

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 842 584** (13) **C1**
(51) МПК
[G06T 7/60 \(2006.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.07.2025)
Пошлина: учтена за 5 год с 01.11.2028 по 31.10.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 01.11.2028 по 31.10.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 01.11.2029 по 30.04.2030 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты
пошлины за поддержание
патента в силе

(52) СПК

G06T 7/60 (2025.01)

(21)(22) Заявка: [2024132771](#), 31.10.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.10.2024

Дата регистрации:
30.06.2025

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **31.10.2024**

(45) Опубликовано: [30.06.2025](#) Бюл. № [19](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2622721 C1, 19.06.2017. US 2019122369 A1, 25.04.2019. CN 114511790 A, 17.05.2022. CN 110689027 A, 14.01.2020. US 2009039255 A1, 12.02.2009. RU 2809021 C1, 06.12.2023.**

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ФГАОУ ВО ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

**Васильева Дина Владимировна (RU),
Дворников Сергей Сергеевич (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

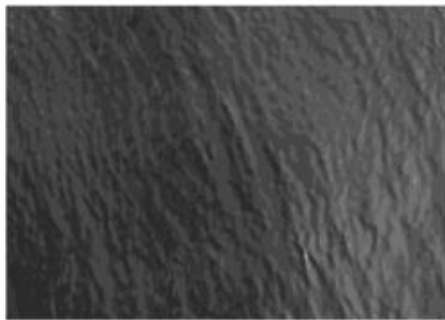
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ обнаружения разливов нефтепродуктов

(57) Реферат:

Использование: для обнаружения разливов нефтепродуктов. Сущность изобретения заключается в том, что предварительно задают значение порога, относительно которого принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а распознаваемый сигнал формируют из кадра идентифицируемого изображения, следующего за эталонным кадром видеоизображения, при этом на кадре идентифицируемого изображения должно содержаться не менее 75% изображения, представленного на эталонном кадре, если вычисленная разность векторов признаков больше установленного значения порога, то принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а если меньше, то идентифицируемое изображение определяют в качестве эталонного, после чего принимают распознаваемый сигнал нового идентифицируемого изображения и повторяют все технические процедуры аналогичным образом. Технический результат: повышение достоверности

обнаружения разливов нефтепродуктов по результатам обработки изображений. 10 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к способам распознавания изображений и может быть использовано в технических средствах экологического мониторинга для обнаружения разливов нефтепродуктов на акваториях морей и океанов.

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 в известном способе формируют 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 способа является то, что он ориентирован на работу с сигналами, имеющими малое число отсчетов, поскольку векторы признаков 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 сигналов» (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 этом, в качестве эталонных и распознаваемых сигналов используют сигнал, состоящий из элементов, последовательно считываемых из кадра видеоизображения, 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 относительно низкая достоверность распознавания изображений в решении задач обнаружения разливов нефтепродуктов.

Задачей изобретения является разработка способа, который позволял бы повысить различия векторов признаков изображений, на которых запечатлены разливы

нефтепродуктов, по отношению к векторам признаков изображений, на которых разливы нефтепродуктов отсутствуют.

Техническим результатом является повышение достоверности обнаружения разливов нефтепродуктов по результатам обработки изображений.

Технический результат достигается тем, что в способе обнаружения разливов нефтепродуктов, заключающегося в том, что задают эталонный сигнал, при этом в качестве эталонного сигнала используют элементы кадра видеоизображения, формируют для эталонного сигнала вектор признаков в виде гистограммы распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов, принимают распознаваемый сигнал идентифицируемого изображения и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов на идентифицируемом изображении путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков эталонного сигнала, при этом решение принимают по результатам вычисления разности векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала, причем вычисленную разность векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала усредняют в соответствии с разрядностью векторов признаков, кроме того, предварительно задают значение порога, относительно которого принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а распознаваемый сигнал формируют из кадра идентифицируемого изображения, следующего за эталонным кадром видеоизображения, при этом на кадре идентифицируемого изображения должно содержаться не менее 75% изображения, представленного на эталонном кадре, если вычисленная разность векторов признаков больше установленного значения порога, то принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а если меньше, то идентифицируемое изображение определяют в качестве эталонного, после чего принимают распознаваемый сигнал нового идентифицируемого изображения и повторяют все технические процедуры аналогичным образом.

Таким образом, технический результат достигается за счет выбора для обработки последующих кадров изображений, содержащих не менее 75% общего фона, содержащегося на изображениях предыдущих кадров. При этом, если вычисленная разность векторов признаков больше установленного значения порога, то принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а если меньше, то идентифицируемое изображение определяют в качестве эталонного. После чего принимают распознаваемый сигнал нового идентифицируемого изображения и повторяют все технические процедуры аналогичным образом.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

- фиг. 1 - кадр 1-го изображения водной поверхности;
- фиг. 2 - сформированный вектор признаков кадра 1-го изображения;
- фиг. 3 - кадр 2-го изображения водной поверхности;
- фиг. 4 - сформированный вектор признаков кадра 2-го изображения;
- фиг. 5 - кадр 3-го изображения водной поверхности;
- фиг. 6 - сформированный вектор признаков кадра 3-го изображения;
- фиг. 7 - распределение функции различий векторов признаков 1-го и 2-го изображений $-R1_k$ в зависимости от параметра k , и распределение функции различий векторов признаков 2-го и 3-го изображений $-R2_k$ в зависимости от параметра k ;
- фиг. 8 - кадр 4-го изображения водной поверхности;
- фиг. 9 - сформированный вектор признаков кадра 4-го изображения;
- фиг. 10 - распределение функции различий векторов признаков 1-го и 3-го изображений $-R3_k$ в зависимости от параметра k , и распределение функции различий векторов признаков 3-го и 4-го изображений $-R4_k$ в зависимости от параметра k .

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

Реализация заявленного способа объясняется следующим образом.

П. 1 Задают эталонный сигнал. В качестве эталонного сигнала используют элементы кадра видеоизображения.

Первоначально в качестве эталонного изображения выбирают изображение, на котором изображена водная поверхность, не содержащая разливы нефтепродуктов.

В качестве примера, на фиг. 1 показан кадр видеоизображения, являющегося эталонным. Размеры кадра определяются стандартами изображений, разрешение которых представляется количеством пикселей. Для представленных примеров использованы кадры размером 480×640 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.

П. 2 Формируют для эталонного сигнала вектор признаков в виде гистограммы распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов.

В качестве примера, на фиг. 2 показана гистограмма для 1-го изображения. Указанная гистограмма выступает в качестве векторов признаков эталонных изображений.

Для 8 битового потока размерность вектор признаков будет равна 256 значениям.

Порядок формирования гистограмм известен, см. «Способ распознавания сигналов» (Патент РФ №2809021, МПК G06F 18/00 (2023.01), G06T 7/60 (2006.01), опубл. 06.12.2023, Бюл. №34).

П. 3 Задают значение порога, относительно которого принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов.

В качестве порога может быть выбрана величина D в диапазоне от 0 до 1, используемая для последующего ее сравнения с нормированной функцией различий векторов признаков.

Чем меньше выбор значения D, тем выше достоверность обнаружения разливов нефтепродуктов, но при этом возрастает и количество ошибочных решений (вероятность ложной тревоги, см. Дворников, С.В. Метод обнаружения сигналов диапазона ВЧ на основе двухэтапного алгоритма принятия решения / С. В. Дворников // Научное приборостроение. - 2005. - Т. 15, №3. - С. 114-119. - EDN GYLGXA).

Значение D выбирают по результатам предварительных экспериментов.

Значение нормированной функции различий векторов признаков рассчитывается по формуле

$$| \Sigma (H50_k - H51_k) | / \Sigma(H50_k). (1)$$

В формуле (1) модуль разности векторов нормируют к одному из них.

П. 4 Принимают распознаваемый сигнал идентифицируемого изображения и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, а распознаваемый сигнал формируют из кадра идентифицируемого изображения, следующего за эталонным кадром видеоизображения, при этом на кадре идентифицируемого изображения должно содержаться не менее 75% изображения, представленного на эталонном кадре.

В качестве примера на фиг. 3 показан кадр идентифицируемого изображения (2-е изображение), на котором отображено 75% изображения, отображаемого на 1-м изображении.

На фиг. 4 показана гистограмма для 2-го изображения, которая выступает в качестве векторов признаков идентифицируемого изображения.

П. 5 Принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов на идентифицируемом изображении путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков эталонного сигнала. При этом решение принимают по результатам вычисления разности векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала.

Вычисление разности векторов признаков распознаваемого (идентифицируемого) сигнала и эталонного сигнала производят по формуле (1).

П. 6 Вычисленную разность векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала усредняют в соответствии с разрядностью вектора признаков.

Для этого вычисленную разность векторов признаков распознаваемого сигнала (идентифицируемого изображения) и эталонного сигнала сравнивают с предварительно заданным значением D.

П. 7 Если вычисленная разность больше установленного значения порога, то принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а если меньше, то идентифицируемое изображение определяют в качестве эталонного.

П. 8 Затем принимают распознаваемый сигнал нового идентифицируемого изображения и повторяют все технические процедуры аналогичным образом.

В качестве примера на фиг. 1 показано эталонное изображение, а на фиг. 2 его вектор признаков. На фиг. 3 показано идентифицируемое изображение, а на фиг. 4 его вектор признаков.

Значение нормированной функции различий векторов признаков для 1-го и 2-го изображений составляет 0,112 (т.е. вектор признаков 1-го изображения отличается от вектора признаков 2-го изображений на 11,2%). При условии выбора значением D = 0,2, согласно заявляемому способу, 2-е изображение выбирают в качестве эталонного. А в качестве идентифицируемого выбирают 3-е изображение (см. фиг. 5), которое содержание которого на 25% отличается от содержания 2-го изображения. При этом

на 3-м изображении запечатлены результаты разлива нефтепродуктов (правый нижний угол, разлив нефтепродуктов занимает всего 3,5% общего размера кадра). На фиг. 6 показан вектор признаков 3-го изображения.

Значение нормированной функции различий векторов признаков для 2-го и 3-го изображений составляет 0,422 (т.е. вектор признаков 2-го изображения отличается от вектора признаков 3-го изображений на 42,2%). При условии выбора значением $D = 0,2$, согласно заявляемому способу, принимают решение об обнаружении на 3-м изображении результаты разлива нефтепродуктов.

На фиг. 7 показаны распределение функции различий векторов признаков 1-го и 2-го изображений - $R1_k$ в зависимости от параметра k , и распределение функции различий векторов признаков 2-го и 3-го изображений - $R2_k$ в зависимости от параметра k . Даже визуальный анализ показывает, что различия $R2_k$ превосходят различия $R1_k$.

Для рассмотренного примера способ-прототип не позволит принять правильное решение о наличии разливов нефтепродуктов на 3-м изображении.

Так на фиг. 8 показано 4-е изображение, на котором 25% процентов его площади занимают разливы нефтепродуктов. На фиг. 9 показан вектор признаков 4-го изображения.

Если согласно способу-прототипу 1-е изображение выступает в качестве эталонного изображения с чистой поверхностью воды, то для распознавания 3-го изображения, разность векторов признаков 1-го и 3-го изображений, должны сравниваться с разностью векторов признаков 3-го и 4-го изображений.

Для рассматриваемого случая, разность векторов признаков 1-го и 3-го изображений $D = 0,582$. А разность векторов признаков 3-го и 4-го изображений $D = 1,197$.

На фиг. 10 показаны распределение функции различий векторов признаков 1-го и 3-го изображений - $R3_k$ в зависимости от параметра k , и распределение функции различий векторов признаков 3-го и 4-го изображений - $R4_k$ в зависимости от параметра k . Даже визуальный анализ показывает, что различия $R4_k$ превосходят различия $R3_k$. Следовательно, по результатам обработки 3-го изображения согласно способу-прототипу будет принято неверное решение, что на нем отсутствуют разливы нефтепродуктов.

Для подтверждения заявляемого технического результата - повышение достоверности распознавания объектов, представленных на изображениях, было проведено 200 экспериментов, в ходе которых распознаванию подвергались кадры видеоизображения, на которых были запечатлены как чистые водные поверхности, так и водные поверхности с результатами разливов нефтепродуктов.

Установлено, что заявленный способ при наличии разливов нефтепродуктов, занимающих площадь не менее 3,5%, показал достоверность правильного принятия решения 96%. Достоверность способа-прототипа для тех же условий, составила 68%.

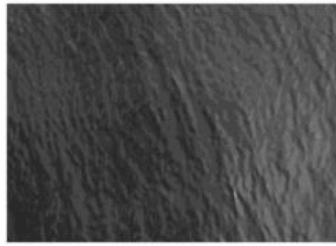
Зависимость достоверности распознавания от контрастности признаков рассмотрена в (Дворников, С.В. Автоматизация процедур обнаружения нефтяных разливов на водной поверхности / С.В. Дворников, С.С. Дворников, Д.В. Васильева // Информация и космос. - 2024. - №1. - С. 126-132. - EDN GMFJFC).

Таким образом, благодаря новой совокупности существенных признаков в заявленном способе обеспечивается достижение заявляемого технического результата: повышение достоверности обнаружения разливов нефтепродуктов по результатам обработки изображений.

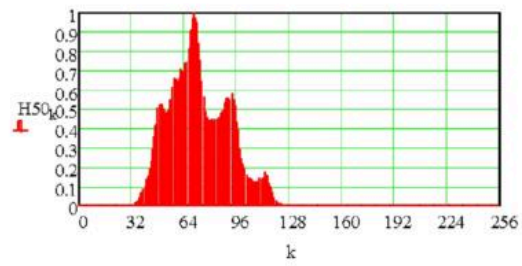
Формула изобретения

Способ обнаружения разливов нефтепродуктов, заключающийся в том, что задают эталонный сигнал, при этом в качестве эталонного сигнала используют элементы кадра видеоизображения, формируют для эталонного сигнала вектор признаков в виде гистограммы распределения частоты проявления яркости по градациям уровней, в соответствии с разрядностью битов, принимают распознаваемый сигнал идентифицируемого изображения и формируют его вектор признаков аналогично, как и для эталонного сигнала, принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов на идентифицируемом изображении путем сравнения его вектора признаков с векторами признаков эталонного сигнала, при этом решение принимают по результатам вычисления разности векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала, причем вычисленную разность векторов признаков распознаваемого сигнала и эталонного сигнала усредняют в соответствии с

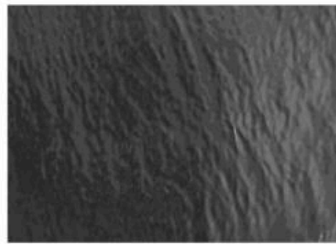
разрядностью векторов признаков, отличающийся тем, что предварительно задают значение порога, относительно которого принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а распознаваемый сигнал формируют из кадра идентифицируемого изображения, следующего за эталонным кадром видеоизображения, при этом на кадре идентифицируемого изображения должно содержаться не менее 75% изображения, представленного на эталонном кадре, если вычисленная разность векторов признаков больше установленного значения порога, то принимают решение об обнаружении разливов нефтепродуктов, а если меньше, то идентифицируемое изображение определяют в качестве эталонного, после чего принимают распознаваемый сигнал нового идентифицируемого изображения и повторяют все технические процедуры аналогичным образом.



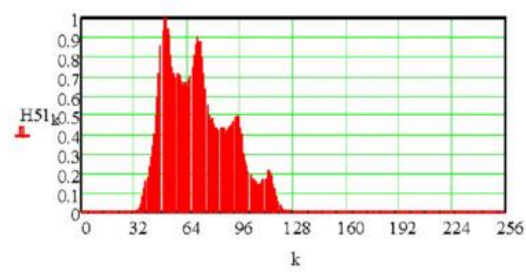
Фиг. 1



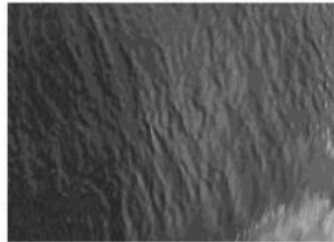
Фиг. 2



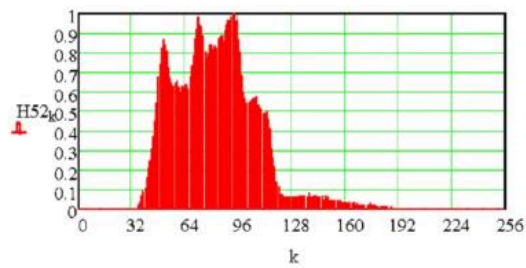
Фиг. 3



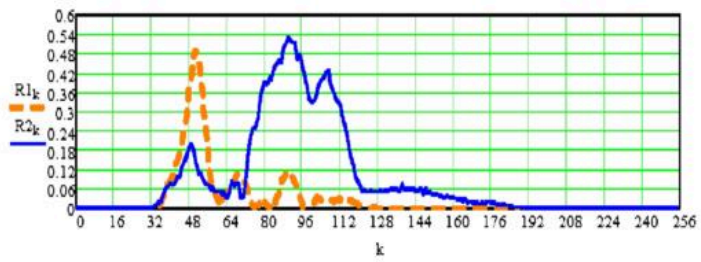
Фиг. 4



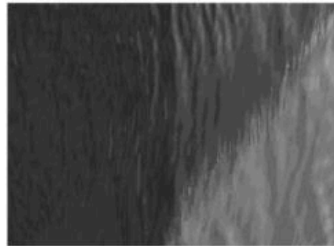
Фиг. 5



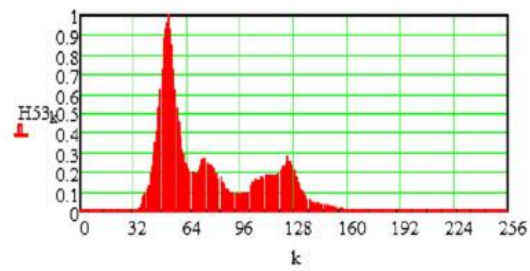
Фиг. 6



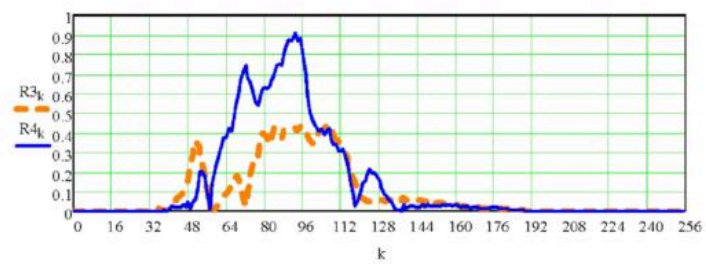
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10