

На правах рукописи



Хасан Абдо Абдуллах Аскар

**МОДЕЛЬ, МЕТОД И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ
УСТРОЙСТВО ОБРАБОТКИ ТЕКСТУР ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО
СТАТИСТИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ**

Специальность 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем
управления

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск–2020

Работа выполнена в Юго-Западном государственном университете на кафедре вычислительной техники

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Титов Виталий Семенович

Официальные оппоненты: **Егошина Ирина Лазаревна**,
доктор технических наук, доцент,
Поволжский государственный
технологический университет,
кафедра радиотехнических и медико-
биологических систем, профессор (г.
Йошкар-Ола)

Волков Вадим Николаевич
кандидат технических наук, доцент,
Орловский государственный
университет имени И.С. Тургенева,
заведующий кафедрой
информационных систем (г. Орел)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет (ВГТУ)»

Защита диссертации состоится «4» марта 2021г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.105.02, созданного на базе Юго-Западного государственного университета, по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета и на сайте <http://swsu.ru/ds/diss-swsu/>

Автореферат разослан « » 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Титенко Евгений Анатольевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время развитие средств вычислительной техники позволяет реализовывать с их помощью многие процессы обработки информации, традиционно выполняемые человеком. Процесс распознавания зрительных образов, как направление в машинном зрении, является необходимым во многих областях производственной деятельности. В настоящее время сложились базовые принципы формализации процесса и построения систем распознавания на базе элементов и устройств вычислительной техники, но дальнейшее развитие исследований в этой области представляется чрезвычайно важным.

В частности, для анализа изображений, получаемых с камер, устанавливаемых на малых космических аппаратах и на беспилотных летательных аппаратах, широко применяются методы текстурного анализа. Кроме того, эта задача актуальна и при использовании текстурного анализа в обработке медицинских изображений. С использованием методов текстурного анализа решаются задачи кластеризации подстилающей поверхности, поиска и классификации объектов.

Для описания текстуры изображения известны следующие подходы: статистические, геометрические, структурные, спектральные и модельные. Отличительной особенностью всех методов является необходимость вычисления статистических признаков для последующего описания текстуры.

В силу многообразия типов изображений, актуальной задачей является построение систем распознавания, учитывающих особенности различных классов изображений. Актуальным является практическое приложение разработанных алгоритмов анализа и сравнения изображений в промышленности, например, в системах технического зрения для контроля качества изделий (дефектоскопии), в медицине и в системах поиска изображений.

Вопросы сравнения, поиска и распознавания изображений получили фундаментальное развитие в работах научных коллективов Вычислительного центра РАН, Института систем обработки изображений РАН, Института проблем передачи информации РАН, и др. Значительный вклад в решение проблем обработки изображений в части анализа, распознавания и понимания текстурных признаков внесли Ю.И. Журавлев, И.Б. Гуревич, В.А. Соيفер, R.O.Duda, R.M. Haralic, K.I. Law, W.K. Pratt, R.L. Gonzalez, R. Woods, F. Rosenblatt, P.E. Hart, K.S. Fu и ряд других российских и зарубежных ученых.

В ряде известных вычислительных устройств для обеспечения обработки поиска и сравнения изображений, как правило, используется сравнение с эталонным или образцовым изображением, осуществляемое сравнением по пикселям, что требует значительных вычислительных затрат и отрицательно сказывается на надежности поиска в случае работы с зашумленными изображениями.

Проведенный анализ показал, что для описания изображений предпочтительнее использовать статистические характеристики изображения,

вычисляемые по гистограмме яркости всего изображения или его области. В таком случае сравнение изображений осуществляется посредством анализа их статистических характеристик.

В настоящее время, разработанные методы поиска и сравнения изображений обладают высокой вычислительной сложностью и требуют для реализации значительных временных затрат, что приводит к возникновению противоречия между обеспечением высокой скорости обработки и сравнения изображений и необходимостью сохранения высокой степени достоверности поиска.

Таким образом, *актуальной научно-технической задачей* является снижение времени сравнения изображений на основе методов и алгоритмов обработки изображений по статистическим признакам.

Диссертационная работа выполнена при содействии гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации НШ-2357.2014.8 «Исследование и разработка комплексного анализа видеоизображений для задач управления сложными техническими системами на основе адаптивных нейро-нечетких систем вывода с мягкими вычислениями», а также гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых-кандидатов наук МК-2932.2013.8 «Разработка теоретических и реализационных основ создания адаптивных систем технического зрения на основе КМОП-видеодатчиков».

Цель работы: разработка модели, метода и устройства обработки изображений по статистическим признакам, для выполнения на их основе поиска изображений.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

-проведен анализ моделей, методов, алгоритмов и вычислительных устройств, реализующих сравнение изображений, выполнено обоснование направления исследований;

- разработана математическая модель вычисления коэффициента схожести изображений;

- создан метод сравнения изображений;

-разработан алгоритм вычисления коэффициента схожести изображений;

-спроектирована структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства для расчета характеристик и сравнения текстурных изображений, проведены экспериментальные исследования разработанных алгоритмов и устройства.

Объект исследования: методы обработки изображений.

Предмет исследования: устройства вычисления статистических признаков изображений.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы математического моделирования и программирования, методы цифровой обработки изображений, теории распознавания образов, теории алгоритмов, методы схемотехнического проектирования.

Новыми научными результатами и положениями, выносимыми на защиту, являются:

- математическая модель вычисления коэффициента схожести изображений, основанная на вычислении их статистических характеристик, отличающаяся использованием коэффициентов значимости характеристик, позволяющая обеспечить многовариантность сравнения изображений;

- метод сравнения текстур на изображениях и алгоритм вычисления коэффициента схожести изображений, основанные на анализе степени схожести исследуемого и эталонного изображений, отличающиеся низкой вычислительной сложностью;

- структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства обработки текстур изображений по статистическим признакам, включающая в себя вычислительные блоки для формирования вектора параметров, отличающаяся параллельно-конвейерной организацией вычислений и обеспечивающая поиск текстуры на изображении.

Практическая значимость работы состоит в том, что реализованы в виде единой программной системы анализа текстурных изображений алгоритмы построения описания изображения, выделения блоков, а также вычисления коэффициента однородности.

Реализация разработанных алгоритмов в рамках специализированного устройства позволила обеспечить эффективность поиска изображений 90%, а скорость сравнения увеличить в 2 раза по сравнению с существующими решениями.

Полученные результаты подтверждают эффективность методов анализа и разработанных алгоритмов.

Результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Яспер» (г. Курск), а также используются в учебном процессе кафедры вычислительной техники Юго-Западного государственного университета (г. Курск) при проведении занятий по дисциплинам «Цифровая обработка и анализ изображений» и «Архитектура систем обработки, анализа и интерпретации данных».

Соответствие паспорту специальности. Согласно паспорту специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, проблематика, рассмотренная в диссертации, соответствует пунктам 1 и 2 паспорта специальности (1. Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления в части разработки принципов функционирования быстродействующего устройства; 2. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик в части разработки алгоритма и устройства вычисления характеристик изображения,

обеспечивающих улучшение эксплуатационных характеристики устройства обработки изображений).

Апробация результатов.

Результаты диссертационного исследования докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на 9 международных, всероссийских и региональных научно-технических конференциях: Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы» (Тула, 2009); III Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Математика и её приложения в современной науке и практике» (Курск, 2013); Международной научно-технической конференции «Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации» (Курск, 2013); Сборник материалов региональной заочной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы» (Курск, 2013); IV Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Математика и её приложения в современной науке и практике» (Курск, 2014); 4-й Международной научно-практической конференции «Современные материалы, техника и технология» (Курск, 2014); Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы» (Тула, 2016); Международной научно-практической конференции «Современные концепции развития науки» (Пермь, 2018 г); «Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы» (Курск, 2018), Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы» (Тула, 2019), XXIV международной научной конференции «Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук» (Санкт-Петербург 2019).

Публикации. Основные результаты диссертации отражены в 16 печатных работах [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16]. Среди них 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень журналов и изданий, рекомендуемых ВАК РФ, 2 свидетельства о регистрации программы.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателем предложены: в [1] – модель вычисления коэффициента схожести и метод сравнения текстур на изображениях, в [2, 11, 15, 16] алгоритм вычисления коэффициента схожести изображений, [3, 14] – структурно-функциональная организация разработанного устройства, в [5,10, 12] – практическая реализация разработанных алгоритмов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы из 93 наименований и приложений. Основная часть работы изложена на 102 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок и 15 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, а также выносимые на защиту положения, отмечена научная новизна и практическая ценность работы.

В первом разделе рассмотрены известные методы, алгоритмы и устройства сравнения изображений по статистическим признакам. Приведены краткие описание основные группы характеристики сходства изображений (цветовые гистограммы, характеристики текстуры, характеристики формы, объекты изображения) (табл. 1), сформулированы основные процедуры и методы распознавания изображений, рассмотрены основные характеристики изображений, которые используются для анализа их сходства, дан сравнительный анализ текстурных изображений, приведена схема оценки текстуры в изображении. Рассмотрены существующие устройства, обеспечивающие вычисление различных характеристик изображения. Определены основные направления исследования.

Таблица 1 – Методы выделения текстур на изображениях

Применяемые методы	Принцип работы	Используемый математический аппарат
Статистические	Текстуру определяет пространственное распределение значений яркости, что позволяет оценить признаки изображения, связанные со статическими вычислениями	матрица смежности Харалика; Ковариационные матрицы описывающие пространственные связи пар яркостей элементов текстуры; эвристические признаки Тамуры; метод вектора разности уровней яркости; метод, основывающийся на вычислении локальных свойств гистограмм суммы и разности
Геометрические	оценка повторяющегося характера расположения текстурных элементов изображения с помощью функции автокорреляции	геометрический или синтаксический методы анализа текстуры; статистический анализ информации об областях изображения; локальные дескрипторы (SIFT, SURF, PCA-SIFT); энергетические текстурные характеристики Лавса
Структурные	Предполагается, что текстуры состоят из простых текстурных примитивов согласно определенному правилу размещения	синтаксически ориентированное распознавание (стохастические языки и грамматики); распознавание графовых образов; распознавание древовидных структур с модификацией определения грамматики, определением функции ранжирования и сменой правил подстановки
Спектральные подходы	Фурье-и вейвлет-анализ	фильтры независимого анализа компонент; фильтры Габора; частотный анализ, разложение по базовым функциям
Модельные подходы	Представление изображение в виде модели	Марковские случайные поля; Фрактальный метод описания текстур

Исследование существующих моделей и методов выявило необходимость расчета статистических характеристик на начальных этапах каждого из них, в связи с чем сделан вывод о необходимости повышения скорости вычисления данных характеристик.

Из анализа существующих методов и устройств анализа изображений к реализации поиска сделан вывод о необходимости создания специализированного устройства для вычисления признаков изображений, что позволит ускорить процесс формирования описательных характеристик изображений и создавать алгоритмы для их анализа.

Во втором разделе разработана математическая модель вычисления коэффициента схожести изображений и метод сравнения текстуры на изображениях.

В качестве входных данных используется цветное изображение в формате RGB с 8 битами на каждый цвет.

Входное изображение V опишем в виде матрицы элементов, значения которых соответствует яркостям пикселей изображения.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где v_{jk} – значения яркости пикселя с координатами $[j,k]$, $m \times n$ – размер изображения (m строк, n столбцов).

Для вычисления статистических характеристик всего изображения V (или его области) строится гистограмма $p(z_i)$, $i \in [0..L-1]$:

$$p(z_i) = \frac{\sum_{j=1}^{m \cdot n} 1_{(v_j=i)}}{m \cdot n}, \quad i = 0..L-1, \quad (2)$$

где z_i – случайная величина, соответствующая яркости элементов изображения, L – соответствует количеству различных уровней яркости.

Известно, что центральный момент порядка n случайной величины z равен

$$\mu_n(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - med)^n p(z_i), \quad (3)$$

где med – среднее значение z (иначе – средняя яркость изображения), вычисляемое как:

$$med(z) = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i). \quad (4)$$

В качестве статистических характеристик используем моменты различного порядка. В частности дисперсия изображения, определяемая как:

$$\sigma^2(z) = \mu_2(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - med)^2 p(z_i), \quad (5)$$

является мерой яркостного контраста и применяется для построения дескрипторов относительной гладкости.

Следующей характеристикой является

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2(z)}. \quad (6)$$

Величина R равна 0 для участков с постоянной яркостью. Поскольку для полутоновых изображений со значениями яркостей элементов от 0 до 255 значения дисперсии оказываются большими, то для использования в уравнении (6) следует нормировать дисперсию к интервалу изменения $[0,1]$, для чего используем операцию нормализации:

$$\sigma_n^2(z) = \frac{\mu_2(z)}{(L-1)^2}, \quad (7)$$

тогда

$$R_n = 1 - \frac{1}{1 + \frac{\mu_2(z)}{(L-1)^2}} = 1 - \frac{(L-1)^2}{(L-1)^2 + \mu_2(z)}. \quad (8)$$

Значение третьего момента вычисляется как

$$\mu_3(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - med)^3 p(z_i) \quad (9)$$

и является характеристикой асимметрии гистограммы. Следующие характеристики позволяют обеспечить дальнейшее количественное разграничение текстурных составляющих: однородность, задаваемую выражением

$$U(z) = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i). \quad (10)$$

Значения $p(z_i)$ находятся в интервале $[0,1]$, и $\sum_i p(z_i) = 1$. Максимум величины U достигается для изображения с элементами одинаковой яркости (однотонное изображение), и уменьшается по мере роста яркостных различий.

Характеристика изменчивости яркости изображения вычисляется в соответствии с выражением

$$e(z) = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log p(z_i). \quad (11)$$

Таким образом, для определения коэффициента сходства изображений выполняем преобразование входного изображения в вектор параметров следующим образом

$$V \rightarrow S, \quad (12)$$

где $S = \langle med, \sigma_n^2(z), R_n, \mu_3(z), U, e \rangle$.

Коэффициент сходства вычисляется на основе разности между векторами параметров эталонного SR и анализируемого Ch изображений в соответствии с формулой

$$tmp = \sum_{j=1}^6 k[j] \cdot |SR[j] - Ch[j]|, \quad (13)$$

где $SR[j]$ – характеристики эталонного изображения (Sample), $j = 1..6$ – номер текущей характеристики; $Ch[j]$ – характеристики текущего изображения, с которым происходит сравнение, $k[j]$ – среднее значения коэффициентов характеристик, определяемое как:

$$k[j] = \frac{X_j}{\sum_{j=1}^6 X_j}, \quad (14)$$

где $X_j \in [1..10]$ – коэффициент значимости текущей характеристики, устанавливаемый заранее.

Для реализации метода сравнения текстур на изображениях расчет вектора параметров ведется по каждому цветовому каналу. Разработанный метод предназначен для обнаружения текстуры на изображениях формата RGB, основан на вычислении статистических характеристик и состоит из следующих шагов.

Введем следующие обозначения: $Rmed$, $Gmed$ и $Bmed$ – средняя яркость изображения (красный, зелёный и синий цвет), $R\sigma^2$, $G\sigma^2$, и $B\sigma^2$ – дисперсия, RR , GR и BR – дескриптор относительной гладкости, RU , GU и BU – однородность, $R\mu_3$, $G\mu_3$ и $B\mu_3$ – третий момент, Re , Ge и Be – энтропия. $r[i]$, $g[i]$, и $b[i]$ – случайные величины, соответствующие яркости элементов изображения.

Метод сравнения текстур на изображениях состоит из следующих шагов:

1. Вычисление среднего значения коэффициента каждой характеристики для всех исходных изображений путем деления каждого коэффициента на сумму всех коэффициентов (14).
2. Расчет вектора параметров, определяющих характеристики изображения по формулам (2, 4-12).
3. Расчет разности между значениями каждой характеристики эталонного изображения и значениями каждой характеристики всех остальных анализируемых изображений по модулю для каждого из основных цветов (R , G и B) отдельно.
4. Вычисляем степень сходства изображений на основе сравнения их характеристик по каждому цвету. Для определения показателя сходства изображений формула (13) преобразуется к виду:

$$tmp = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 k[i][j] \cdot |SR[i][j] - Ch[i][j]|, \quad (15)$$

где $i = 1..3$ соответствует номеру цвета (1 – красный, 2 – зеленый, 3 – синий), $SR[j]$ – характеристики выделенного изображения (Sample) для каждого цвета, а $j = 1..6$ – номер текущей характеристики; $Ch[j]$ – характеристики текущего изображения, с которым происходит сравнение.

5. Сортировка полученных значений по возрастанию:

$$I = sort_max_{i=1..Nl}(tmp_i), \quad (16)$$

где I – массив отсортированных значений по критерию tmp , $sort_max$ – функция сортировки, NI – количество анализируемых изображений.

Таким образом, разработанный метод сравнения текстур на изображениях позволяет осуществлять анализ степени схожести исследуемого и эталонного изображений, основан на использовании векторов и исключении неэффективного попиксельного сравнения изображений текстур. Отличительной особенностью метода является низкая вычислительная сложность, поскольку не требуется расчет геометрических, структурных, спектральных и модельных признаков со значительными вычислительными затратами.

В третьем разделе разработан алгоритм вычисления шести характеристик изображения в соответствии с формулами (4) – (12). Разработан алгоритм сравнения изображений и алгоритм поиска участка изображений.

Разработанный алгоритм вычисления характеристики изображений (рис. 1-2) обеспечивает вычисление статистических характеристик на основе гистограммы яркости всего изображения или его области.

Отличительной особенностью алгоритма является параллельное вычисление параметров, задаваемых (7), (9) - (12).

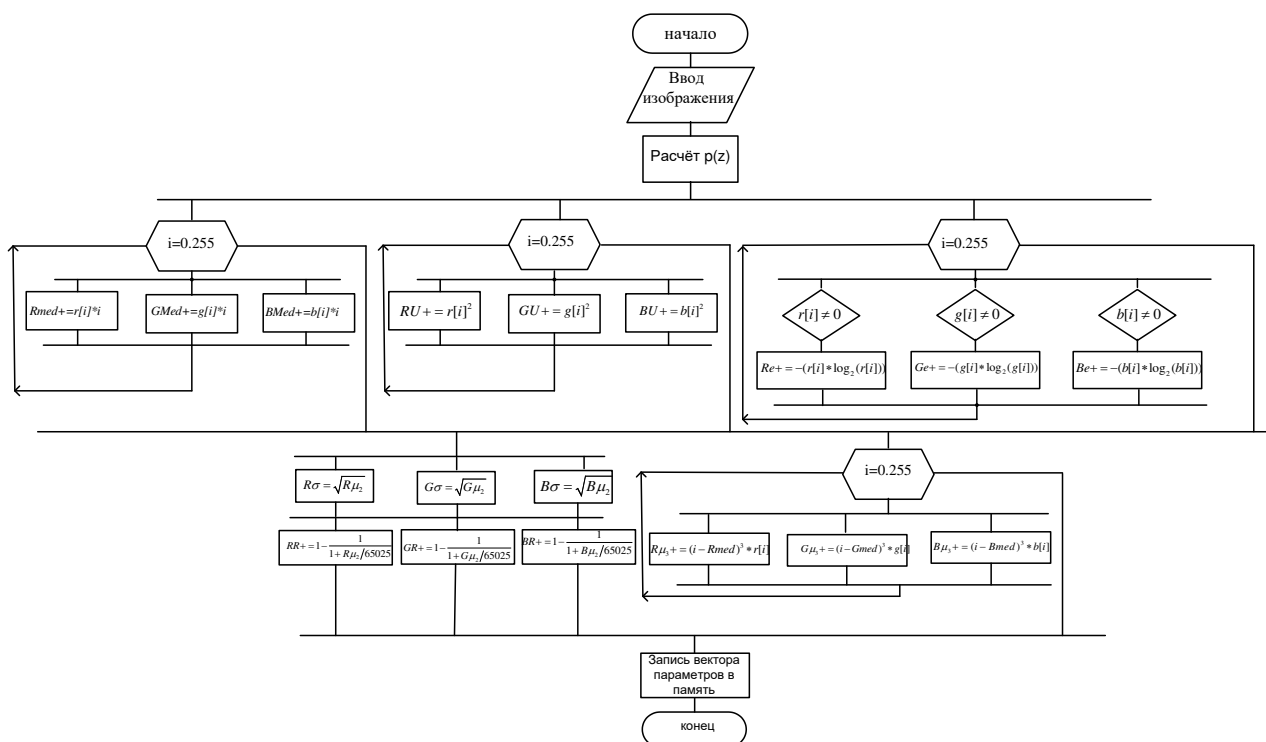


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма вычисления характеристики текстур

Выполнен анализ эффективности алгоритма при анализе изображений с различным уровнем шума. Алгоритм позволяет обрабатывать и находить схожие изображения с уровнем шума в 10%. Проведено исследование зависимости значений коэффициентов значимости на результаты поиска. Значения коэффициентов менялись в диапазоне от 1 до 10. Моделирование позволило подтвердить необходимость применения коэффициентов значимости характеристик и использования всех 6 вычисляемых характеристик изображения.

В четвертом разделе разработано устройство для вычисления характеристик изображения.

Для снижения временных затрат разработано быстродействующее устройство, для вычисления характеристик изображения, содержащее управляющий процессор, вычислительные блоки вычисления характеристик, ОЗУ и блок сравнения. Структурно-функциональная организация устройства представлена на рис. 2 (пунктиром показаны ступени конвейера). Вычислительные модули реализованы на вычислительных ускорителях.

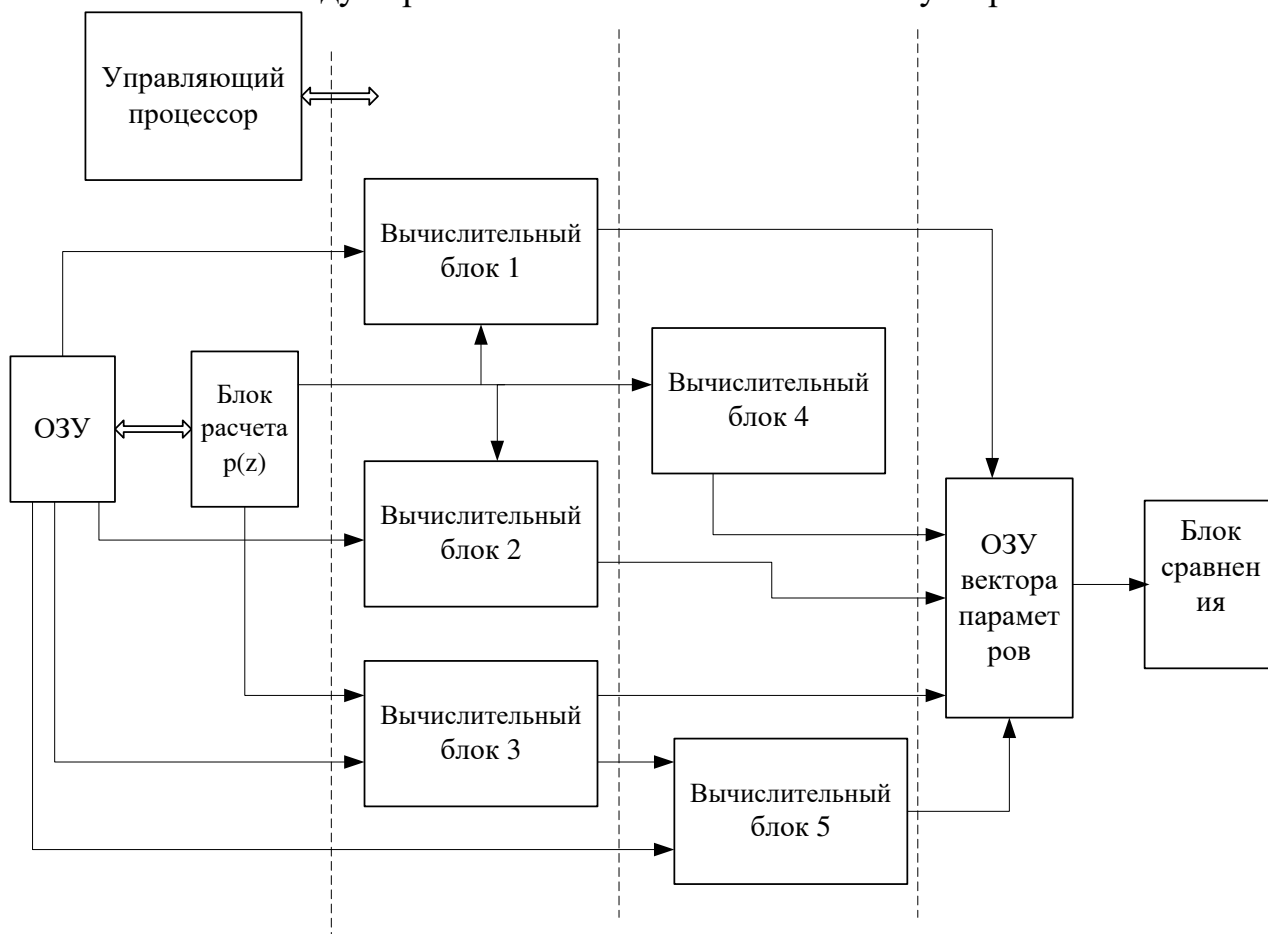


Рисунок 2 – Структурно-функциональная организация быстродействующего устройства для вычисления характеристик изображения

За счет введения вычислительных блоков устройство обеспечивает вычисление шести основных характеристик изображения. Система также обеспечивает конвейерный режим работы, позволяющий параллельно исполнять этапы обработки нескольких изображений. Расчет (14) производится в управляющем процессоре. Расчет (2) осуществляется в вычислительном блоке 1. После чего выполняется расчет (3,4), (10), (11) выполняется параллельно в 3 вычислительных блоках. Затем выполняется расчет (7), (8), (9) в вычислительных блоках 4 и 5 и полученные данные передаются в ОЗУ.

Функциональная схема одного из основных блоков представлена на рисунке 3. (Схема вычисления и вывода по формуле (4)).

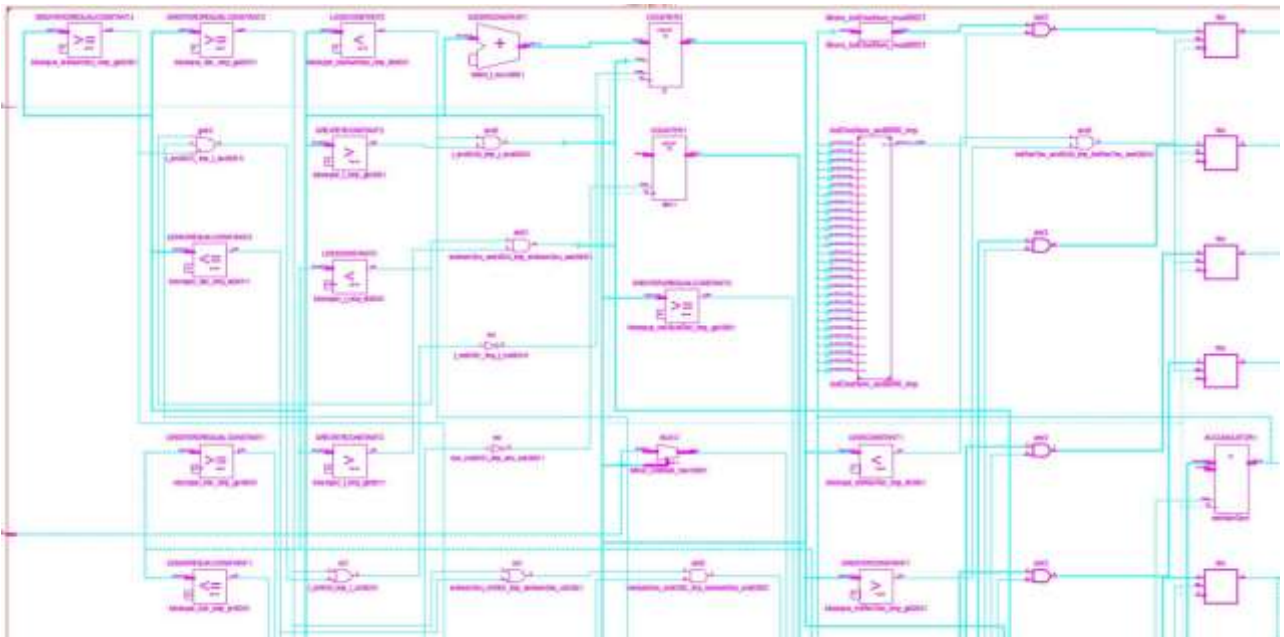


Рисунок 3 – Вычисление среднего значения

Каждый порт приема-передачи данных вычислительного блока связан по шине с модулями памяти. Выбор ячейки внутри каждого модуля определяется сигналами, с шины адреса. Управление чтением - записью, обновлением и выбором адреса осуществляется контроллером, в составе вычислительного блока. Память синхронизирована с вычислительным блоком по линии CLKOUT-CLK. Схемы реализованы на языке VHDL.

Было проведено моделирование разработанных алгоритмов. На графике (рис. 4) представлена зависимость времени вычисления параметров от размера изображений (переменные y_i соответствуют вычисляемым параметрам изображения).

Для проверки разработанного метода, были исследованы 200 изображений. По результатам эксперимента лучшими качествами при поиске похожих изображений обладает метод поиска изображений на основе анализа их характеристик, где процент найденных схожих изображений по этому методу превышает 90%. Выборка изображений осуществлялась из открытой базы данных текстур.

Результаты представлены в таблице

Методы сравнения	Процент схожести
Геометрические	90
Структурные	95
Спектральные	98
разработанный	90

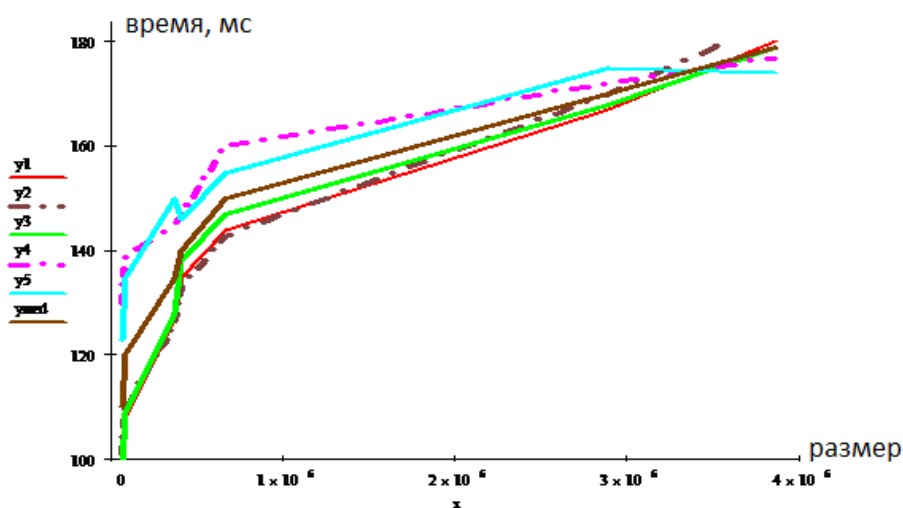


Рисунок 4 – Зависимость времени вычисления от размера изображений

Моделирование разработанного метода и алгоритма выявило необходимость использования всех 6 вычисляемых параметров для поиска. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние количества вычисляемых параметров на процент найденных изображений (при нулевом уровне шума).

Схожесть в %	количество параметров
87.45	1
90.9	2
92.1	3
93.7	4
95.2	5
97.3	6

Для сравнения скорости выполнения обработки изображения было произведено сравнение временных характеристик разработанной системы (таблица 3). В качестве тестовой задачи выполнен расчет характеристик изображения, разрешением 1600x1200 на поиске среди 5 изображений.

Таблица 3 – Сравнение с существующими устройствами

	процент схожести	время выполнения, мс
Программная реализация на GPU	95	100
Патент РФ № 2 126 523	95	100
Разработанное устройство	90	40

Сравнение с известными подходами выявило, что разработанное устройство проигрывает по качеству сравнения, но обладает большим быстродействием.

Разработанное устройство позволяет повысить скорость вычисления характеристик изображения и соответственно скорость сравнения изображений в 2 раза при незначительном снижении коэффициента схожести.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Диссертационная работа посвящена решению научно-технической задачи, заключающейся в разработке методов и алгоритмов описания характеристик изображений для выполнения на их основе поиска изображений по образцу, имеющей большое значение для обеспечения их повышенной эффективности и надежности.

В ходе решения этой задачи получены следующие основные результаты:

1. Выполнен анализ стандартных методов и устройств определения текстур на изображениях. Показана необходимость аппаратной поддержки алгоритмов статистической обработки для вычисления характеристик текстур.
2. Разработана математическая модель вычисления коэффициента схожести изображений, основанная на вычислении их статистических характеристик, отличающаяся использованием коэффициентов значимости характеристик, позволяющая обеспечить вариативность сравнения изображений.
3. Создан метод сравнения текстуры на изображениях, основанный на анализе степени схожести исследуемого и эталонного изображений, отличающийся низкой вычислительной сложностью.
4. Разработан алгоритм вычисления коэффициента схожести изображений, позволяющий обеспечить сравнение нескольких изображений, отличающийся параллельно-конвейерной организацией вычислений.
5. Разработана структурно-функциональная организация устройства сравнения текстурных изображений по статистическим признакам, включающая в себя вычислительные блоки для формирования вектора параметров, отличающаяся параллельно-конвейерной организацией вычислений и обеспечивающая поиск текстуры на изображении.
6. Спроектированное устройство позволяет понизить время вычисления характеристик изображения и сравнения изображений в 2 раза при незначительном снижении коэффициента схожести за счет использования описания изображения в виде вектора параметров, коэффициентов значимости характеристик и их вычисления на основе параллельно-конвейерной схемы.
7. Перспективы дальнейших исследований. Разработанные алгоритмы и устройство может использоваться в качестве аппаратного ускорителя для интеллектуальных систем технического зрения при обработке и анализе рентгеновских изображений, распознавании и выявлении артефактов на, сканировании и анализе гистограмм изображений, обработке снимков земной поверхности и т.д. Полученные аппаратные и программные решения могут быть применены и вместе с методами обработки изображений,

рассмотренными в первой главе (спектральными и т.д.), повышая их производительность.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах и изданиях

1. Хасан, А.А. Анализ текстурных признаков на изображениях [Текст] / А.А. Хасан, В.С. Панищев, В.П. Решетникова // «Известия Юго-Западного государственного университета». Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2014 г. №2. С.102-107.
2. Хасан, А.А. Алгоритм сравнения изображений на основе анализа статистических характеристик текстуры [Текст] / А.А. Хасан, В.С. Панищев, М.И. Труфанов// «Известия Юго-Западного государственного университета». Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение.2017г. том 7 №4(25). С.34-40.
3. Хасан, А.А. Оценка эффективности статистического метода анализа текстур на изображении [Текст] / А.А. Хасан, М. А.Килимов // «Естественные и технические науки» № 4(118) 2018.С.242-249.

Объекты интеллектуальной собственности (патенты, свидетельства)

4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012618888 Российская Федерация. Программа для анализа текстурных признаков на изображении [Текст] / Хасан А.А. заявл. 03.08.2012; зарегистрировано 02.10.2012.
5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015614882 Российская Федерация. Программа для поиска участка изображения [Текст] /Хасан А.А., Панищев В.С. заявл. 06.03.2015; зарегистрировано 29.04.2015.

Прочие публикации

6. Хасан, А.А. Обеспечение для описания текстуры на базе статистического подхода [Текст] / А.А. Хасан // Интеллектуальные и информационные системы: сб. матер. Всероссийской научно-технической конференции Тула, 2009. – С.123-124.
7. Хасан, А.А. Статистический анализ характеристик изображения [Текст] / А.А. Хасан // Математика и её приложения в современной науке и практике: сб. научных статей III Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов Курск, 2013. – С. 278-282.
8. Хасан, А.А. Вычисление характеристик изображений [Текст] / А.А. Хасан // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание-2013: сб. матер. XI Междунар. науч.-техн. конф.; Юго-Западный гос.ун-т. Курск, 2013. – С.108-110.
9. Хасан, А.А. Анализ текстуры на изображениях [Текст] / А.А. Хасан // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы,

перспективы (ИИС 2013): сб. материалов региональной заочной научно-практической конференции Курск, 2013. –С.124-125.

10. Хасан, А.А. Методы интерполяции в системах обработки изображений [Текст] / А.А. Хасан, М.И. Булаев // Математика и её приложения в современной науке и практике: сб. научных статей IV Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов Курск, 2014. – С. 99-102.

11. Хасан, А.А. Разработка алгоритма поиска участка изображения [Текст] / А.А. Хасан, В.С. Титов // Современные материалы, техника и технология: сб. материалы 4-й Международной научно-практической конференции : Курск, 2014. С.462-464.

12. Хасан, А.А. Сравнение полутоновых изображений по спектральным характеристикам [Текст] / А.А. Хасан, О.Н. Панищева // Интеллектуальные и информационные системы: сб. матер. Всероссийской научно-технической конференции Тула, 2016. – С.159-160.

13. Хасан, А.А. Реализация преобразования Фурье для фильтрации изображений[Текст] / А.А. Хасан // Современные концепции развития науки: Сборник статей Международной научно-практической конференции 16 марта 2018 г. Часть 1 ПермьМЦИИ Омега Сайнс,2018. – С.72-75.

14. Хасан, А.А. Вычислительный модуль для устройства сравнения текстурных изображений по статистическим признакам [Текст] / А.А. Хасан, О.Н. Панищева, В.С. Титов // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы (ИИС 2018): материалы докладов VI всероссийской очной научно-практической конференции «ИИС-2018». –С.142-144.

15. Хасан, А.А. Параллельный алгоритм вычисления характеристик текстур на изображениях [Текст] / А.А. Хасан, В.С. Титов, О.Н. Панищева// Интеллектуальные и информационные системы: сб. матер. Всероссийской научно-технической конференции Тула, 2019. – С.24-28.

16. Хасан, А.А. Влияние уровня шума на результаты сравнения изображений[Текст] / А.А. Хасан, Н.С.Поздняков, В.С. Титов// Научные тенденции:Вопросы точных и технических наук: сб. по материалам XXIV международной научной конференции 12 октября 2019 г.Санкт-Петербург 2019. – С.7-8.

Подписано в печать _____ 2021. Формат 60×84 1/16 .

Печатных листов 1,0. Тираж 100 экз. Заказ _____ .

Юго-Западный государственный университет

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.