

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** **2 831 931** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК
G06T 7/60 (2006.01)
G06F 18/15 (2023.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.12.2024)
Пошлина: учтена за 5 год с 03.02.2028 по 02.02.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 03.02.2028 по 02.02.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 03.02.2029 по 02.08.2029 размер пошлины увеличивается на 50%.

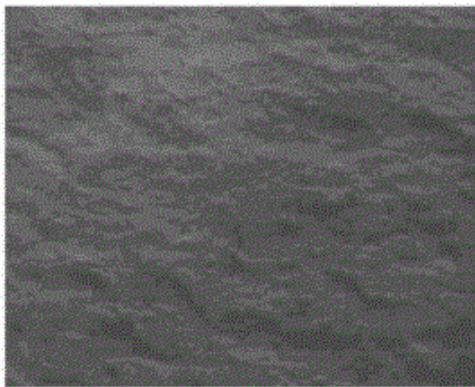
(52) СПК
G06T 7/60 (2024.08); G06F 18/15 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024102669, 02.02.2024 (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 02.02.2024 Дата регистрации: 16.12.2024 Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 02.02.2024 (45) Опубликовано: 16.12.2024 Бюл. № 35 (56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2809021 C1, 06.12.2023. RU 2533651 C2, 20.11.2014. US 10853925 B2, 01.12.2020. US 10726299 B2, 28.07.2020. RU 2714901 C1, 20.02.2020. Адрес для переписки: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ФГАОУ ВО СПбГУАП, ЦКНИ	(72) Автор(ы): Дворников Александр Сергеевич (RU), Погорелов Андрей Анатольевич (RU), Москалец Геннадий Николаевич (RU), Дворников Сергей Викторович (RU) (73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)
--	--

(54) Способ распознавания сигналов

(57) Реферат:
Изобретение относится к способам распознавания сигналов и может быть использовано в технических средствах распознавания объектов, изображенных на кадрах фото- и видеоизображений. Технический результат заключается в повышении достоверности распознавания объектов. Технический результат достигается за счет того, что в векторы признаков, принадлежащих одному объекту, переформатируют, а затем усредняют, при этом операция переформатирования заключается в том, чтобы значимые коэффициенты вектора признаков располагались с одного и того же порядкового разряда, а к значимым коэффициентам вектора признаков относят те

коэффициенты, амплитуда которых составляет не менее 1% от максимального значения. 11 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к способам распознавания сигналов и может быть использовано в технических средствах распознавания объектов, изображенных на кадрах фото и видеоизображений.

Известен «Способ распознавания радиосигналов» (Патент РФ №2356064, МПК G01S 7/00, опубл.: 20.05.2009, Бюл. № 14)

В известном способе предварительно задают эталонные радиосигналы (РС). Затем для каждого эталонного РС формируют его матрицу распределения энергии (РЭ). С этой целью эталонные РС дискретизируют, квантуют и затем выполняют операцию фреймового вейвлет-преобразования (ФВП) путем фильтрации их квантованных отсчетов посредством фильтров, полосы пропускания которых каждый раз увеличивают в два раза с возрастанием порядкового номера фильтра. После этого, полученные с выхода каждого из фильтров вейвлет-коэффициенты (ВК) нормируют, ранжируют и исключают малозначимые ВК. В качестве малозначимых выбирают совокупность ВК, начиная от наименьшего, суммарная энергия которых составляет 10-30% от суммарной энергии всей совокупности ВК на выходе каждого из фильтров соответственно. Затем из оставшихся ВК формируют матрицу РЭ, причем строками матрицы РЭ каждого эталонного РС являются ВК, полученные на выходе фильтров. А из матриц РЭ эталонных РС формируют их векторы признаков путем построчной конкатенации всех ВК сформированных матриц РЭ. После этого принимают распознаваемый РС, из квантованных отсчетов которого формируют матрицу РЭ и вектор признаков аналогично, как и для эталонных РС. Идентифицируют принятый РС путем вычитания по модулю его вектора признаков из векторов признаков каждого из эталонных РС. Распознаваемый РС считают инцидентным эталонному РС, разница векторов признаков с которым минимальна.

Недостатком известного способа является то, что он ориентирован на работу с сигналами, имеющими малое число отсчетов, поскольку векторы признаков сигналов формируются путем построчной конкатенации значений их матриц РЭ, и поэтому они имеют очень большое число элементов, т.е. высокую размерность. А уменьшение размерности векторов признаков, формируемых в соответствии с известным способом, путем их усреднения, ведет к снижению достоверности распознавания.

Известен «Способ распознавания радиосигналов» (Патент РФ №2430417, МПК G06K 9/00, опубл.: 27.09.2011, Бюл. № 27).

В известном способе предварительно задают эталонные РС и формируют для каждого эталонного РС матрицу РЭ, для чего его дискретизируют, квантуют и затем выполняют операцию ФВП последовательности его квантованных отсчетов с помощью фильтров, полосы пропускания которых кратны числу два в степени К, где К - целое число. Затем из ВК эталонного РС формируют вектор признаков. Причем для каждого временного отсчета РС из числа соответствующих ему ВК на выходах фильтров выделяют максимальный, на который нормируют остальные ВК, соответствующие данному временному отсчету РС, а в качестве элементов векторов признаков выбирают средние значения мощности ВК, полученные на выходе каждого из фильтров. После чего принимают распознаваемый РС и формируют его вектор признаков аналогично, как для эталонного РС. Затем принятый РС идентифицируют путем последовательного вычитания по модулю элементов его вектора признаков из элементов векторов признаков каждого из эталонных РС. Распознаваемый РС считают инцидентным эталонному РС, разница векторов признаков с которым минимальна.

Недостатком известного способа является то, что в нем в качестве элементов векторов признаков выбирают средние значения мощности ВК, полученные на выходе каждого из фильтров, что ведет к снижению достоверности распознавания.

Известен «Способ распознавания радиосигналов» (Патент РФ №2423735, МПК G06K 9/00, опубл.: 10.07.2011, Бюл. № 19).

В известном способе предварительно задают эталонные РС, формируют для каждого эталонного РС матрицу РЭ, для чего его дискретизируют, квантуют и выполняют операцию ФВП последовательности его квантованных отчетов с помощью фильтров, полосы пропускания которых кратны числу два в степени К, где К - целое число. После этого ВК ФВП нормируют относительно его максимального значения. Затем ВК эталонного РС, полученные в каждой полосе частот, ранжируют и формируют вектор признаков эталонного РС. Причем в качестве элементов векторов признаков выбирают средние значения мощности ВК, полученные на выходе каждого из фильтров. После чего принимают распознаваемый РС и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного РС. Идентифицируют принятый РС путем последовательного вычитания по модулю элементов его вектора признаков из векторов признаков каждого из эталонных РС. Распознаваемый РС считают инцидентным эталонному РС, разница векторов признаков с которым минимальна.

Недостатком известного способа является то, что в нем в качестве элементов векторов признаков выбирают средние значения мощности ВК, полученные на выходе каждого из фильтров, что ведет к снижению достоверности распознавания.

Известен «Способ распознавания радиосигналов» (Патент РФ №2533651, МПК G06K 9/00, опубл.: 20.11.2014 Бюл. №32).

В известном способе предварительно задают эталонные РС равной длительности, которые дискретизируют и квантуют, затем выполняют операцию ФВП для последовательности квантованных отчетов каждого эталонного РС и формируют для каждого из них вектор признаков из ВК полученных матриц РЭ, затем принимают распознаваемый РС и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного РС, после чего идентифицируют распознаваемый РС путем вычитания по модулю его вектора признаков из вектора признаков каждого из эталонных РС, распознаваемый РС считают инцидентным эталонному РС, разница векторов признаков с которым минимальна. При том, что вектора признаков строят путем построчной конкатенации ВК полученных матриц РЭ, причем ВК в векторах признаков нормируют и ранжируют, а распознаваемый РС предварительно разбивают на фрагменты, длительность каждого из которых совпадает с длительностью эталонных РС, и вычисляют фрагмент средних значений распознаваемого РС, из которого затем формируют вектор признаков для распознаваемого РС.

Недостатком известного прототипа является то, что он ориентирован на работу с сигналами, имеющими малое число отсчетов, поскольку векторы признаков сигналов формируются путем построчной конкатенации значений их матриц РЭ, и поэтому они имеют очень большое число элементов, т.е. высокую размерность. А уменьшение размерности векторов признаков, формируемых в соответствии с известным способом, путем их усреднения, ведет к снижению достоверности распознавания.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному способу является «Способ распознавания радиосигналов» (Патент РФ №2809021, МПК G06F 18/00 (2023.01), G06T 7/60 (2006.01), опубл.: 06.12.2023 Бюл. № 34).

В способе-прототипе предварительно задают эталонные сигналы равной длительности, формируют для каждого из них вектор признаков, затем принимают распознаваемый сигнал и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, после чего идентифицируют распознаваемый сигнал путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков каждого из эталонных сигналов, а решение принимают по результатам вычисления разности значений параметров распознаваемого сигнала и эталонных сигналов, распознаваемый сигнал считают инцидентным эталонному сигналу, когда модуль разницы параметров векторов признаков с которым будет минимальным. При том, что в качестве эталонных и распознаваемых сигналов используют сигнал, состоящий из элементов, последовательно считываемых из кадра видеозображения, а вектор признаков формируют из значений гистограмм распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов, которые считают параметрами векторов признаков, после чего вычисленную разность значений параметров распознаваемого сигнала и эталонных сигналов усредняют в соответствии с разрядностью вектора признаков.

Недостатком способа-прототипа является то, что формируемые векторы признаков, относящиеся к кадрам видеозображений одного и того же объекта, полученных в

разное время суток, будут различными. Это ведет к снижению достоверности распознавания.

Задачей изобретения является разработка способа, который позволял бы формировать одинаковые векторы признаков для кадров видеоизображений одного и того же объекта, полученных в разное время суток.

Техническим результатом является повышение достоверности распознавания объектов.

Технический результат достигается тем, что в способе распознавания сигналов, заключающимся в том, что предварительно задают эталонные сигналы равной длительности, состоящие из элементов, последовательно считываемых из кадра видеоизображения, формируют для каждого из них вектор признаков из значений гистограмм распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов, затем принимают распознаваемый сигнал и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, после чего идентифицируют распознаваемый сигнал путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков каждого из эталонных сигналов, а решение принимают по результатам вычисления модуля разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и эталонных сигналов, а распознаваемый сигнал считают инцидентным эталонному сигналу, когда разность усредненных значений будет минимальна, при этом векторы признаков, относящиеся к кадрам видеоизображений одного и того же объекта, полученных в разное время суток, усредняют путем их поэлементного сложения, а перед выполнением технической операции сложения векторы признаков переформатируют таким образом, чтобы их значимые коэффициенты располагались с одного и того же порядкового разряда вектора признаков, а перед вычислением модуля разности вектора признаков нормируют, при этом к значимым коэффициентам вектора признаков относят те коэффициенты, амплитуда которых составляет не менее 1% от максимального значения.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

фиг. 1 - кадр с первым распознаваемым объектом, используемый для формирования первого эталонного сигнала;

фиг. 2 - кадр со вторым распознаваемым объектом, используемый для формирования второго эталонного сигнала;

фиг. 3 - кадр с третьим распознаваемым объектом, используемый для формирования второго эталонного сигнала;

фиг. 4 - кадр с четвертым распознаваемым объектом, используемый для формирования второго эталонного сигнала;

фиг. 5 - сформированный вектор признаков для первого эталонного сигнала;

фиг. 6 - сформированный вектор признаков для второго эталонного сигнала;

фиг. 7 - сформированный вектор признаков для третьего эталонного сигнала;

фиг. 8 - сформированный вектор признаков для четвертого эталонного сигнала;

фиг. 9 - кадр с распознаваемым объектом, используемый для формирования распознаваемого сигнала;

фиг. 10 - сформированный вектор признаков распознаваемого сигнала;

фиг. 11 - усредненный нормированный вектор признаков для первого объекта.

Все кадры представлены в одинаковом формате, а все векторы признаков представлены в одинаковом масштабе.

Реализация заявленного способа объясняется следующим образом.

П.1 Задают эталонные сигналы равной длительности. В качестве эталонных сигналов используют сигналы, состоящие из элементов, последовательно считываемых из кадра видеоизображения, на которых изображены объекты, подлежащие распознаванию.

В качестве примера, на фиг. 1, фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 4 показаны кадры видеоизображений, являющиеся эталонными для распознавания изображенных на них объектов. Размеры кадра определяются стандартами изображений, разрешение которых представляется количеством пикселей. Для представленных примеров использованы кадры размером 1280×720 пикселей в режиме градации серого. В этом случае каждый пиксель изображения будет содержать значение яркости в диапазоне от 0 (черный) до 255 (белый), на кодирование которой требуется 8 бит. Следовательно, сигналы, состоящие из элементов, последовательно считываемых из кадра видеоизображения, будут представлять поток 8-битовых данных, длина которого определяется размерами исходного кадра. В представленном случае один кадр будет содержать 921 600 пикселей, объем кадра составит 7372800 байт.

П.2 Формируют для каждого из эталонных сигналов вектор признаков. Вектор признаков формируют из значений гистограмм распределения частоты проявления

яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов.

В качестве примера, фиг. 5, фиг. 6, фиг. 7 и фиг. 8 показаны векторы признаков эталонных сигналов. На фиг. 5 показан вектор признаков, соответствующий объекту, изображенному на фиг. 1, а на фиг. 6 показан вектор признаков, соответствующий объекту, изображенному на фиг. 2, на фиг. 7 показан вектор признаков, соответствующий объекту, изображенному на фиг. 3, а на фиг. 8 показан вектор признаков, соответствующий объекту, изображенному на фиг. 4.

Для 8 битового потока размерность вектор признаков будет равна 256 значениям. Формировать вектор признаков можно следующим образом. Битовый поток подают на компаратор, число входов которого определяется количеством битов, приходящихся на пиксель (для рассматриваемого примера 8 битов). На каждом выходе компаратора, по числу возможных комбинаций (для рассматриваемого примера их 256), стоит свой счетчик, который посчитывает количество комбинаций, приходящихся на градацию яркости, которые встречаются в кадре. Значения счетчиков представляют собой параметры вектора признаков.

В результате проведения указанных технических операций, вектор признаков будет представлять собой гистограмму распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов.

П.3 Принимают распознаваемый сигнал и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала.

В качестве примера, на фиг. 9 показаны кадр видеоизображения, формируемый сигнал с которого подан для распознавания. На фиг. 10 показан вектор признаков, соответствующий объекту, изображенному на фиг. 10.

П.4 Векторы признаков, относящиеся к кадрам видеоизображений одного и того же объекта, полученных в разное время суток, усредняют путем их поэлементного сложения, а перед выполнением технической операции сложения векторы признаков переформатируют таким образом, чтобы их значимые коэффициенты располагались с одного и того же порядкового разряда вектора признаков. При этом к значимым коэффициентам вектора признаков относят те коэффициенты, амплитуда которых составляет не менее 1% от максимального значения

В качестве примера, на фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3 представлены фото одного объекта в разное время суток. В результате их векторы признаков на фиг. 5, фиг. 6 и фиг. 7 имеют близкую структуру, но их значимые коэффициенты расположены в различных частях порядкового разряда векторов признаков. На фиг. 5 с 70 по 133 (всего 63 значимых коэффициента) порядковый разряд. На фиг. 6 с 17 по 80 (всего 63 значимых коэффициента). На фиг. 7 с 156 по 219 (всего 63 значимых коэффициента).

Поэтому, перед поэлементным сложением векторов признаков первого объекта, второго и третьего друг с другом, значимые коэффициенты вектора признаков второго объекта переформатируют путем перемещения с 17 по 80 порядковых разрядов на позиции с 70 по 133 порядковых разрядов. А значимые коэффициенты вектора признаков третьего объекта переформатируют путем перемещения с 156 по 219 порядковых разрядов на позиции с 70 по 133 порядковых разрядов.

Усредняют векторы признаков путем их поэлементного сложения.

А значимые коэффициенты вектора признаков определяют посредством установления пороговых значений, см. «Способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов» (Патент РФ № 2382495, МПК H04B 1/10 (2006.01), опубл.: 20.02.2010 Бюл. № 5).

П.5 Перед вычислением модуля разности вектора признаков нормируют.

Процедуры нормировки известны, см. «Способ сжатия и восстановления неподвижных полутоновых видеоизображений» (Патент РФ № 2419246, H04N 7/30 (2006.01), 20.05.2011 Бюл. № 14).

П.6 Идентифицируют распознаваемый сигнал путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков каждого из эталонных сигналов. При этом решение принимают по результатам вычисления модуля разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и эталонных сигналов.

Реализация данных процедур аналогична способу-прототипу

П.7 Распознаваемый сигнал считают инцидентным эталонному сигналу, модуль разницы параметров векторов признаков с которым будет минимальным.

Реализация данных процедур аналогична способу-прототипу.

Для представленного примера:

модуль разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и усредненного нормированного вектора признаков для первого объекта без процедур переформатирования $R1 = 75,7$ (усредненный нормированный вектор признаков для первого объекта представлен на фиг. 11);

модуль разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и вектор признаков для второго объекта $R2 = 64,66$.

Согласно полученным результатам распознаваемый объект будет отнесен ко второму объекту, что является неверным решением, так как $R2 < R1$.

А модуль разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и усредненного нормированного вектора признаков для первого объекта с процедурами переформатирования $R3 = 26,4$.

В этом случае распознаваемый объект будет отнесен к первому объекту, что является верным решением, так как $R2 > R3$.

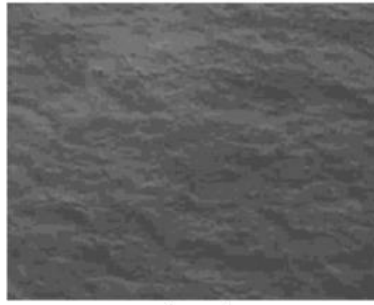
Для подтверждения работоспособности заявляемого способа было проведено 200 экспериментов, в ходе которых распознаванию подвергались кадры видеоизображения различных объектов, полученные в разное время суток.

Установлено, что заявляемый способ устойчиво осуществляет распознавание, если первоначальные различия векторов признаков эталонных сигналов, принадлежащие различным объектам, составляет не менее 10%.

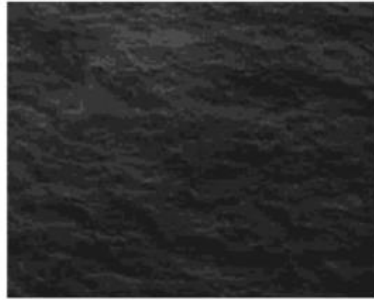
Таким образом, благодаря новой совокупности существенных признаков в заявленном способе обеспечивается достижение заявляемого технического результата: повышение достоверности распознавания объектов, для кадров видеоизображений одного и того же объекта, полученных в разное время суток.

Формула изобретения

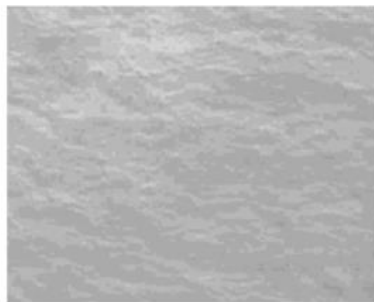
Способ распознавания сигналов, заключающийся в том, что предварительно задают эталонные сигналы равной длительности, состоящие из элементов, последовательно считываемых из кадра видеоизображения, формируют для каждого из них вектор признаков из значений гистограмм распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов, затем принимают распознаваемый сигнал и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, после чего идентифицируют распознаваемый сигнал путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков каждого из эталонных сигналов, а решение принимают по результатам вычисления модуля разности значений вектора признаков распознаваемого сигнала и эталонных сигналов, а распознаваемый сигнал считают инцидентным эталонному сигналу, когда разность усредненных значений будет минимальна, отличающийся тем, что векторы признаков, относящиеся к кадрам видеоизображений одного и того же объекта, полученных в разное время суток, усредняют путем их поэлементного сложения, а перед выполнением технической операции сложения векторы признаков переформатируют таким образом, чтобы их значимые коэффициенты располагались с одного и того же порядкового разряда вектора признаков, а перед вычислением модуля разности вектора признаков нормируют, при этом значимые коэффициенты вектора признаков определяют посредством установления пороговых значений, к значимым коэффициентам вектора признаков относят те коэффициенты, амплитуда которых составляет не менее 1% от максимального значения.



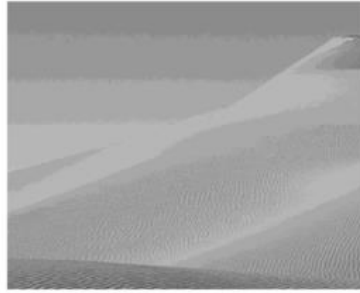
Фиг. 1



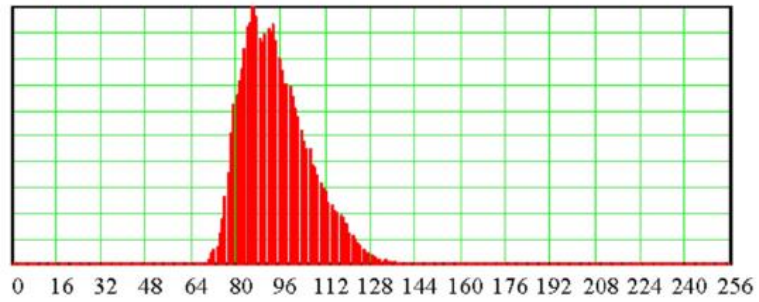
Фиг. 2



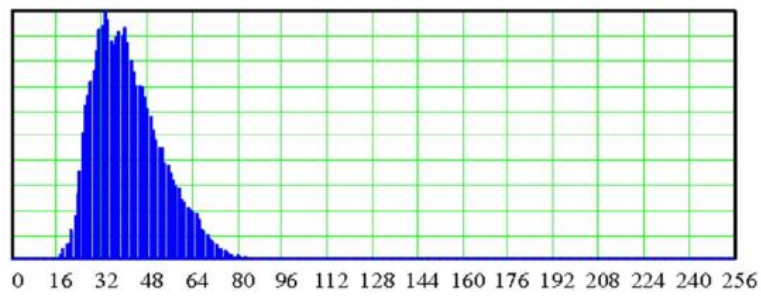
Фиг. 3



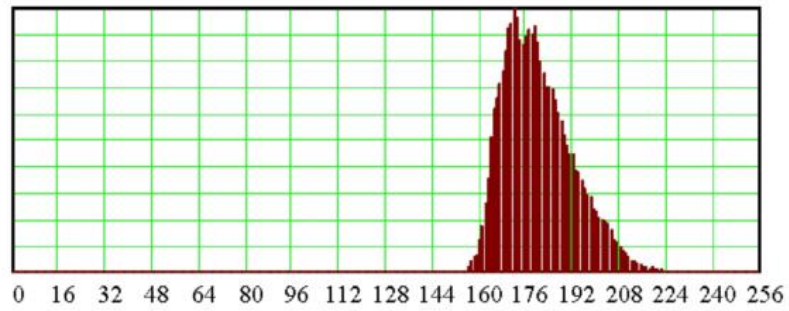
Фиг. 4



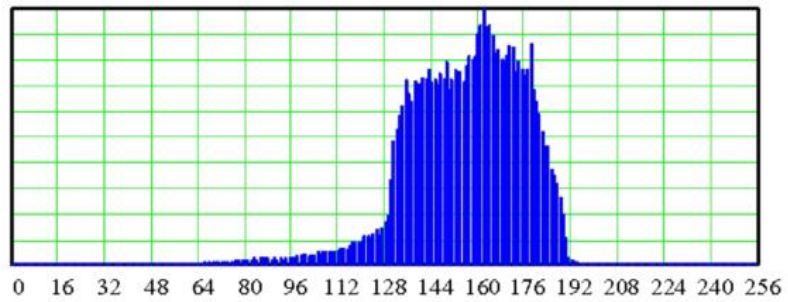
Фиг. 5



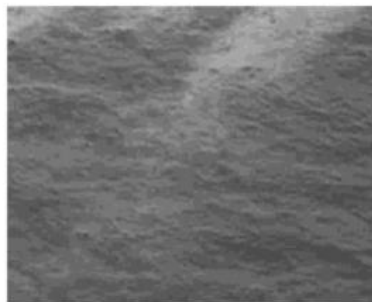
Фиг. 6



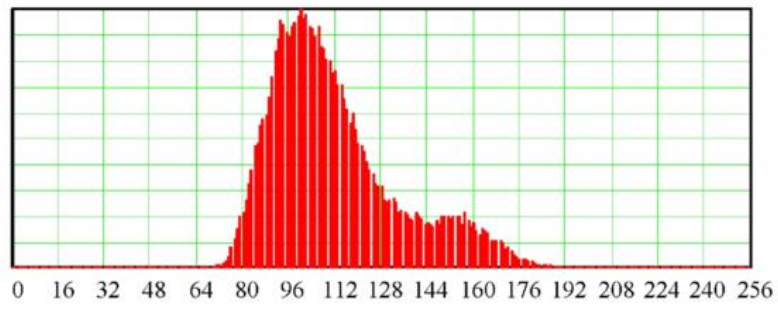
Фиг. 7



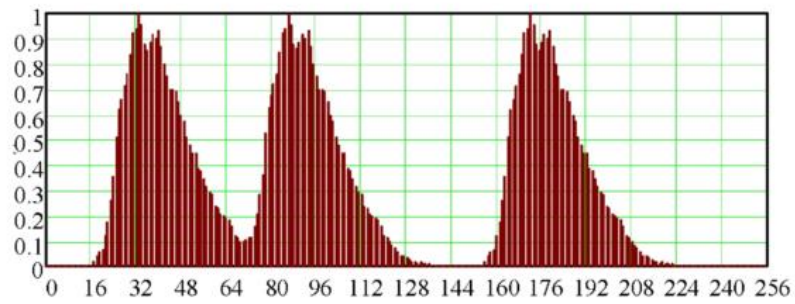
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11