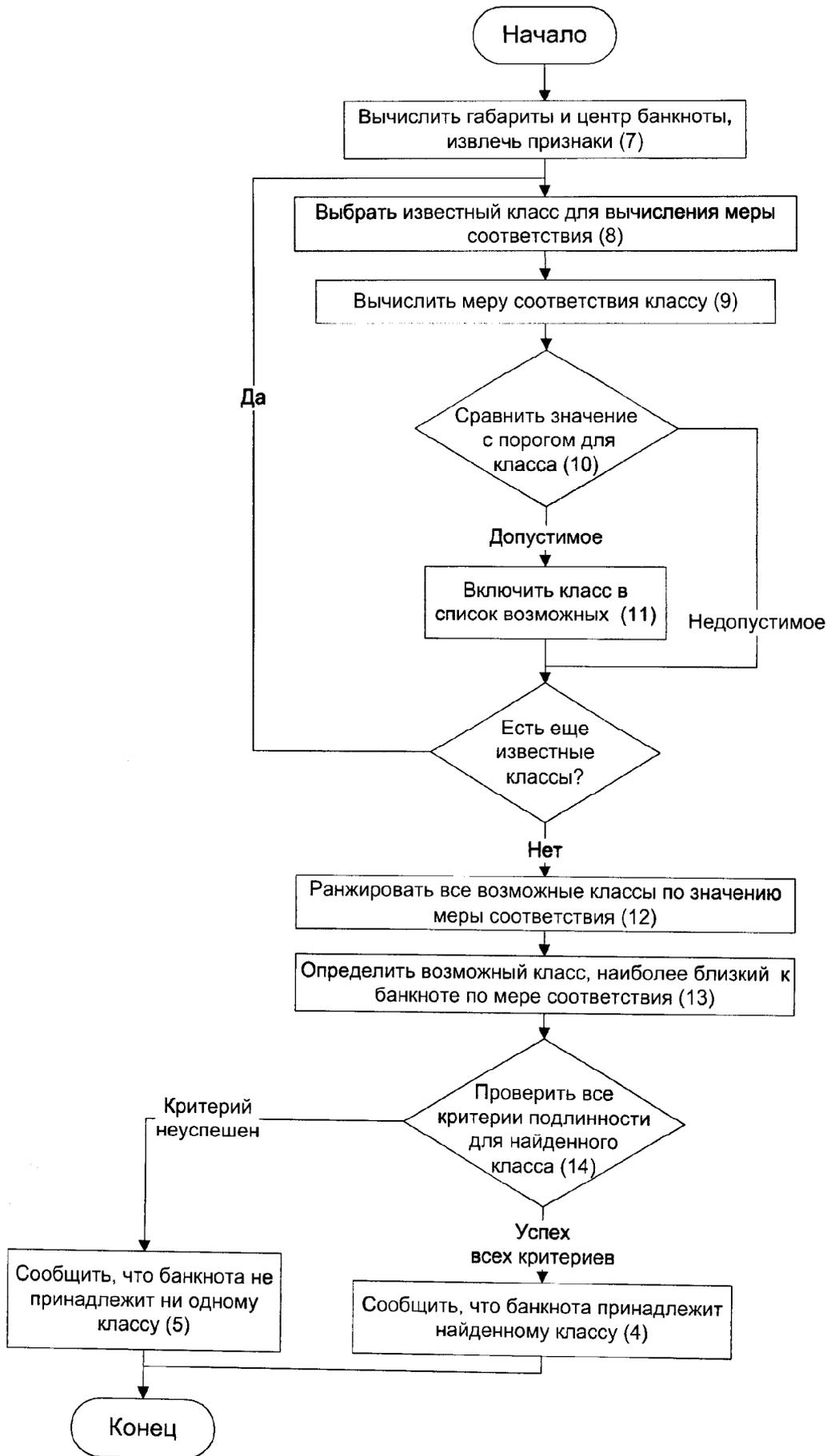
Фиг.1а



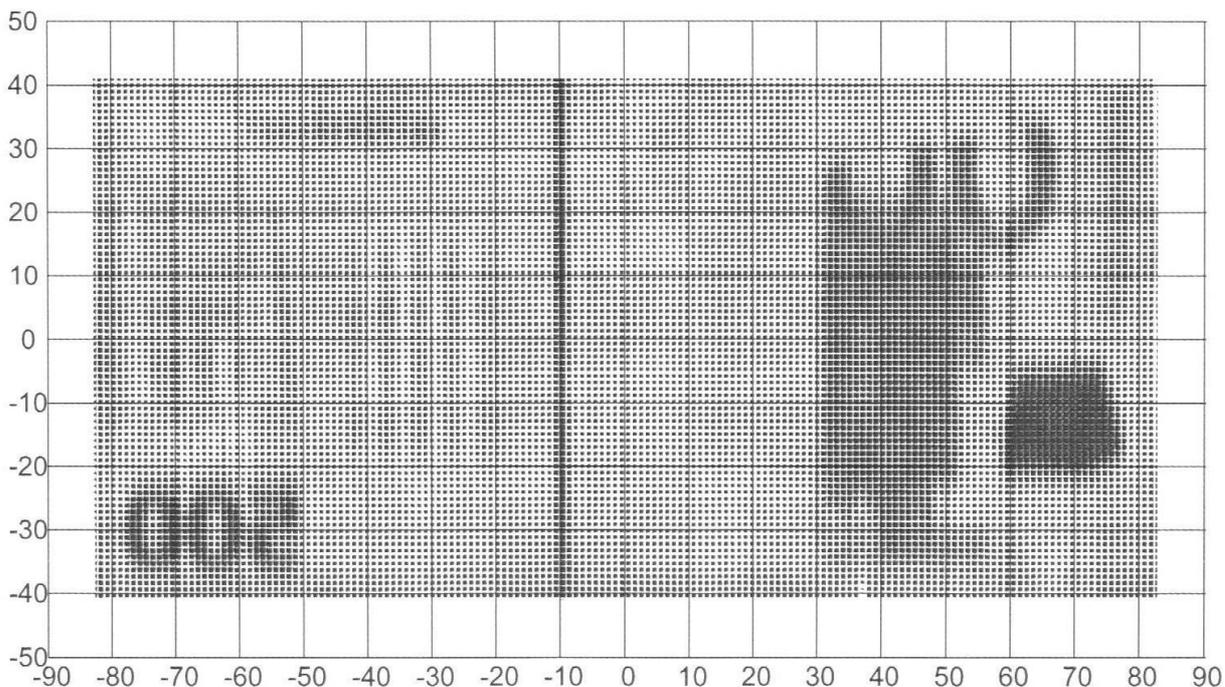
Фиг.1б



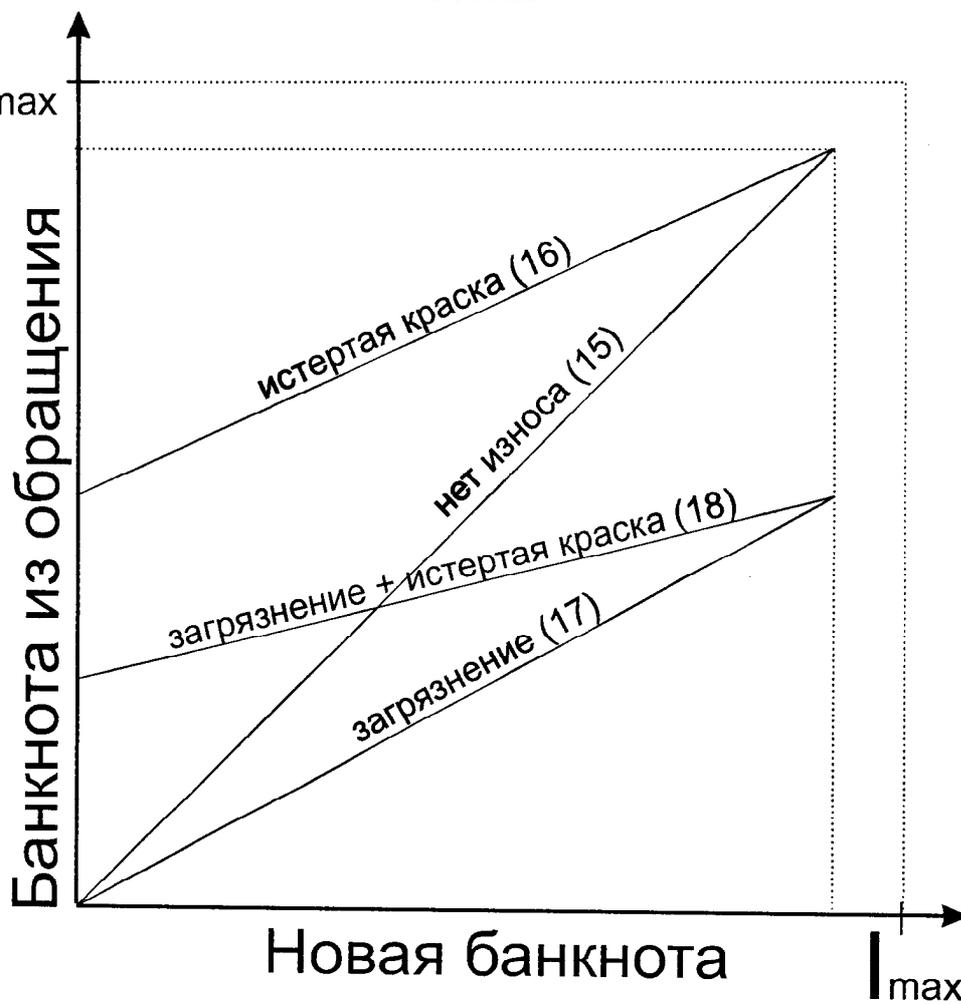
Фиг.3



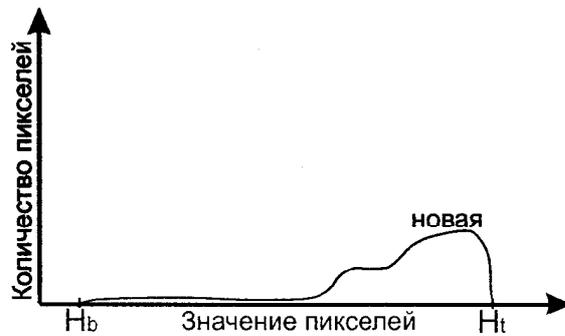
Фиг.4



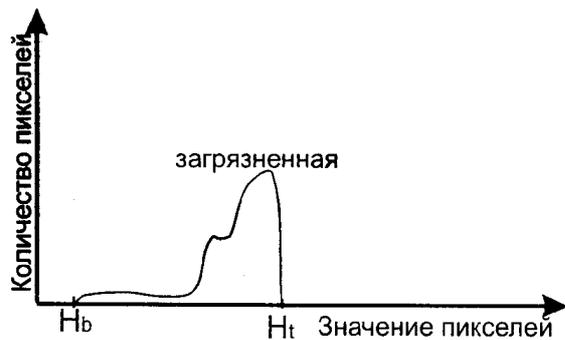
Фиг.5



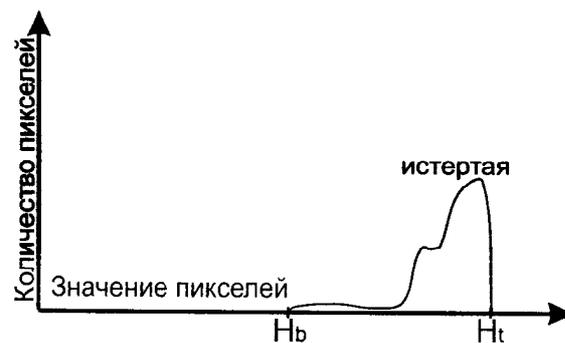
Фиг.6



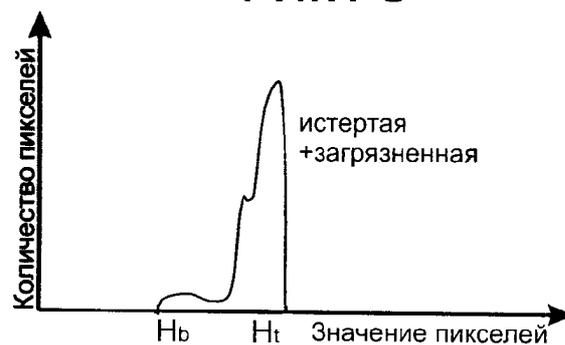
Фиг.7а



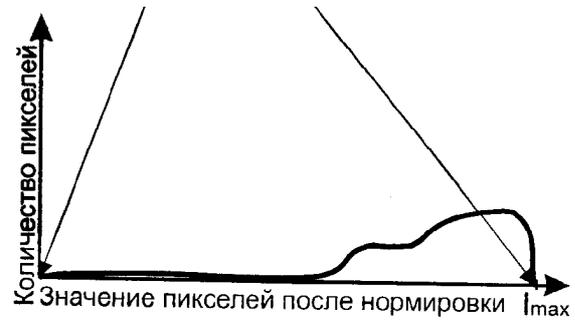
Фиг.7b



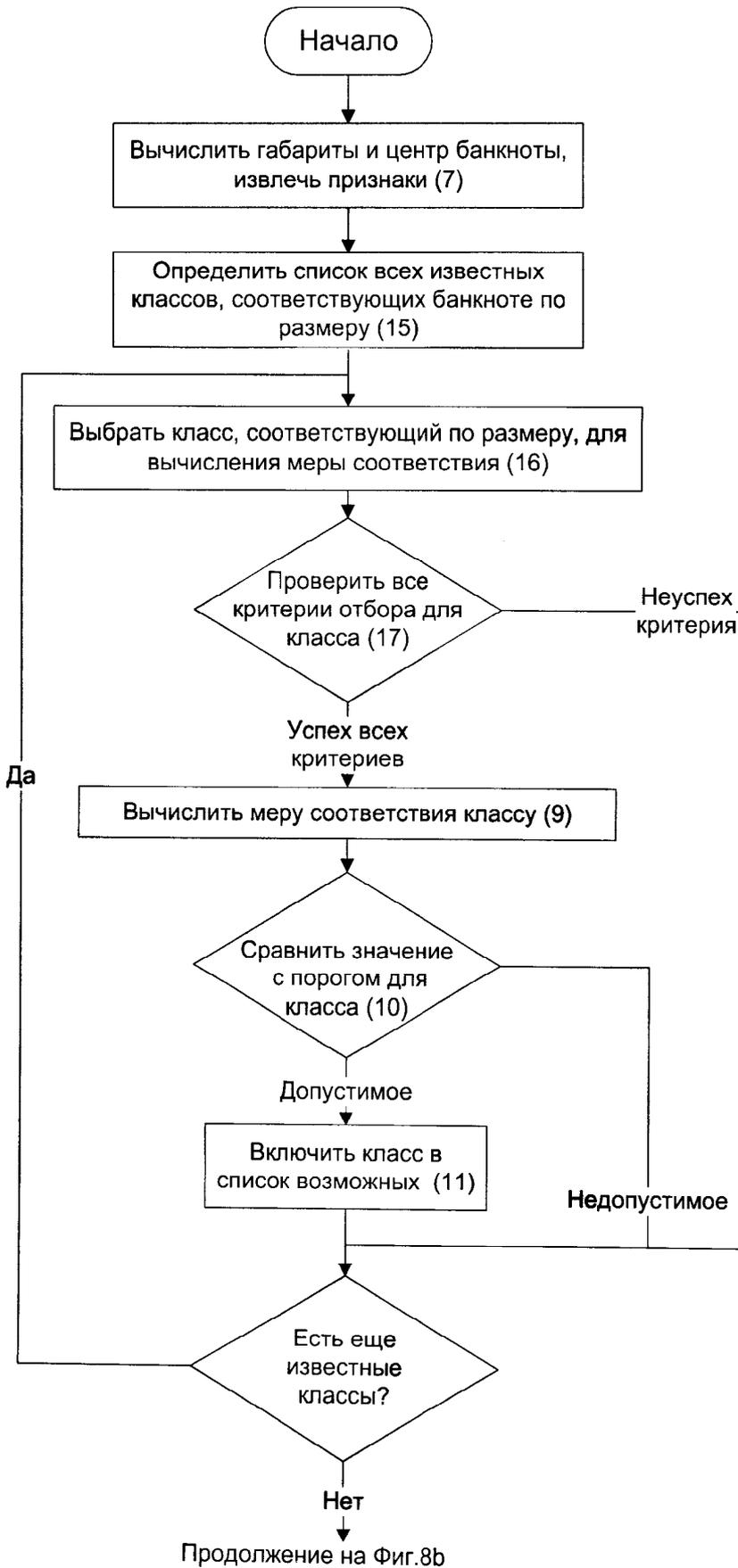
Фиг.7с



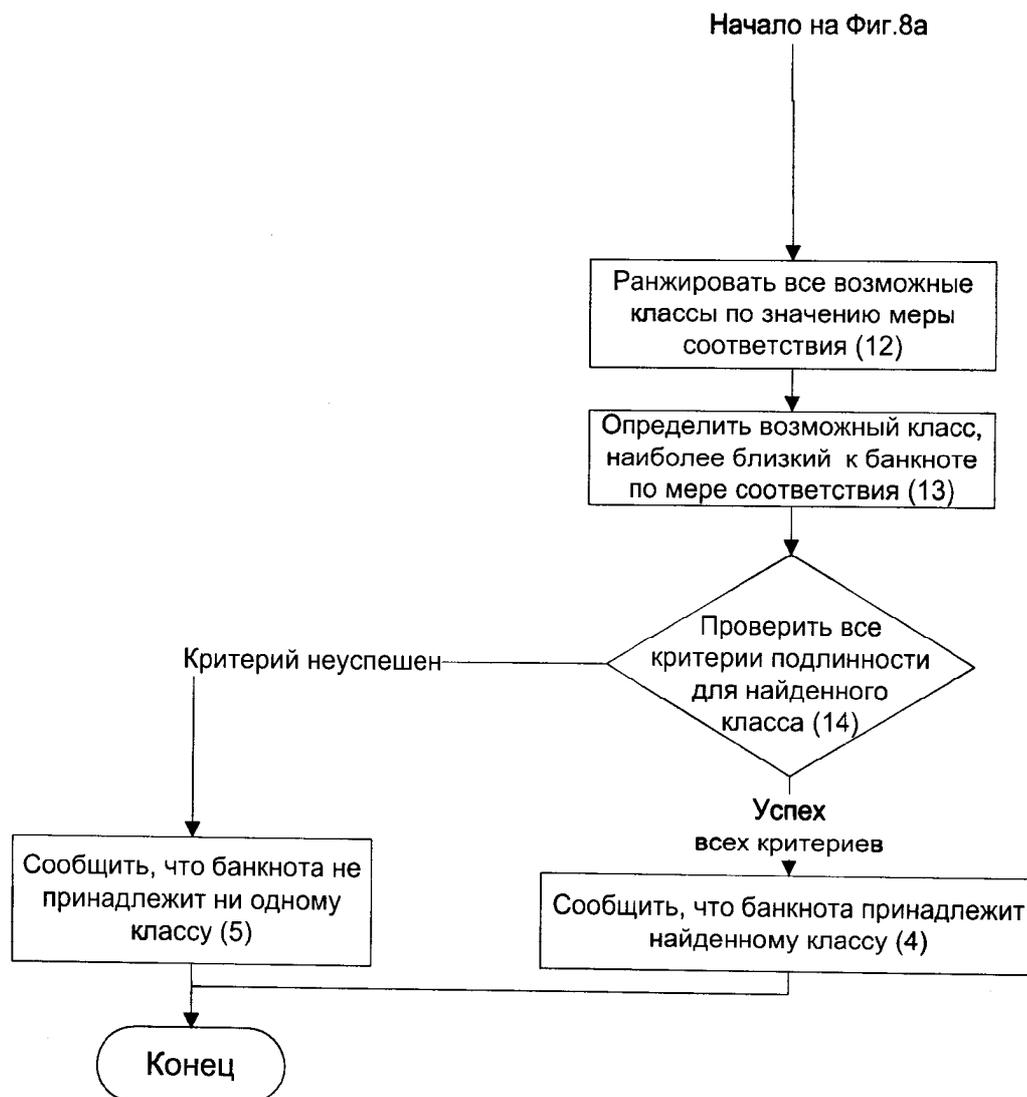
Фиг.7d



Фиг.7е



Фиг.8а



Фиг.8b