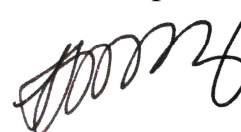


На правах рукописи



СТРЕЛКОВА АЛЕКСАНДРА НИКОЛАЕВНА

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО
ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В
РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники
и систем управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск 2011

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО
«Юго-Западный государственный университет»
на кафедре «Вычислительная техника».

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Титов В. С.
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Дегтярев С.В. кандидат технических наук, доцент Жмакин А.П.
Ведущая организация:	Воронежский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «19» июля 2011 г. в 14-00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.02 при Юго-Западном государственном университете по адресу: 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан « 18 » июня 2011 г.

Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских
диссертаций Д 212.105.02
кандидат технических наук



Титенко Е.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования устройств вычислительной техники в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик являются на данный момент важными задачами. Вычислительные устройства, обеспечивающие решение широкого ряда задач при диагностике заболеваний – неотъемлемая часть современных специализированных диагностических систем и используются в различных отраслях медицины. Особо важно применение вычислительных устройств в областях, направленных на визуализацию внутренних органов, в частности в эндоскопии. Основной задачей специализированных вычислительных устройств цифровой обработки эндоскопических изображений является их представление с повышенной информативностью.

Информативность в первую очередь характеризуется погрешностями получаемых вычислительным устройством изображений. Наряду с этим она может быть повышена путем автоматического обнаружения и выделения на анализируемом изображении фрагментов с дефектами слизистой оболочки. В исследованиях В.А. Сойфера, Ю.В. Гуляева, А.А. Потапова и др. показано, что это достижимо при использовании современных методов распознавания образов и анализа изображений, позволяющих реализовать указанные функции в специализированном вычислительном устройстве.

Особенности работы вычислительных устройств получения эндоскопических изображений служат причиной возникновения ряда случайных и систематических погрешностей. Систематические погрешности заключаются в возникновении значительных абберационных искажений, обусловленных простотой конструкции оптико-электронного датчика и его малыми размерами: радиальной и тангенциальной дисторсии, влияющих на нарушение геометрического подобия объекта и его изображения; сферической и коматической аббераций, влияющих на снижение резкости изображения. К случайным погрешностям, в наибольшей степени снижающим информативность эндоскопического изображения, относится появление бликов, возникающих на изображении ввиду использования источника освещения во время исследования слизистой оболочки.

Существует большое количество специализированных вычислительных устройств, повышающих качество эндоскопического обследования (эндоскопические системы Olympus, Fujinon и др.), в которых повышение информативности основано только на повышении разрешающей способности. Однако в них отсутствуют элементы коррекции искажений изображения, без которых повышение его информативности невозможно.

Как было указано выше, для повышения информативности эндоскопического исследования целесообразно выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки. Однако до настоящего времени устройства, обеспечивающие

выполнение вышеперечисленных функций, имеют недостатки, заключающиеся в обработке изображений только после окончания исследования.

В исследовании Florian Vogt и Sophie Krüger показано, что при цифровой обработке эндоскопических изображений целесообразно использование вычислительных устройств, обеспечивающих возможность проведения обработки в реальном времени.

Таким образом, сложилось противоречие между необходимостью повышения информативности и ограниченными возможностями существующих вычислительных устройств обработки эндоскопических изображений.

Следовательно, для повышения информативности исследования необходимо проведение коррекции искажений изображения, а также выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки в режиме реального времени.

В соответствии с этим **актуальной научно-технической задачей** является разработка специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени, выполняющего коррекцию искажений, возникающих на изображении при его получении, и выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

Диссертационная работа выполнена в рамках Аналитической ведомственной целевой программы Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы», государственная регистрация № 01201150499, тема 1.1.10 «Разработка фундаментальных основ, принципов алгоритмического конструирования адаптивных высокоточных систем технического зрения широкого назначения для поддержки информационных технологий, средств вычислительной техники, распознавания образов и обработки изображений» и финансирования по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.») по теме «Разработка способов и устройства повышения качества изображений» (государственный контракт №6076p/8555 от 27.06.2008).

Целью диссертационной работы является создание метода и алгоритма повышения информативности эндоскопических изображений и специализированного вычислительного устройства их цифровой обработки в реальном времени.

Задачи исследования, решаемые в работе:

1. Обоснование необходимости разработки новых метода, алгоритма и структурно-функциональной организации специализированного вычислительного устройства повышения информативности эндоскопических изображений в реальном времени.
2. Создание математической модели специализированного вычислительного устройства обработки эндоскопических изображений.
3. Разработка метода определения и коррекции искажений, вносимых на изображение при его получении, и выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

4. Построение алгоритма коррекции искажений, вносимых на изображение при его получении, и выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

5. Разработка структурно-функциональной организации специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений, обеспечивающей коррекцию искажений и выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

Методы исследования. В работе использованы методы цифровой обработки сигналов и изображений, распознавания изображений объектов и анализа дискретных изображений, проектирования устройств ЭВМ, теория распознавания образов, спектральный анализ.

Новыми научными результатами, выносимыми на защиту, являются:

1. Математическая модель специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений, отличающаяся определением и коррекцией искажений, вносимых на изображение при его получении, и выделением фрагментов изображений с дефектами слизистой оболочки, позволяющая на своей основе разработать методы и алгоритмы повышения информативности эндоскопических изображений.

2. Метод повышения информативности эндоскопических изображений, отличающийся коррекцией совокупности искажений, оказывающих наиболее существенное влияние на снижение информативности, обеспечивающий выделение фрагментов изображений с дефектами слизистой оболочки.

3. Алгоритм цифровой обработки эндоскопических изображений, отличительной особенностью которого является параллельная обработка фрагментов изображения, позволяющая реализовать метод повышения информативности в реальном времени.

4. Структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений, особенностью которой является введение элементов параллельной обработки фрагментов изображения и связей между ними, позволяющая производить цифровую обработку изображений в реальном времени.

Объект исследования – специализированные вычислительные устройства цифровой обработки изображений.

Предмет исследования – структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства, методы и алгоритмы повышения информативности эндоскопических изображений на основе их цифровой обработки.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанные метод, алгоритм и специализированное вычислительное устройство цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени позволяют повысить точность диагностики заболеваний, а также могут служить основой создания вычислительных устройств визуализации внутренних органов, которые могут найти широкое применение в различных областях диагностики.

Внедрение устройства позволит существенно повысить уровень автоматизации процесса диагностики внутренних органов.

Результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Технотрон», апробированы в отделении эндоскопии ОГУЗ «Курский областной онкологический диспансер» и используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета по учебной дисциплине «Основы теории распознавания образов».

Соответствие паспорту специальности. Содержание диссертации соответствует п.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» паспорта специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на Международных и Российских конференциях: Всероссийская конференция по проблемам информатики, физики и химии (г. Москва, РУДН, 2005, 2006 гг.); Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации «Распознавание» (г. Курск, Курский государственный технический университет, 2005, 2008, 2010 гг.); «Молодежь и XXI век-2007» (г. Курск, Курский государственный технический университет, 2007 г.); Федеральная школа-конференция по инновационному малому предпринимательству в приоритетных направлениях науки и высоких технологий (г. Москва, РГУИТП, 2005г.); Международная научно-техническая конференция «Медико-экологические информационные технологии» (г. Курск, Курский государственный технический университет, 2005, 2007 гг.); Международная научно-практическая конференция «Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике» (г. Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ), 2007 г.); Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР - 2007» (г. Томск, ТУСУР, 2007г.); Международная конференция «Телевидение: передача и обработка изображений» (г. Санкт-Петербург, 2007г.); Международный симпозиум «Новые информационные технологии и менеджмент качества» (Турция, 2008г.); Всероссийская конференция «Обработка изображений-2009» (г. Ульяновск, 2009г.); Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии и математическое моделирование систем» (г. Москва, Учреждение Российской академии наук, Центр информационных технологий в проектировании, 2009, 2010 гг.) и на научно-технических семинарах кафедры вычислительной техники ЮЗГУ с 2008 по 2011гг.

Публикации. Основные результаты выполненных исследований и разработок опубликованы в 18 печатных работах. Среди них: 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень журналов и изданий, рекомендуемых ВАК, 4 патента Российской Федерации.

Личный вклад автора. Все выносимые на защиту научные результаты получены соискателем лично. В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателем предложены: в [1,4-6, 8,14] – структурно-функциональная организация вычислительного устройства коррекции аберраций и метод определения их коэффициентов; в [6,12] – метод определения тангенциальной составляющей дисторсии; в [2,7,10,11,13,16-18] – специализированное вычислительное устройство обработки эндоскопических изображений; [3,7,9,15] – структура и принципы функционирования вычислительного устройства повышения качества изображения при эндоскопии.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 102 наименования, изложена на 121 странице и поясняется 34 рисунками и 9 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и кратко изложены основные задачи, которые необходимо решить для ее достижения, полученные результаты, включающие научную новизну и практическую значимость, рассмотрены используемые методы исследования, описаны итоги применения результатов работы, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ существующих методов и устройств обработки изображений, получаемых различными оптико-электронными датчиками (ОЭД), при этом особое внимание уделено эндоскопическим видеосистемам. Определены 2 различных подхода к коррекции искажений изображений, используемые в современных специализированных вычислительных оптико-электронных устройствах: основанные на добавлении в оптическую систему ОЭД дополнительных корректирующих элементов и на цифровой коррекции изображения после его получения. Показано, что наиболее перспективной является разработка методов, алгоритмов и устройств, основанных на применении второго подхода.

Проведенный анализ позволил сформулировать требования к разрабатываемым методу и алгоритму обработки эндоскопических изображений и разработать математическую модель функционирующего в реальном времени устройства на их основе.

Показано, что обработка эндоскопических изображений должна заключаться в повышении их информативности. При этом повышение информативности эндоскопических изображений основано на коррекции аберрационных искажений и бликов, а также автоматическом выделении фрагмента изображения с дефектами слизистой оболочки на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) в реальном времени. При этом выбор в качестве математического аппарата ДПФ обусловлен необходимостью производить анализ изображений в режиме реального времени, т.е. тратить на обработку кадра, вне зависимости от его содержимого, ограниченное количество времени, что не позволяет производить сравнение

изображения с множеством шаблонов или использовать другие стандартные методы распознавания.

В связи с этим актуальной является задача повышения информативности эндоскопических изображений во время проведения исследования посредством их цифровой обработки специализированным вычислительным устройством в реальном времени.

Во второй главе разработана математическая модель M_v специализированного вычислительного устройства (СВУ) обработки эндоскопических изображений:

$$M_v = M(C(I_i(x, y)), D(I_i(x, y))), i \in [0; N], \quad (1)$$

где $C(I_i(x, y))$ – функция коррекции искажений эндоскопического изображения, $D(I_i(x, y))$ – функция выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки, i – номер обрабатываемого кадра последовательности, N – общее количество кадров последовательности.

Функция коррекции искажений эндоскопического изображения $C(I_i(x, y))$ имеет вид

$$C(I_i(x, y)) = C(C_D(I_i(x, y)), C_S(I_i(x, y)), C_H(I_i(x, y))), i \in [0; N], \quad (2)$$

где $C_D(I_i(x, y))$ – функция коррекции дисторсии изображения, $C_S(I_i(x, y))$ – функция повышения резкости изображения, $C_H(I_i(x, y))$ – функция компенсации влияния бликов на изображении.

Коррекция дисторсии $C_D(I_i(x, y))$ реализуется за счет перемещения точек полученного изображения в их истинные позиции, рассчитанные на основе коэффициентов радиальной и тангенциальной составляющих аберрации k_l, p_1, p_2 , которые определяются однократно для конкретной оптической системы:

$$C_D(I(x, y)) = Mov(M_x(x, k_1, p_1, p_2), M_y(y, k_1, p_1, p_2)), \quad (3)$$

где Mov – функция перемещения точки в заданную позицию из позиции с координатами (x, y) , M_x и M_y – функции расчета смещений.

Функция повышения резкости изображения $C_S(I_i(x, y))$ основана на повышении высоких частот изображения без учета средних и низких частот посредством применения фильтров высоких частот на основании однократно определенных для конкретной оптической системы параметров сферической и коматической аберраций:

$$C_s(I_i(x, y)) = W(x, y, R_{sa}, R_{ca}), \quad (4)$$

где W – функция обработки эндоскопического изображения с помощью высокочастотного фильтра, R_{sa} – радиус кружка рассеяния сферической аберрации, R_{ca} – радиус кружка рассеяния коматической аберрации.

Функция коррекции бликов $C_H(I_i(x, y))$ реализуется путем применения медианного фильтра к областям эндоскопического изображения, искаженного влиянием бликов:

$$C_H(I(x, y)) = MF(I(x, y), I_b(x_b, y_b)), \quad (5)$$

где $I(x, y)$ – исходное изображение, $I_H(x, y)$ – изображение после коррекции, $MF(I(x, y), I_b(x, y))$ – применение медианного фильтра к текущей точке в зависимости от значения бинаризованного изображения $I_b(x_b, y_b)$.

Функция выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки $D(I_i(x, y))$ реализуется посредством анализа его спектра, полученного после ДПФ. Если вещественная часть спектра попадает за пределы нормального спектрального диапазона от $E_{\min}(x', y')$ до $E_{\max}(x', y')$, то считается, что на изображении присутствует дефект слизистой оболочки:

$$D(I_i(x, y)) = A(F(I_i(x, y))), \quad (6)$$

где A – функция анализа полученного спектра эндоскопического изображения, $F(I_i(x, y))$ – дискретное преобразование Фурье.

Для выделения на исследуемом кадре эндоскопической видеопоследовательности фрагментов с дефектами слизистой оболочки исследуют полученный спектр изображения на выход за границы нормального спектрального диапазона:

$$A(F(I_i(x, y))) = \begin{cases} 1, \text{при } (F_c(I_i(x, y)) < E_{\min}(x', y')) \vee (F_c(I_i(x, y)) > E_{\max}(x', y')); \\ 0, \text{при } (F_c(I_i(x, y)) \geq E_{\min}(x', y')) \wedge (F_c(I_i(x, y)) \leq E_{\max}(x', y')). \end{cases} \quad (7)$$

Разработанная математическая модель может служить основой для создания метода и алгоритма работы СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени.

В третьей главе на основе разработанной математической модели и метода функционально-стоимостного анализа выявлены функции, наиболее существенно влияющие на повышение информативности эндоскопических изображений. Согласно проведенной оценке рассчитанных значений уровней значимости для данных функций сделан вывод о том, что для повышения информативности целесообразна реализация следующих функций: повышение резкости, коррекция бликов, коррекция радиальной дисторсии, коррекция тангенциальной дисторсии, выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

Разработан метод повышения информативности, отличительная новизна которого заключается следующем: коррекция дисторсии основана на автоматическом смещении всех точек изображения в их истинные позиции, рассчитанные на основании однократно определяемых для оптической системы коэффициентов как радиальной, так и тангенциальной составляющих дисторсии; коррекция сферической и коматической аберраций основана на повышении резкости изображения с помощью высокочастотной фильтрации с учетом рассчитанных параметров аберраций; коррекция бликов основана на применении медианного фильтра только к точкам, входящим в состав бликов, которые определяют на основании проводимой бинаризации изображения; выделение фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки основано на сравнении получаемого для каждого изображения спектра с вычисленным заранее нормальным спектральным диапазоном, при этом при непопадании спектра изображения в нормальный спектральный диапазон считают, что на данном фрагменте изображения есть дефект слизистой оболочки.

На основе метода разработан алгоритм цифровой обработки эндоскопических изображений (рис.1), согласно которому сначала на изображении производят коррекцию радиальной и тангенциальной дисторсии, после чего производят коррекцию сферической и коматической аберраций, при которой для каждой точки изображения рассчитывают размер скользящего окна на основе радиусов кружков рассеяния аберраций. Затем осуществляют компенсацию влияния бликов на изображение посредством применения медианного фильтра к точкам, составляющим блики, которые определяются на основе бинаризованного изображения. После коррекции искажений изображения приступают к параллельному анализу фрагментов изображения на наличие на них дефектов слизистой оболочки, при обнаружении которых на соседних фрагментах изображения производят объединение соседних фрагментов в один и выделяют полученный фрагмент с дефектами слизистой оболочки.

Для реализации описанных метода и алгоритма разработана структурно-функциональная организация СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени (рис. 2).

На вход модуля ввода последовательности изображений (МВПИ) поступает сигнал с оптической системы эндоскопа (ОСЭ), и после проведения аналого-цифрового преобразования МВПИ записывает информацию о текущем кадре $I(x, y)$ в память устройства. После получения изображения оно поступает в блок коррекции искажений изображений, где согласно разработанному алгоритму последовательно производятся операции по коррекции радиальной и тангенциальной дисторсии в модуле коррекции дисторсии (МКД), повышению резкости в модуле повышения резкости (МПР) и компенсации бликов в модуле компенсации бликов (МКБ).

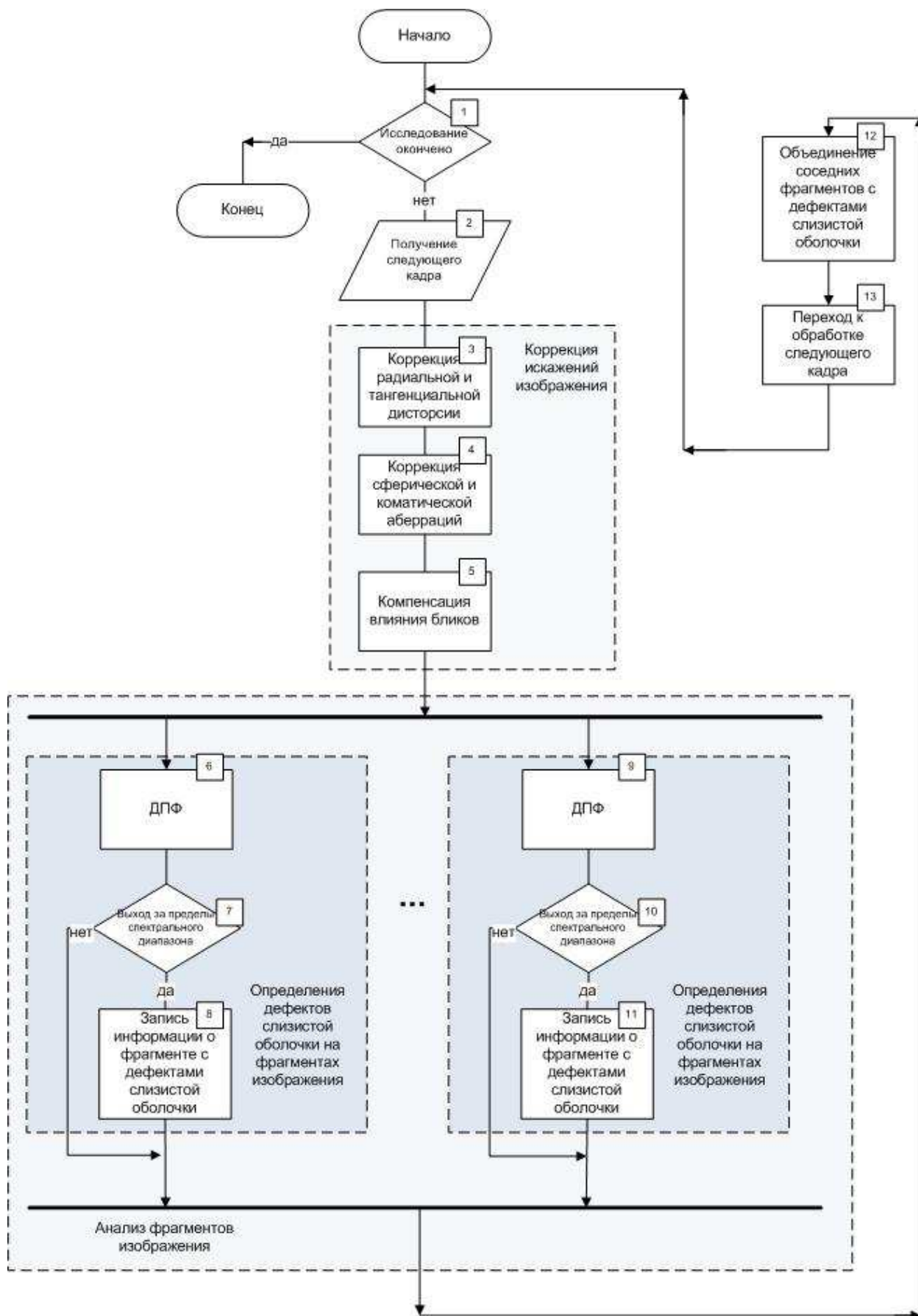


Рис. 1. Алгоритм цифровой обработки эндоскопических изображений

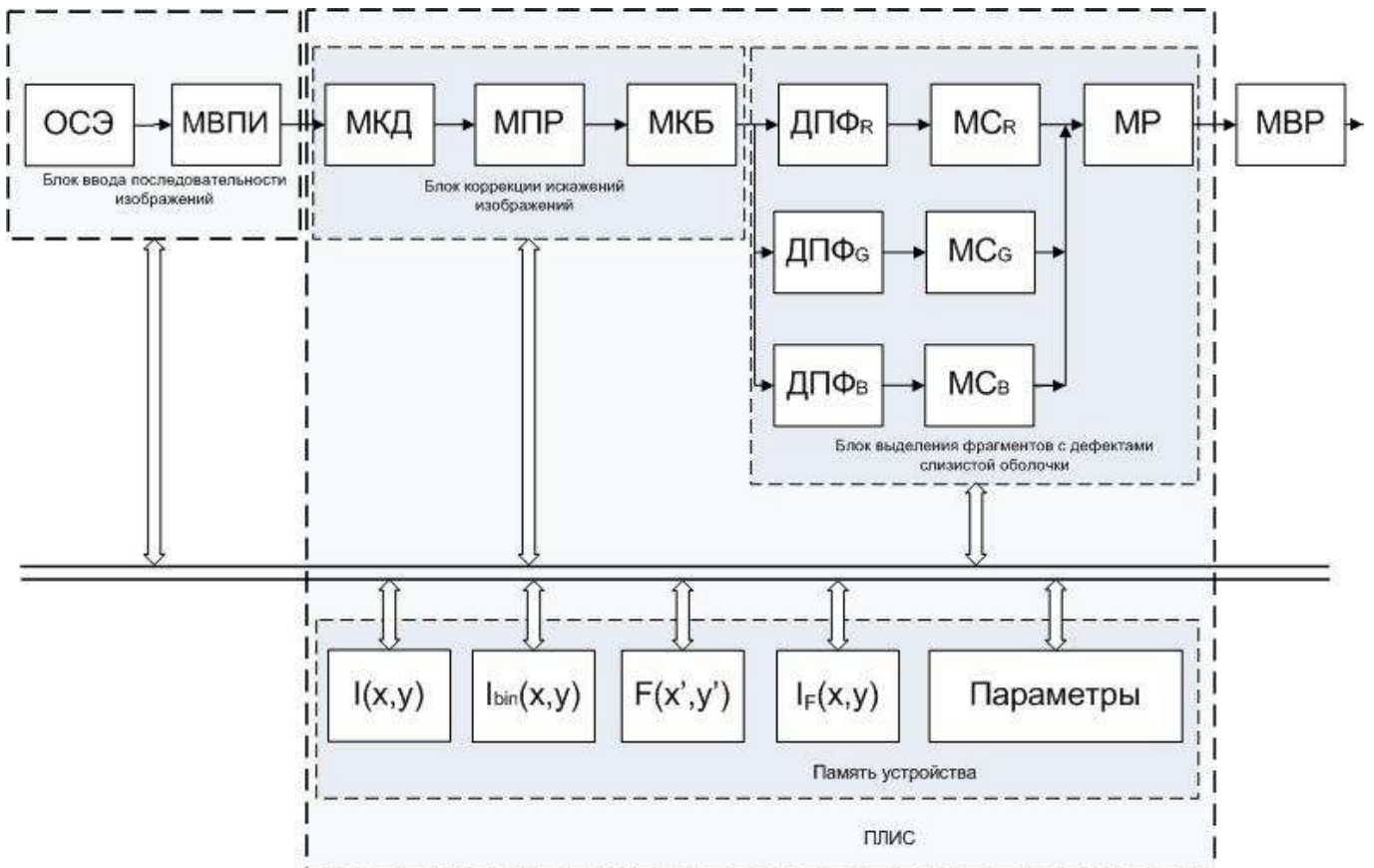


Рис. 2. Структурно-функциональная организация СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени

В блоке выделения фрагментов с дефектами слизистой оболочки на эндоскопических изображениях параллельно обрабатываются красный, зеленый и синий каналы (R/G/B). При этом для каждого цветового канала в модуле дискретного преобразования Фурье (ДПФ) получают вещественную часть спектра изображения, которая в модуле сравнения (МС) сравнивается с хранящимся в памяти устройства нормальным спектральным диапазоном. При этом в памяти устройства формируется информация о фрагментах изображения с дефектами слизистой оболочки, выделенных модулем распознавания (MP). После окончания анализа информация о фрагментах изображения с дефектами слизистой оболочки из памяти устройства выводится модулем вывода результата (MBP).

Для оценки времени работы специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений был произведен аналитический расчет на основе параметров ПЛИС семейства Virtex производства компании XILINX. Расчет проводился для кадра размером 720 на 576 точек, с учетом деления изображения на 16 фрагментов и их параллельной обработки устройством. При расчете получено, что время, затрачиваемое МКД на обработку фрагмента, составляет 0,9 мс; МПР – 1,4 мс; МКБ – 1,35 мс; ДПФ – 1,6 мс; МС – 0,2 мс; MBP – 1,1 мс. Таким образом, время обработки одного кадра последовательности составляет 6,55 мс, что обеспечивает возможность обработки специализированным вычислительным устройством изображений с частотой ≈ 152 Гц. Учитывая, что для обработки вычислительным устройством

изображений в реальном времени достаточно частоты не менее 24 Гц, сделан вывод о соответствии структурно-функциональной организации устройства требованию функционирования в реальном времени.

В четвертой главе для проведения испытаний СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени разработан аппаратно-программный стенд (АПС), позволяющий исследовать адекватность разработанных математической модели, метода и алгоритма цифровой обработки эндоскопических изображений. В его состав входят: оптоэлектронный датчик, световод, модель СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени на базе платы ML405-SX_VIDEO, ПЭВМ Samsung nc10.

Экспериментальные исследования проводились согласно разработанной методике испытаний, которая заключается в следующем: для проведения экспериментальных исследований коррекции искажений изображения был произведен анализ 30 тестовых изображений для каждого вида искажений, на основе которого был сделан вывод о точности коррекции; для проведения экспериментальных исследований выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки были проанализированы 30 калибровочных последовательностей эндоскопических изображений, в каждой из которых содержалось от 150 до 320 кадров с заранее известным результатом наличия или отсутствия фрагментов с дефектами слизистой оболочки для формирования нормального спектрального диапазона. После были проанализированы 15 последовательностей эндоскопических изображений, в каждой из которых содержалось от 160 до 295 кадров, с известным на основе экспертной оценки ожидаемым результатом выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки.

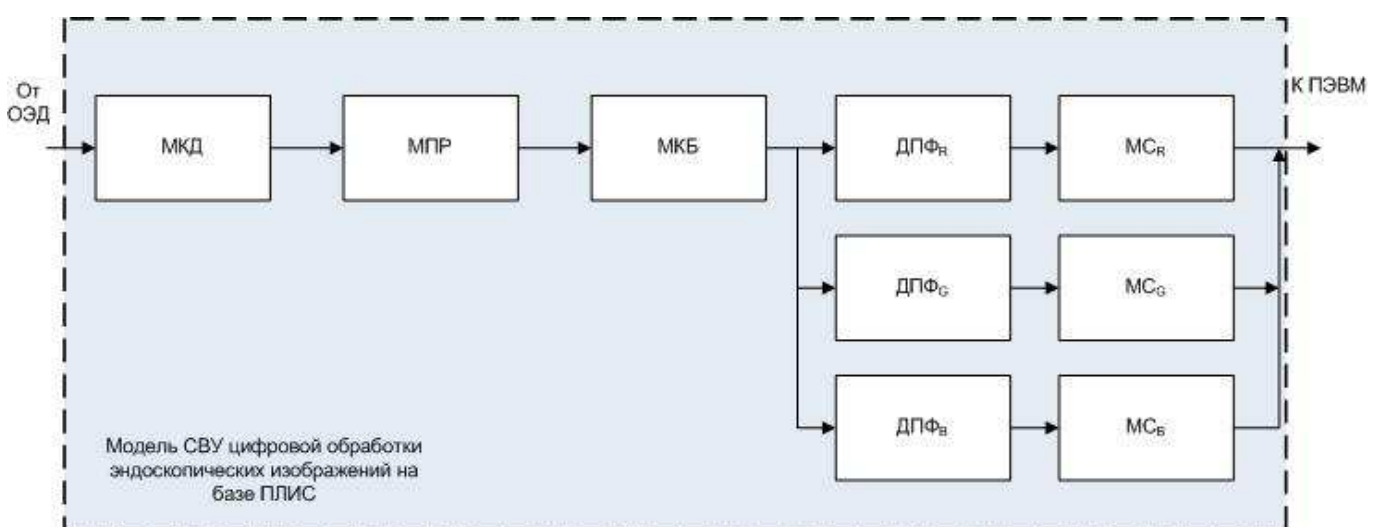


Рис. 3. Схема АПС. Схема модели устройства на ПЛИС

После экспериментального определения всех необходимых для проведения испытаний параметров осуществлено экспериментальное исследование СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений.

Оценка повышения информативности эндоскопических изображений производится на основе оценки точности коррекции искажений изображений и выделения областей изображения с дефектами слизистой оболочки.

Для оценки точности коррекции искажений были получены тестовые изображения ОЭД со световодом, для которого были предварительно определены параметры радиальной и тангенциальной дисторсии, сферической и коматической аберраций. После получения тестовых изображений производились измерения, позволяющие определить показатели, характеризующие влияние искажений и являющиеся 100% мерой коррекции искажений (например, в случае радиальной и тангенциальной дисторсии – это максимальная величина смещений по осям абсцисс и ординат от идеальных координат наиболее удаленной от главной оптической оси точки изображения). После проведения коррекции производился расчет величины коррекции искажения, выражающейся в процентном отношении реально скорректированных показателей к ожидаемым значениям.

На основе описанной методики было произведено сравнение разработанного СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени и известной работы «A System for Real-Time Endoscopic Image Enhancement» (Florian Vogt, Sophie Krüger - Germany) по основным показателям, данные сравнения приведены в таблице 1 и на рис.4.

Таблица 1. Сравнительный анализ СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени с аналогом

Функция повышения информативности	Повышение резкости	Коррекция бликов	Коррекция радиальной дисторсии	Коррекция тангенциаль- ной дисторсии	Цветовая нормализа- ция
Номер функции	1	2	3	4	6
СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени	47%	12,96%	81,25%	84%	-
«A System for Real- Time Endoscopic Image Enhancement»	37,83%	-	53,09%	-	34%

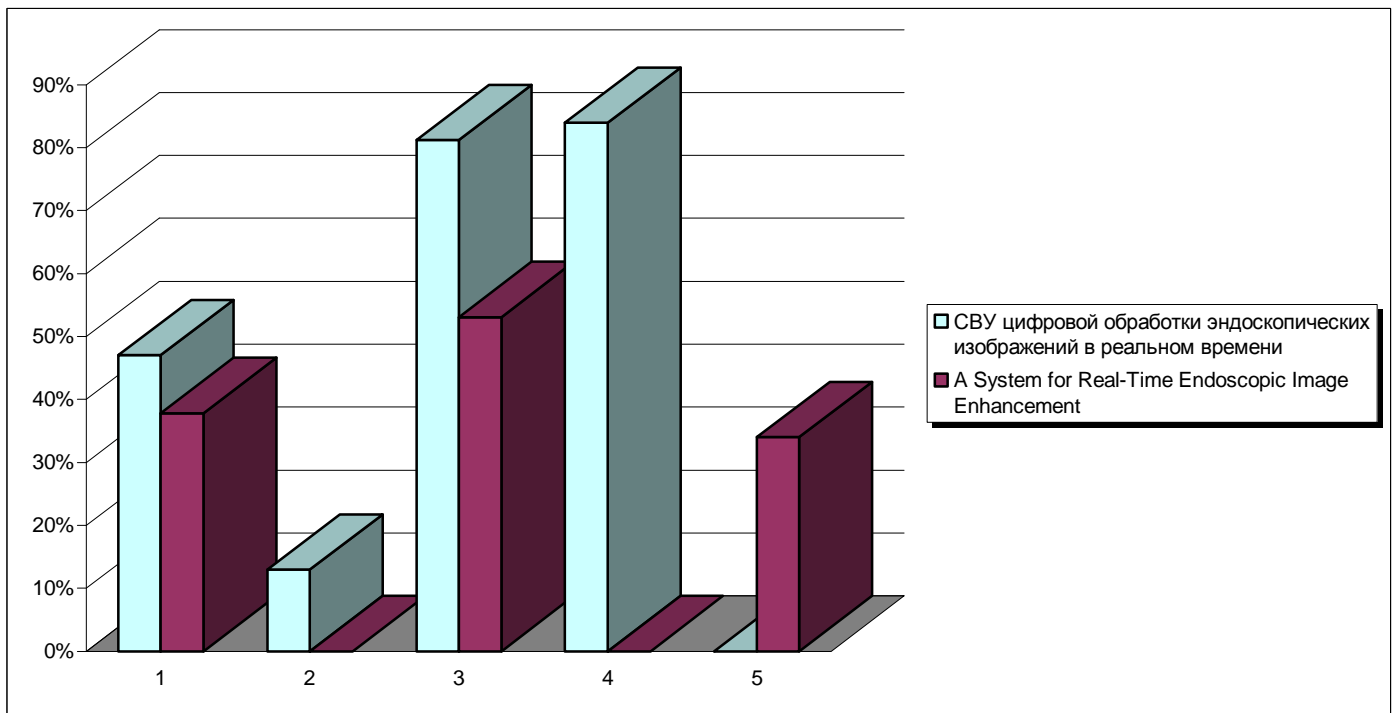


Рис. 4. Сравнительный анализ СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени с аналогом

На основании проведенного анализа данных, полученных в ходе экспериментальных исследований СВУ цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени, сделан вывод, что точность разработанного устройства выше за счет: учета при коррекции дисторсии ее тангенциальной составляющей на 84%; более точного расчета координат при коррекции радиальной дисторсии на 28,16%; учета при повышении резкости параметров, влияющих на ее снижение сферической и коматической аберраций - на 9,17%; коррекции бликов – на 12,96%. Также достигнуто повышение информативности эндоскопических изображений за счет верного выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки в 94,43% рассмотренных в ходе экспериментальных исследований случаев.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Создана математическая модель специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений, основанная на определении и коррекции изображений, вносимых на изображение при его получении, и выделении фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки, позволяющая на своей основе разработать метод и алгоритм обработки эндоскопических изображений в реальном времени.

2. Разработан метод обработки эндоскопических изображений, основанный на коррекции совокупности искажений, оказывающих наиболее существенное влияние на снижение информативности с учетом параметров искажений,

определенных для оптической системы оптико-электронного датчика, и выделении фрагментов изображений с дефектами слизистой оболочки.

3. Построен алгоритм цифровой обработки эндоскопических изображений, отличительной особенностью которого является параллельная обработка фрагментов изображения, позволяющая реализовать метод обработки эндоскопических изображений в реальном времени.

4. Разработана структурно-функциональная организация специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений, особенностью которой является введение элементов параллельной обработки фрагментов изображения и связей между ними, позволяющая производить цифровую обработку изображений в реальном времени.

5. Проведены экспериментальные исследования специализированного вычислительного устройства цифровой обработки эндоскопических изображений в реальном времени, в ходе которых было установлено, что после проведения цифровой обработки эндоскопических изображений повышена их информативность посредством коррекции искажений изображения и выделения фрагментов изображения с дефектами слизистой оболочки, что доказывает адекватность созданной математической модели.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

По перечню ВАК

1. Стрелкова, А.Н. Коррекция искажений изображения, вызванных яркими объектами в кадре и монохроматическими аберрациями / А.Н. Стрелкова, М.И. Труфанов и др.// Известия ТулГУ. Серия «Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления» Вып.1. Вычислительная техника – Тула: ТулГУ, 2006. – С. 47-50.

2. Стрелкова, А.Н. Устройство повышения качества изображения при эндоскопии / А.Н. Стрелкова, А.А. Степченко// Известия вузов. Приборостроение. - 2008. Т. 51, №2. - С. 54-58.

3. Стрелкова, А.Н. Математическая модель восстановления эндоскопических изображений / А.Н. Стрелкова, М.И. Труфанов, А.А. Степченко// Известия вузов. Приборостроение. - 2009. - Т. 52, №2. - С. 54-58.

Патенты

4. Пат. 2292023 Российская Федерация, МПК G01M11/02. Способ определения коэффициента комы оптической системы/ Стрелкова А.Н., Труфанов М.И., Титов В.С. № 2005115791/28; заявлено 24.05.2005; опубл. 20.01.2007, Бюл. № 2. – 5 с.

5. Пат. 2324914 Российская Федерация, МПК G01M11/02. Способ нахождения областей изображения, искаженных коматической аберрацией с последующей коррекцией/ Стрелкова А.Н., Труфанов М.И., Титов В.С. № 2005131683/28; заявлено 12.10.2005; опубл. 20.05.2008, Бюл. № 14. – 11 с.

6. Пат. 2321888 Российская Федерация, МПК G06K9/32, G01M11/02. Способ калибровки дисторсии оптико-электронного устройства/ Стрелкова А.Н.,

Труфанов М.И., Титов Д.В. № 206136666/09; заявлено 16.10.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 10. – 5 с.

7. Пат. 2358640 Российская Федерация, МПК А61В1/045, G02В23/24, H04N5/243, H04N5/30. Способ повышения качества изображения при фиброгастроуденоскопии и устройство для его реализации/ Стрелкова А.Н., Труфанов М.И., Степченко А.А., Канищев Ю.В. № 2007117998; заявлено 14.05.2007; опубл. 20.06.2009, Бюл. № 17. – 13 с.

Другие публикации

8. Стрелкова, А.Н. Определение параметров и коррекция коматической аберрации/А.Н.Стрелкова//Сб. матер.. 7-й Междунар. конф. «Распознавание-2005». – Курск, 2005. - С. 107–108.

9. Стрелкова, А.Н. Устройство повышения качества изображений при эндоскопии / А.Н.Стрелкова // Сборник конкурсных докладов V Самарского конкурса-конференции научных работ студентов и молодых исследователей по оптике и лазерной физике. - Самара: Изд-во «Универс групп», 2007. – С.80-86.

10. Стрелкова, А.Н. Способ повышения качества эндоскопических изображений желудка /А.Н. Стрелкова, М.И. Труфанов, В.С. Титов// Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. «Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике». Ч. 2. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007. – С. 69-70.

11. Стрелкова, А.Н. Устройство повышения качества изображения при фиброэзофагогастроуденоскопии /А.Н. Стрелкова, М.И.Труфанов, А.А.Степченко// Материалы докладов всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР - 2007». Часть 4. Томск: Изд-во «В-Спектр», 2007. - С. 26 -27.

12. Стрелкова, А.Н. Параграф 2.2.3. Калибровка тангенциальной дисторсии/ В.С. Титов, С.С. Тевс, М.И. Труфанов//Монография «Оптико-электронные системы распознавания и анализа трехмерных динамических объектов». Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2008. – 142с. – С. 39-41.

13. Устройство повышения качества изображения видеодатчика при эндоскопии /А.Н.Стрелкова, М.И.Труфанов, В.С.Титов, А.А.Степченко// Матер. междунар. симпозиума «Новые информационные технологии и менеджмент качества». Турция, 2008. - С. 277-278.

14. Адаптивные системы технического зрения: Монография/ под ред. В.Н. Гридина, В.С. Титова, М.И. Труфанова; Центр информационных технологий в проектировании РАН. ISBN 978-5-02-025391-9. М.: Наука, 2009. - 441с.: ил. (раздел 3.3. Повышение резкости изображения посредством коррекции сферической и коматической аберраций - С. 120-128; 7.2.3. Адаптивное цифровое устройство повышения качества изображений при эндоскопии – С. 160-168.)

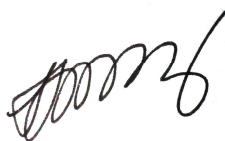
15. Стрелкова, А.Н. Цифровая обработка изображений при эндоскопии /А.Н. Стрелкова // Сб. науч. тр. конф. «ОИ-2009». Т.2. - 2009. - С.384-386.

16. Стрелкова, А.Н. Адаптивное устройство повышения качества изображений при эндоскопии /А.Н. Стрелкова, М.И.Труфанов, А.А.Степченко// Тр. междунар. науч.-техн. конф. «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2008-2009». - М.: Радиотехника, 2009. С. 269 - 271.

17. Адаптивная обработка изображений при эндоскопии /А.Н. Стрелкова, О.Б. Лоран, Е.И. Велиев, М.И. Труфанов// Тр. междунар. науч.-техн. конф. «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2009-2010».— М.:Учреждение Российской академии наук Центр информационных технологий в проектировании РАН, 2010. – С. 174 – 177.

18. Стрелкова, А.Н. Спектральный анализ эндоскопических изображений / А.Н. Стрелкова// Сб. матер. 9-й Междунар. конф. «Распознавание-2010». Курск, 2010. - С. 71 - 73.

Соискатель



Стрелкова А.Н.

ИД №06430 от 10.12.01

Подписано к печати 16.06.2011. Формат 60x84 1/16.

Печатных листов 1,1. Тираж 100 экз. Заказ 57.

Юго-Западный государственный университет.

Издательско-полиграфический центр

Юго-Западного государственного университета.

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