

Самарская научная школа компьютерной обработки изображений

С.Ю. Желтов¹

¹Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ГосНИИАС), Викторенко 7, Москва, Россия, 125167

Аннотация. В статье кратко рассказывается о создании и развитии самарской научной школы компьютерной обработки изображений. Приводятся примеры полученных фундаментальных результатов и решенных прикладных задач. Перечисляются и анализируются наиболее значимые публикации научной школы.

1. Введение

С середины 70-х годов прошлого века в Куйбышевском авиационном институте (КуАИ) группа молодых ученых, преподавателей и аспирантов, руководимая доцентом Виктором Александровичем Сойфером, начала активно развивать экзотическое по тем временам научное направление - компьютерную обработку изображений.

Следует отметить, что научные интересы В.А.Сойфера по многом были предопределены и сформированы его великолепным радиотехническим образованием, полученным здесь же, в КуАИ, и закрепленным в аспирантуре под руководством выдающегося ученого Даниила Давидовича Кловского. Радиотехника как синтетическая наука требует, с одной стороны, глубокого понимания физики процессов передачи информации, а с другой стороны – фундаментальной математической подготовки для формального описания и оптимизации этих процессов. Непрерывные физические модели электромагнитных колебаний и волн, а также сред, через которые распространяются радиосигналы, сочетаются в ней с дискретным (цифровым) характером передаваемых сообщений, которые требуют отдельного, специфического подхода к их изучению.

Начав свою научную деятельность с чисто связной задачи - моделирования многолучевого канала передачи дискретной информации (этот этап исследований увенчался кандидатской диссертацией и монографией [1]), В.А.Сойфер быстро и естественно переключил свое внимание на изучение многомерных сигналов: параметрических полей и изображений [2]. При этом уже в докторской диссертации ««Восстановление параметров полей в системах автоматизации экспериментальных исследований: синтез алгоритмов и проектирование пространственных фильтров», защищенной в 1979 году, отчетливо проявилась уникальная «бимодальность» его научных интересов. Решение проблемы синтеза пространственных фильтров, преобразующих реальные физические объекты - электромагнитные поля оптического диапазона длин волн, привело к формированию нового научного направления,

позже получившего название компьютерной оптики. Те же поля, будучи оцифрованными и обрабатываемыми средствами вычислительной техники, привели к необходимости применения для них новых математических методов и вычислительных алгоритмов, к развитию научного направления компьютерной обработки изображений.

Достижениям академика В.А. Соифера в области компьютерной оптики посвящены другие статьи настоящего сборника. Ниже остановимся на основных результатах деятельности - и его лично, и созданного им научного коллектива - в области компьютерной обработки изображений.

2. Научные задачи обработки изображений и методы их решения

Как известно, компьютерная обработка изображений характеризуется чрезвычайным разнообразием как постановок фундаментальных научных задач и методов их решения, так и форм практического применения получаемых результатов. Кратко опишем некоторые задачи, которые в разное время успешно решались коллективом самарской научной школы.

Исторически первым направлением обработки изображений, разрабатываемым научной группой В.А.Соифера, была автоматизация оптических исследований. Главным образом, решались задачи восстановления двумерных полей, получаемых в условиях линейных динамических искажений и случайного шума, при проведении различных голографических экспериментов [3]. В частности, был предложен и исследован класс вычислительно эффективных спектрально-рекуррентных алгоритмов восстановления [3-5]. Параллельно начала разрабатываться актуальная проблематика сжатия (компрессии) изображений, т.е. их кодирования с целью уменьшения объема данных, передаваемых по каналам связи или хранимых в памяти компьютеров [6-9]. Этот этап научной деятельности подытожила в 1982 году монография [10], но исследования и прикладные разработки по указанным направлениям развивались и в дальнейших работах коллектива.

Так, после некоторой паузы получила бурное продолжение тематика компрессии изображений. Был предложен новый класс методов иерархической сеточной интерполяции (ИСИ), ориентированных, в первую очередь, на применение в перспективных космических системах дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [11-12]. Исследование методов ИСИ продемонстрировало их уникальные свойства: простоту программной и аппаратной реализации, высокий коэффициент сжатия при гарантированной точности восстановления каждого пиксела изображений, возможность стабилизации скорости формирования выходных данных в бортовых системах компрессии реального времени, встроенные средства помехозащитности данных [12-14]. Информационная технология ИСИ была также успешно применена при создании банков данных космических снимков [15] и компрессии картографических данных в геоинформационных системах [16], а позже - для гиперспектральных данных ДЗЗ [17-19]. Впрочем, для гиперспектральных изображений разрабатывались и методы другого класса - кодирования с трехмерным преобразованием, также показавшие свою высокую эффективность [20, 21]. А универсальное решение проблемы сохранения точности изображений, оцениваемой по критерию максимальной погрешности пикселей, было найдено в виде процедуры дополнительной обработки, легко дополняющей любой метод компрессии [22, 23].

Сугубо прикладная задача компьютерной обработки результатов интерферометрических измерений [24] инспирировала большой цикл теоретических исследований по представлению изображений в виде так называемого «поля направлений» [25-28]. Такое представление устраняет структурную избыточность многих типов изображений, состоящих из большого числа тонких повторяющихся линий - квазипериодических областей, сокращает объем данных (обеспечивает эффект компрессии, см. выше) и существенно повышает качество интерпретации и распознавания изображенных объектов. Метод поля направлений оказался чрезвычайно полезным не только для обработки интерферограмм технических объектов [29-31], но и для анализа дактилоскопических изображений, актуального для криминалистики и систем управления доступом [32-33], для классификации кристаллографических препаратов жидкостей, используемой в медицинской диагностике [34-36], и для исследования

разнообразных древовидных (ветвящихся) структур на изображениях [37-38]. Позже «кристаллографическая» ветвь этих исследований получила самостоятельное развитие в направлении анализа и распознавания наномасштабных изображений, получаемых средствами электронной микроскопии [39], был предложен ряд вычислительных методов анализа текстур и распознавания типа наблюдаемых кристаллических решёток [40-42], а также реконструкции и сравнения структур кристаллов в трехмерном пространстве [43-45].

Компьютерная обработка изображений практически всегда требует привлечения значительных вычислительных ресурсов, что обусловлено как большим объемом данных, так и высокой сложностью обрабатываемых алгоритмов. Вполне логично, что многие исследования самарской научной школы были направлены на снижение вычислительной (алгоритмической) сложности методов обработки. Для типовых операций спектрального анализа цифровых сигналов был предложен новый алгебро-арифметический подход, основанный на представлении преобразуемых данных элементами специально подобранных алгебраических структур. Разработки начались с алгоритмов одномерного и многомерного быстрого преобразования Фурье (БПФ), обладающих радикально уменьшенной вычислительной сложностью [46-51], но быстро распространились на дискретные ортогональные преобразования (ДОП) довольно общего вида [52-55]. Кроме спектрального анализа, наиболее востребованным применением разработанных «сверхбыстрых» алгоритмов является вычисление свертки, в частности, линейная фильтрация одномерных и многомерных цифровых последовательностей [56-58]. Предложенный подход оказался весьма продуктивным и во многих других, более узких применениях: при синтезе алгоритмов коротких дискретных косинусных преобразований для компрессии изображений [59, 60], в генераторах многомерных псевдослучайных последовательностей [61], для кодирования изображений с помощью псевдоголографических разверток [62], для обобщенного вейвлет-анализа изображений [63, 64]. Основные фундаментальные результаты, полученные по этому направлению исследований, были обобщены в монографии 2007 года [65], но с тех пор предложено много нового: улучшенные алгоритмы гиперкомплексного, в частности, кватернионного БПФ [66, 67], многомерные ДОП, определенные на фрактальных (самоподобных) областях [68, 69], новые системы счисления, обеспечивающие разносторонние преимущества перед традиционными, ныне применяемыми в машинной арифметике [70-74] и т.д.

Коллективом разрабатывались и иные подходы к снижению алгоритмической сложности операций обработки изображений. Известно, что часто такие операции сводятся к линейной фильтрации в режиме «скользящего окна», то есть к свертке двумерной последовательности пикселей с конечной импульсной характеристикой линейной преобразующей системы (КИХ-фильтра) [28]. При больших размерах окон вычисление свертки оказывается неприемлемо трудоемким, даже если использовать сверхбыстрые алгоритмы ДОП, упомянутые выше. Для подобных ситуаций исследована возможность синтеза и применения семейства параллельно-рекурсивных КИХ-фильтров [34, 75-77]. Импульсная характеристика таких фильтров строится как взвешенная сумма небольшого числа базисных функций - импульсных характеристик параллельных КИХ-фильтров, каждый из которых реализуется в виде простого разностного уравнения. При этом исчезает зависимость сложности обработки от размеров скользящего окна, хотя, с другой стороны, сама операция свертки выполняется приближенно: получаемая характеристика фильтра может не совпадать с требуемой, а лишь аппроксимировать ее с некоторой точностью. Синтез параллельно-рекурсивного фильтра включает в себя два основных шага: выбор базисных функций и расчет коэффициентов суммирования. Что касается второго шага, для него предложен универсальный метод расчета, обеспечивающий решение различных задач линейной фильтрации изображений с высоким (почти предельно достижимым) качеством [78, 79]. Для выбора вида базисных функций существует широкое поле возможностей [28, 75, 80]. Новым и наиболее перспективным здесь оказалось большое семейство двумерных полиномиальных функций: разделимых и неразделимых по аргументам, четных и нечетных, обладающих минимальной вычислительной сложностью или иными свойствами, полезными для конкретных задач локальной обработки изображений [81-84]. В число таких задач вошло не только собственно вычисление двумерных сверток при фильтрации

шумов или моделировании систем регистрации изображений [85-87], но и аппроксимация функции яркости в скользящем окне, выполняемая, в частности, для построения поля направлений (см. выше) [88, 89], формирование признаков изображения при распознавании локальных объектов [90-92] и многое другое.

Позже была предпринята удачная попытка объединить оба подхода к реализации локальной линейной обработки изображений: свертки, основанные на БПФ и ДОП, и параллельно-рекурсивную фильтрацию, разработана методология синтеза эффективных алгоритмов, обеспечивающих минимально достижимую сложность обработки [93-96].

Идея распараллеливания локальной обработки изображений, описанная выше, получила развитие в авторском методе «обработки через распознавание» [97-98]. Было предложено «применить к обработке изображений универсальную методологию распознавания, то есть свести синтез обрабатываемого алгоритма к построению решающего правила, а саму задачу обработки — к «узнаванию» результата во входных данных» [28]. Метод основан на обучении, т.е. настройке процедуры обработки по прецедентам – предъявляемым согласованным парам входных и выходных изображений. На сегодняшний день такой подход выглядит тривиальным, поскольку воплощен в большинстве широко распространенных нейросетевых алгоритмов, однако четверть века назад он являлся вполне пионерским. Из признаков, характеризующих изображение в пределах скользящего окна, формируется вектор, который далее поступает в процедуру классификации (аппроксимации) каждого выходного пиксела изображения, соответствующего центру окна. В рассмотренных выше параллельно-рекурсивных КИХ-фильтрах использовались линейные признаки, рекурсивно вычисляемые через свертки, а затем выполнялось их взвешенное суммирование, т.е. строилась линейная регрессия выходного пиксела от вектора признаков. Очевидно, что в такую обработку может быть легко введена нелинейность, продиктованная конкретной решаемой задачей. Например, вместо линейных полиномиальных признаков могут быть взяты вычисленные по ним параметры формы или моментные инварианты функции яркости в окне [28, 89, 91]. Но даже если по-прежнему использовать линейные признаки, эффективность обработки может быть существенно повышена за счет их нелинейного комбинирования в процедурах классификации или аппроксимации. Это убедительно продемонстрировано на примерах решения многих задач обработки изображений: фильтрации и восстановления, распознавания двумерных объектов и др. [28, 97-99].

Для нелинейного комбинирования признаков авторы метода «обработки через распознавание» с самого начала предложили использовать простую схему иерархической аппроксимации [97-98]. Метрическое пространство, в которое вкладываются векторы признаков, представляются в виде многомерного гиперкуба. В процессе настройки (обучения) метода гиперкуб разбивается по осям, т.е. порождает древовидную структуру данных. В каждой из областей, полученных в результате разбиения, выполняется обычная линейная аппроксимация функции решений, например, методом наименьших квадратов. Области с приемлемой ошибкой аппроксимации считаются терминальными вершинами дерева. Области, в которых ошибка велика, разбиваются дальше. Обучение завершается либо при достижении заданной точности аппроксимации, либо при исчерпании ресурсов памяти компьютера, либо по какому-то иному правилу [100-102]. Экспериментально установлено, что во многих случаях многомерная иерархическая аппроксимация обладает явными преимуществами перед нейросетевыми методами, которые обычно используются для построения нелинейных регрессионных функций решений. При равном объеме обучающего материала она намного быстрее настраивается, а также обладает низкой вычислительной сложностью и обеспечивает лучшее качество обработки изображений [103-104]. Интересно, что в недавних работах коллектива инструментарий иерархической аппроксимации получил самостоятельное развитие. Он был успешно применен для табличного представления сложно вычисляемых функций многих переменных, конкретно, моментных инвариантов [105, 106], для построения многомерных гистограмм совместного распределения пикселей мультиспектральных изображений [107, 108], в алгоритмах кластеризации и управляемой классификации многокомпонентных пикселей [109-111].

Отдельное направление исследований коллектива самарской научной школы связано с проблематикой идентификации моделей изображений и/или их искажений, сопровождающих процесс регистрации. Задачи, близкие по постановке, возникают и при определении параметров адаптивных алгоритмов восстановления искаженных изображений. Общая специфика этих задач состоит в том, что идентификация (оценка параметров) практически всегда выполняется в условиях ограниченного объема исходных данных (наблюдений), что обусловлено и трудностью получения изображений, и их пространственной неоднородностью, и меняющимся характером искажений, как случайных, так и детерминированных. Решение задач идентификации обычно ищется в рамках классической теории статистического оценивания, однако при малом числе наблюдений оно оказывается необоснованным и ненадежным. Предлагаемый альтернативный метод базируется на так называемом принципе согласованности оценок [28, 112-113]. Идея метода состоит в выборе среди наблюдений наиболее информативного (неискаженного, свободного от шума) подмножества, обеспечивающего получение наиболее точных оценок параметров идентифицируемой системы. Введенный авторами критерий относительной согласованности оценок позволяет формировать это подмножество при отсутствии априорной информации об условиях получения исходных данных для идентификации. Предложенный метод нашел широкое применение в практике обработки и анализа изображений. Он был успешно использован для определения параметров и автокалибровки оптических искажающих систем [114, 115], идентификации линейных систем формирования изображений, в том числе с переменными параметрами [116-118], идентификации моделей цветовоспроизведения [119-120], выявления и коррекции теней и бликов на цветных изображениях [121-122], оценки геометрического рассогласования изображений [124-126] и реконструкции трехмерных сцен по разноразмерным снимкам [127-129], формирования эффективных наборов признаков [130-132] для распознавания лиц [133, 134], гиперспектральных снимков [135, 136], объектов на радиолокационных изображениях [137-139] и т.д.

3. Прикладные научно-технические разработки

Направления исследований, кратко рассмотренные выше, можно отнести к фундаментальным. Каждое из них развивается на собственной концептуальной и методологической базе, а полученные результаты имеют, в первую очередь, общетеоретическое значение. Если же говорить о прикладных научных разработках, то необходимо отметить, что решение любой нетривиальной практической задачи компьютерной обработки изображений требует умелого сочетания всего арсенала доступных методов и инструментальных средств, не только созданных коллективом, но и предоставляемых современным уровнем развития данной предметной области. Поэтому все прикладные научные проекты самарской научной школы, как завершённые, так и продолжающиеся, выполняются с привлечением самых разных подходов, методов и алгоритмов, которые выстраиваются в многозвенные информационные технологии. Как правило, такие проекты начинаются с теоретических проработок, а завершаются созданием специализированных программных или программно-аппаратных комплексов. В этой связи прикладные научно-технические разработки коллектива невозможно кратко охарактеризовать на уровне единой методологии, можно лишь назвать их основные направления, а внутри них – в качестве примеров перечислить конкретные решённые задачи.

Обработка изображений в задачах дистанционного зондирования Земли. Разработаны методы, информационные технологии и программные средства компьютерного моделирования сквозного видеоинформационного канала перспективных космических систем ДЗЗ [140-143]. Решена проблема бортовой и наземной компрессии цифровых изображений ДЗЗ, разработаны прототипы программных систем и макеты бортовых устройств компрессии [11-15, 17-21]. Разработаны эффективные методы и программное обеспечение предварительной обработки космических изображений после их получения наземным комплексом приема информации: фильтрации и восстановления (с идентификацией искажений), распознавания объектов, геометрической трансформации (совмещения и картографической привязки) и т.п. [75-87, 90-92, 97-99, 116-118, 124-126, 144-149]. Разработана методика и программные средства оценки

качества (разрешающей способности) цифровых изображений ДЗЗ [118, 150]. Решена задача повышения детальности получаемых изображений с помощью адаптивной нелинейной интерполяции, сверхразрешающего восстановления, комбинирования снимков, полученных из разных источников, а также расщепления гиперспектральных пикселей, основанного на модели линейной спектральной смеси [151-156]. Предложены, программно реализованы и исследованы вычислительно эффективные информационные технологии классификации пикселей и сегментации мульти- и гиперспектральных изображений [109-111, 135, 157-164]. Разработаны информационные технологии автоматического или автоматизированного преобразования растровых изображений ДЗЗ в векторные цифровые карты геоинформационных систем (ГИС), а также методы совместного анализа изображений и векторных данных, открывающие новые возможности получения высокоточной информации о зондируемых территориях [165-169]. Создан и введен в эксплуатацию ряд автоматизированных систем: ГИС регионального, муниципального или отраслевого уровня, активно работающих с космической информацией, а также регулярно пополняемый банк космических снимков Самарской области [167, 171]. С их помощью решается широкий спектр задач тематической (в интересах конкретных групп потребителей) обработки изображений ДЗЗ: оценки ареалов растительности и мониторинга природных экосистем [172-175], распознавания и мониторинга сельскохозяйственных культур (в рамках ГИС агропромышленного комплекса Самарской области) [176-178], выявления антропогенных изменений территории, в частности, анализа городских агломераций [179, 180] и др. Многие из перечисленных выше результатов нашли свое отражение в монографии [181].

Обработка изображений в биомедицинских исследованиях. Разработаны методы и информационные технологии распознавания и статистической обработки ансамблей микрочастиц для автоматического анализа изображений препаратов крови [182-186]. Создано алгоритмическое и программное обеспечение для пространственного восстановления и визуализации сосудистой системы, в частности, коронарных артерий по набору ангиографических проекций сердца [187-190]. Разработан комплекс математических методов, алгоритмов, создана экспертная компьютерная система ранней диагностики глазных заболеваний и сахарного диабета по изображениям глазного дна [191-195], в своей последней версии система также позволяет планировать некоторые офтальмологические операции на сетчатке [196, 197]. Создана экспертная компьютерная система анализа диагностических кристаллограмм слезной и других биологических жидкостей [34-36, 198]. Разработаны методы и программные средства обработки и анализа скинтиграфических, рентгенографических, томографических изображений легких, почек, кровеносных сосудов и других внутренних органов человека [199-205]. Решены также задачи компьютерного анализа изображений в травматологии (при локализации и определения геометрических характеристик выявления внутриглазных и внутричерепных инородных тел) [206, 207], диагностике остеопороза [208, 209] и многих других важных биомедицинских приложениях [210-212]. Описанию большинства из перечисленных разработок посвящена монография [213].

Защита и верификация визуальной информации. Разработан и продолжает совершенствоваться комплекс методов, информационных технологий и программных средств обеспечения безопасности (сохранности) и проверки подлинности цифровых изображений и других видов визуальной информации: видеопотоков, цифровых карт, схем и т.д. Актуальность подобных разработок обусловлена интенсивной цифровизацией всех сфер человеческой деятельности, развитием интеллектуальной мобильной связи (смартфонов), открытых систем передачи данных, электронных средств массовой информации, социальных сетей и т.п., что повышает уязвимость цифровых видеоданных перед действиями злоумышленников. Основным инструментом, применяемым для обеспечения безопасности изображений и других видеоданных, является внедрение в них дополнительной защитной информации – цифровых водяных знаков (ЦВЗ), незаметных для пользователя [214]. Для защиты изображений от несанкционированных изменений, т.е. их аутентификации (подтверждения подлинности), разработаны методы встраивания и извлечения так называемых хрупких (или полухрупких) ЦВЗ, полностью (или частично) разрушающихся при любом несанкционированном вмешательстве в данные [215-217]. Для защиты изображений от несанкционированного

копирования и подтверждения авторских прав на данные разработаны методы встраивания/извлечения стойких ЦВЗ, устойчивых к большинству стандартных преобразований видеоданных (яркостных, геометрических, компрессии и т.д.) [216-223]. Специальные стойкие ЦВЗ и средства работы с ними разработаны для защиты авторских прав на векторные данные ГИС (цифровые карты) [224-226]. Отдельной задачей является извлечение идентифицирующей информации из сканированных полиграфических документов, имеющих защитную текстуру (свидетельств, билетов, виз и т.п.), для ее решения также предложены эффективные методы и созданы программные средства [227-229]. Для ситуаций, в которых отсутствует возможность встраивания ЦВЗ в данные, разработаны методы и информационные технологии «пассивной» защиты, решающие проблему верификации визуальной информации с помощью автоматического выявления фальсификаций: ретуширования, встраивания новых или копирование существующих объектов, геометрических деформаций и т.д. [230-235]. Созданы также средства сопоставления изображений с доступной априорной информацией: метаданными снимков, несоответствием декларируемых и фактических условий съемки и т.п., они особенно важны для верификации дорогостоящих изображений космического ДЗЗ [236-238].

Инструментальные средства исследований. Проведение огромного объема научных исследований и разработок было бы невозможно без соответствующего компьютерного инструментария. За время развития научной школы было создано большое число исследовательских программных комплексов и автоматизированных систем. По мере смены поколений вычислительной техники были созданы: пакет прикладных программ обработки изображений и цифровой голографии для ЕС ЭВМ [10], автоматизированная система моделирования и обработки изображений для СМ ЭВМ [239], первая программная система обработки изображений для персональной ЭВМ IBM PC/286 [240] и ее более продвинутые аналоги для многозадачных операционных систем [241, 242]. Несколько позже была создана инструментальная программная система обработки изображений под управлением ОС Windows, которая, претерпев многократные усовершенствования, до сих пор используется коллективом в научных проектах и учебном процессе Самарского университета [243-245]. Была предпринята попытка создания и универсальной аппаратной платформы обработки изображений [246], которая, к сожалению, тогда (в начале 90-х годов) не получила продолжения по социально-экономическим причинам. Тем не менее, совершенствование средств регистрации и, как следствие, рост форматов цифровых изображений, увеличение объема и темпа получения регистрируемых видеоданных, усложнение задач их обработки, с одной стороны, и развитие финансовых возможностей и интеллектуальных ресурсов коллектива, с другой стороны, со временем заставили вернуться к использованию специализированных вычислительных комплексов повышенной производительности. Применительно к цифровым изображениям стали интенсивно прорабатываться вопросы применения кластерных технологий, распределенного хранения и обработки, параллельного программирования и т.д. [247-252]. Начались исследования возможности применения в этой предметной области новейших информационных технологий «big data» [253-254]. Имеющийся научный задел был эффективно использован при создании систем технического зрения для различных промышленных заказчиков [255-267] – нефтеналивных, космических, сельскохозяйственных предприятий и автопроизводителей.

4. Достижения научной школы

Хотелось бы количественно охарактеризовать достижения самарской научной школы в области компьютерной обработки изображений, но это невозможно без трудоемкой обработки большого статистического материала. Можно лишь отметить, что на месте небольшой научной группы, возникшей в недрах нестоличного вуза, в данном направлении исследований сейчас активно работают три больших кафедры (технической кибернетики, геоинформатики и информационной безопасности, суперкомпьютеров и общей информатики) Самарского университета, две научных лаборатории (математических методов обработки изображений, интеллектуального анализа видеоданных) Института систем обработки изображений РАН –

филиала Федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук, несколько малых инновационных предприятий. Выполнено огромное число фундаментальных научных проектов и прикладных разработок – по грантам государственных научно-технических программ, различных научных фондов, прямым заказам промышленных предприятий и организаций. Опубликовано несколько тысяч научных статей в высокорейтинговых журналах и трудах представительных международных конференций (прилагаемый список литературы включает лишь небольшую их часть). Защищены несколько десятков диссертаций на соискание ученых степеней в областях физико-математических и технических наук. Ниже перечисляются только докторские диссертации:

1. Восстановление параметров полей в системах автоматизации экспериментальных исследований: синтез алгоритмов и проектирование пространственных фильтров (В.А. Сойфер, 1981 г.).
2. Методы цифрового моделирования оптико-электронных систем дистанционного формирования и обработки изображений (В.В. Сергеев, 1993 г.).
3. Арифметические методы синтеза быстрых алгоритмов дискретных преобразований (В.М. Чернов, 1999 г.).
4. Идентификация систем формирования изображений по малому числу наблюдений (В.А. Фурсов, 1999 г.).
5. Метод поля направлений в анализе и интерпретации диагностических изображений (А.Г. Храмов, 2006 г.).
6. Методы эффективной декомпозиции вычислительных процедур линейной локальной фильтрации изображений (В.В. Мясников, 2007 г.).
7. Моделирование и формирование структуры распределенных систем обработки крупноформатных изображений на основе динамической организации данных (С.Б. Попов, 2010 г.).
8. Математическое моделирование, методы и программные средства текстурного анализа изображений кристаллических структур (А.В. Куприянов, 2013 г.).
9. Системы компьютерного анализа диагностических изображений кровеносных сосудов (Н.Ю. Ильясова 2014 г.).
10. Теоретические основы восстановления цветных и мультиспектральных изображений на основе идентификации модели дихроматического отражения (А.В. Никоноров, 2015 г.).

Эти успехи стали возможны благодаря созданию в 1985 году в рамках программ подготовки инженеров-математиков специализации «Обработка изображений» и тесной интеграции между университетом и академическим институтом [268]. Необходимые знания и участие в работе академического института обеспечивают эффективное проектное обучение лучших студентов и наличие хорошего задела у выпускников при поступлении в аспирантуру. Наличие аспирантуры и трех диссертационных советов, возглавляемых академиком РАН В.А. Сойфером, дает удобную возможность роста и подтверждения научной квалификации. Большой вклад научная школа вносит в развитие журнала «Компьютерная оптика» - не только на уровне высококачественного менеджмента при организации работы редакционной коллегии [269], но и вкладом квалифицированных авторов и рецензентов. Это обеспечило высокое позиционирование журнала – включение во второй квартиль Скопус и входение в Web of Science Core Collection [270].

5. Заключение

Высокий кадровый потенциал и постоянный приток квалифицированных молодых ученых позволили коллективу получить фундаментальные научные результаты и решить широкий перечень прикладных задач. Остается пожелать самарской научной школе в области компьютерной обработки изображений, созданной и возглавляемой академиком Виктором Александровичем Сойфером, новых ярких научных достижений и дальнейшего процветания.

6. Благодарность

Выражаю благодарность профессору В.В. Сергееву за предоставленные материалы и консультации по деталям данного обзора.

7. Литература

- [1] Кловский, Д.Д. Обработка пространственно-временных сигналов (в каналах передачи информации) / Д.Д. Кловский, В.А. Сойфер – М.: Связь, 1976. – 207 с.
- [2] Сойфер, В.А. Алгоритм обработки полей, использующий линейные оценки канала / В.А. Сойфер // Проблемы передачи информации. – 1975. – Т. 11, № 3. – С. 98-100.
- [3] Сойфер, В.А. Алгоритм восстановления данных голографического эксперимента / В.А. Сойфер // Автометрия. – 1978. – № 3. – С. 16-24.
- [4] Водзинский, А.И. Исследование пространственных ансамблей частиц с применением метода цифровой голографии / А.И. Водзинский, В.А. Сойфер, А.Г. Храмов // Материалы Девятой Всесоюзной школы по голографии – Л., 1977. – С. 187-198.
- [5] Сойфер, В.А. Алгоритмы восстановления полей, допускающие простую реализацию на ЭВМ / В.А. Сойфер, А.Г. Храмов // Материалы XI Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований: Методы и средства автоматизации научных исследований – Минск: ИТК АН БССР, 1978. – С. 29-33.
- [6] Виттих, В.А. Сжатие данных при экспериментальных исследованиях физических полей / В.А. Виттих, В.А. Сойфер, А.А. Ямович // Автоматика и вычислительная техника. – 1972. – № 6. – С. 61-66.
- [7] Виттих, В.А. Метод сжатия изображений с предсказанием и адаптивной дискретизацией / В.А. Виттих, В.В. Сергеев // Известия вузов. Приборостроение. – 1976. – № 12. – С. 15-18.
- [8] Сергеев, В.В. Метод сжатия видеоданных с использованием критерия равномерного приближения // Вопросы кибернетики. Вып. 42. Кодирование и передача информации в вычислительных сетях – М.: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, 1978. – С.146-149.
- [9] Сергеев, В.В. Имитационная модель изображения и метод сжатия данных / В.В. Сергеев, В.А. Сойфер // Автоматика и вычислительная техника. – 1978. – № 3. – С. 76-78.
- [10] Виттих, В.А. Обработка изображений в автоматизированных системах научных исследований / В.А. Виттих, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер – М.: Наука, 1982. – 214 с.
- [11] Гашников, М.В. Информационная технология компрессии изображений в системах оперативного дистанционного зондирования / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, В.В. Сергеев // Известия Самарского научного центра РАН. – 1999. – Т. 1, № 1. – С. 99-107.
- [12] Гашников, М.В. Метод иерархической компрессии космических изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, В.В. Сергеев // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 3. – С. 147-161.
- [13] Глумов, Н.И. Комплексный подход при выборе алгоритмов сжатия и помехоустойчивого кодирования для передачи цифровых изображений по каналам связи / Н.И. Глумов // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 105-108.
- [14] Гашников, М.В. Контроль степени сжатия при иерархической компрессии изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 110-112.
- [15] Gashnikov, M.V. Preparing a Common Raster Coverage for a Territory Based on Hierarchical Compressed Presentation of Orthoimages / M.V. Gashnikov, N.I. Glumov, A.V. Chernov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2009. – Vol. 19(1). – P. 39-42.
- [16] Баврина, А.Ю. Метод иерархической компрессии картографических изображений / А.Ю. Баврина, Н.И. Глумов, В.В. Сергеев, Е.И. Тимбай // Автометрия. – 2006. – № 5. – С. 35-44.
- [17] Gashnikov, M.V. Hierarchical GRID Interpolation under Hyperspectral Images Compression / M.V. Gashnikov, N.I. Glumov // Optical Memory and Neural Networks. – 2014. – Vol. 23(4). – P. 246-253.

- [18] Гашников, М.В. Иерархическая компрессия в задаче хранения гиперспектральных изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 482-488.
- [19] Гашников, М.В. Бортовая обработка гиперспектральных данных в системах дистанционного зондирования земли на основе иерархической компрессии / М.В. Гашников, Н.И. Глумов // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 4. – С. 543-551. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-4-543-551.
- [20] Chicheva, M.A. Hyperspectral data compression based on a transform coding method / M.A. Chicheva, R.R. Yuzkiv // Computer Optics. – 2014. – Vol. 38(4). – P. 798-803.
- [21] Yuzkiv, R. Transform-based coding method for remote sensing hyperspectral data compression / R. Yuzkiv, V. Sergeev // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 201. – P. 249-257.
- [22] Сергеев, В.В. Метод контроля максимальной ошибки компрессии / В.В. Сергеев, Е.И. Тимбай // Компьютерная оптика. – 2007. – Т. 31, № 3. – С. 83-85.
- [23] Sergeev, V.V. Universal method for controlling maximum errors in image compression / V.V. Sergeev, E.I. Timbay // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2008. – Vol. 18(4). – P. 691-693.
- [24] Elenevsky, D.S. Holographic-Interferometry Methods Employed for Vibration Strength Testing of Aviation-Engine Workpieces / D.S. Elenevsky, N.I. Krainyukov, Yu.N. Shaposhnikov, A.G. Khramov // Optics and Lasers in Engineering. – 1991. – Vol. 15(5). – P. 357-368.
- [25] Soifer, V.A. The Method of the Directional Field in the Interpretation and Recognition of Images with Structure Redundancy / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, S.N. Khonina, A.G. Khramov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1996. – Vol. 6(4). – P. 710-724.
- [26] Soifer, V.A. Image recognition using a directions field technique / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, S.N. Khonina, A.G. Khramov, R.V. Skidanov // Proceedings of SPIE. – 1997. – Vol. 3346. – P. 238-258. DOI: 10.1117/12.301374.
- [27] Ильясова, Н.Ю. Численные методы и алгоритмы построения полей направлений квазипериодических структур / Н.Ю. Ильясова, А.В. Устинов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 1998. – Т. 18. – С. 150-164.
- [28] Гашников, М.В. Методы компьютерной обработки изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Н.Ю. Ильясова, В.В. Мясников, С.Б. Попов, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер, А.Г. Храмов, А.В. Чернов, В.М. Чернов, М.А. Чичева, В.А. Фурсов – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
- [29] Крайнюков, Н.И. Алгоритмы восстановления поля вибросмещений по данным голографической интерферометрии турбинных лопаток методом усреднения во времени / Н.И. Крайнюков, В.А. Сойфер, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 1992. – Т. 10-11. – С. 159-168.
- [30] Быстров, Н.Д. Компьютерная обработка визуализированных течений в двигателях внутреннего сгорания / Н.Д. Быстров, Н.Ю. Ильясова, Л.Н. Мединская, А.В. Устинов // Компьютерная оптика. – 1995. – Т. 14-15, № 1. – С. 69-78.
- [31] Khramov, A.G. A digital algorithm for reconstructing fringe connectivity in the interferograms of vibrating objects / A.G. Khramov, V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev // Proceedings of SPIE. – 2003. – Vol. 5067. – P. 154-161.
- [32] Kotlyar, V.V. Optical/digital system for fingerprint recognition / V.V. Kotlyar, V.A. Soifer, S.N. Khonina, R.V. Skidanov // Proc. SPIE. – 1996. – Vol. 2778(PART 1). – P.493-494.
- [33] Soifer, V.A. Optical-digital methods of fingerprint identification / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, S.N. Khonina, R.V. Skidanov // Optics and Lasers in Engineering. – 1998. – Vol. 29(4-5). – P. 351-359.
- [34] Дворянова, Т.П. Компьютерная система анализа диагностических кристаллограмм / Т.П. Дворянова, Н.Ю. Ильясова, А.В. Устинов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 1996. – Т. 16. – С. 90-96.
- [35] Ильясова, Н.Ю. Классификация кристаллограмм с использованием методов статистического анализа текстурных изображений / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2000. – Т. 20. – С. 122-127.

- [36] Соифер, В.А. Компьютерная обработка изображений / В.А. Соифер // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, № 2. – С. 119-129.
- [37] Ильясова, Н.Ю. Восстановление связности линий на бинарных изображениях древовидных структур / Н.Ю. Ильясова, А.А. Ковалев, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2002. – Т. 23. – С. 58-61.
- [38] Soifer, V.A. Fuzzy Direction Field Method for Fringe and Tree-like Patterns Analysis / V.A. Soifer, A.G. Khramov, A.O. Korepanov // Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). – 2004. – Vol. 2. – P. 779-782.
- [39] Соифер, В.А. Анализ и распознавание наномасштабных изображений: традиционные подходы и новые постановки задач / В.А. Соифер, А.В. Куприянов // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 2. – С. 136-144.
- [40] Куприянов, А.В. Анализ текстур и определение типа кристаллической решетки на наномасштабных изображениях // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 2. – С. 151-157.
- [41] Куприянов, А.В. О наблюдаемости кристаллических решеток по изображениям их проекций / А.В. Куприянов, В.А. Соифер // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 249-256.
- [42] Солдатова, О.П. Применение нечётких нейронных сетей для определения типа кристаллических решёток, наблюдаемых на наномасштабных изображениях / О.П. Солдатова, И.А. Лёзин, И.В. Лёзина, А.В. Куприянов, Д.В. Кириш // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 787-794. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-787-794.
- [43] Куприянов, А.В. Определение меры схожести кристаллических решёток по координатам их узлов в трёхмерном пространстве / А.В. Куприянов, Д.В. Кириш // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 590-595.
- [44] Kirsh, D.V. Crystal lattice identification by coordinates of their nodes in three dimensional space / D.V. Kirsh, A.V. Kupriyanov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2015. – Vol. 25(3). – P. 456-460.
- [45] Кириш, Д.В. Алгоритм реконструкции трёхмерной структуры кристалла по двумерным проекциям / Д.В. Кириш, А.С. Широканев, А.В. Куприянов // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 324-331. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-324-331.
- [46] Chernov, V.M. Non-Archimedean Normalized Fields and Algorithms for Two-Dimensional Discrete Fourier Transform / V.M. Chernov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1991. – Vol. 1(4). – P. 426-429.
- [47] Chernov, V.M. The FFT algorithms with data representation in algebraic number fields / V.M. Chernov // Automatic Control and Comp. Sci. – 1994. – Vol. 4. – P. 64-69.
- [48] Першина, М.В. О различных схемах декомпозиции двумерного ДПФ с представлением данных в алгебре кватернионов / М.В. Першина, М.А. Чичева // Компьютерная оптика. – 1995. – Т. 14-15, № 2. – С. 13-22.
- [49] Чернов, В.М. Быстрые алгоритмы двумерного дискретного преобразования Фурье с расщеплением основания нецелого порядка / В.М. Чернов // Автометрия. – 1996. – № 1. – С. 40-48.
- [50] Алиев, М.В. Быстрые алгоритмы многомерного ДПФ вещественного сигнала с представлением данных в коммутативно-ассоциативных алгебрах / М.В. Алиев // Компьютерная оптика. – 2002. – Т. 24. – С. 130-135.
- [51] Алиев, М.В. Многомерное гиперкомплексное ДПФ: параллельный подход / М.В. Алиев, М.А. Чичева // Компьютерная оптика. – 2005. – Т. 27. – С. 135-137.
- [52] Chernov, V.M. Arithmetic method in the theory of discrete orthogonal transforms / V.M. Chernov // Proc. SPIE. – 1995. – Vol. 2363. – P. 134-141.
- [53] Чернов, В.М. Алгоритмы дискретных ортогональных преобразований, реализуемые в кодах Гамильтона-Эйзенштейна / В.М. Чернов // Проблемы передачи информации. – 1995. – Т. 31, № 3. – С. 38-46.

- [54] Chernov, V.M. Parametrization of some classes of fast algorithms of discrete orthogonal transforms / V.M. Chernov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 1995. – Vol. 5(2). – P. 238-245.
- [55] Чернов, В.М. Об иерархии групповых алгебр, связанных с параметризацией быстрых алгоритмов дискретных ортогональных преобразований / В.М. Чернов // *Доклады Академии наук*. – 1997. – Т. 357, № 3. – С. 317-319.
- [56] Chernov, V.M. On Accuracy of Calculation of Discrete Cyclic Convolution in Normalized Fields / V.M. Chernov // *Automatic Control and Comp. Sci.* – 1992. – Vol. 1. – P. 53-57.
- [57] Chernov, V. Fast algorithm for "error-free" convolution computation using Mersenne-Lucas codes / V.M. Chernov // *Chaos, Solitons and Fractals*. – 2006. – Vol. 29. – P. 372-380.
- [58] Chernov, V.M. Quasiparallel Algorithm for Error-Free Convolution Computation using Reduced Mersenne–Lucas Codes / V.M. Chernov // *Computer Optics*. – 2015. – Vol. 39(2). – P. 241-248. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-2-241-248.
- [59] Чичева, М.А. Быстрые алгоритмы дискретных косинусных преобразований / М.А. Чичева // *Компьютерная оптика*. – 1996. – Т. 16. – С. 109-114.
- [60] Чичева, М.А. Эффективный алгоритм дискретного косинусного преобразования четной длины / М.А. Чичева // *Компьютерная оптика*. – 1998. – Т. 18. – С. 147-149.
- [61] Калугин, А.Н. Генератор Isfr-cns: аналитическое исследование равномерности распределения / А.Н. Калугин // *Компьютерная оптика*. – 2007. – Т. 31, № 1. – С. 58-62.
- [62] Барнинова, Д.А. Разработка и исследование алгоритмов обработки цифровых изображений, представленных в псевдоголографических кодах / Д.А. Барнинова // *Компьютерная оптика*. – 2005. – Т. 27. – С. 149-154.
- [63] Урывская, Д.А. Псевдоголографические развертки и их приложения к задачам защиты информации / Д.А. Урывская // *Омский научный вестник «Машины, техника и технологии»*. – 2012. – Т. 2, № 110.
- [64] Белов, А.М. Применение канонических систем счисления в задаче построения неразделимых Хааро-подобных вейвлетов / А.М. Белов // *Компьютерная оптика*. – 2005. – Т. 28. – С. 119-123.
- [65] Белов, А.М. Алгоритмы декомпозиции сигнала на основе неразделимых вейвлет-преобразований Хаара / А.М. Белов // *Компьютерная оптика*. – 2007. – Т. 31, № 1. – С. 63-66.
- [66] Чернов, В.М. Арифметические методы синтеза быстрых алгоритмов дискретных ортогональных преобразований / В.М. Чернов. – М.: Физматлит, 2007. – 264 с.
- [67] Aliev, M. Parallel algorithms for a hypercomplex discrete Fourier transform / M. Aliev, A. Belov, A. Yershov, M. Chicheva // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2007. – Vol. 17(1). – P. 1-5.
- [68] Чернов, В.М. Дискретные ортогональные преобразования на фундаментальных областях канонических систем счисления / В.М. Чернов, М.С. Каспарьян // *Компьютерная оптика*. – 2013. – Т. 37, № 4. – С. 484-488.
- [69] Каспарьян, М.С. Фрактальные дискретные косинусные преобразования на предфрактальных областях, ассоциированных с фундаментальными областями канонических систем счисления / М.С. Каспарьян // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 148-153.
- [70] Богданов, П.С. Классификация бинарных квазиканонических систем счисления в мнимых квадратичных полях / П.С. Богданов, В.М. Чернов // *Компьютерная оптика*. – 2013. – Т. 37, № 3. – С. 391-400.
- [71] Богданов, П.С. Классификация тернарных квазиканонических систем счисления в мнимых квадратичных полях и их приложение / П.С. Богданов, В.М. Чернов // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 139-148.
- [72] Чернов, В.М. Системы счисления в модулярных кольцах и их приложения к «безошибочным» вычислениям / В.М. Чернов // *Компьютерная оптика*. – 2019. – Т. 43, № 5. – С. 901-911. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-5-901-911.

- [73] Чернов, В.М. Фибоначчи, трибоначчи, ..., гексаначчи и параллельная безошибочная машинная арифметика / В.М. Чернов // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 6. – С. 1072-1078. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-6-1072-1078.
- [74] Чернов, В.М. Параллельная машинная арифметика для рекуррентных систем счисления в неквадратичных полях / В.М. Чернов // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 274-281. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-666.
- [75] Сергеев, В.В. Параллельно-рекурсивные КИХ-фильтры в задачах обработки изображений / В.В. Сергеев // Радиотехника. – 1990. – № 8. – С. 38-41.
- [76] Сергеев, В.В. Параллельно-рекурсивные КИХ-фильтры для обработки изображений / В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 1992. – Т. 10-11. – С. 186-201.
- [77] Сойфер, В.А. Сравнительный анализ спектрально-рекуррентных и параллельно-рекурсивных алгоритмов цифровой фильтрации изображений / В.А. Сойфер, В.В. Сергеев // Труды Пятого международного семинара "Распределенная обработка информации" (РОИ) – Новосибирск, 1995. – С. 290-295.
- [78] Мурызин, С.А. Исследование эффективности двумерных параллельно-рекурсивных КИХ-фильтров / С.А. Мурызин, В.В. Сергеев, Л.Г. Фролова // Компьютерная оптика. – 1992. – Т. 12. – С. 65-71.
- [79] Сергеев, В.В. Расчет параллельных КИХ-фильтров для некоторых задач обработки сигналов и изображений / В.В. Сергеев, Л.Г. Фролова // Компьютерная оптика. – 1992. – Т. 12. – С. 72-81.
- [80] Чернов, А.В. Быстрое рекурсивное вычисление одномерных и двумерных конечных свертков / А.В. Чернов // Компьютерная оптика. – 2003. – Т. 25. – С. 190-197.
- [81] Glumov, N.I. Polynomial bases for image processing in a sliding window / N.I. Glumov, V.V. Myasnikov, V.V. Sergeyev // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1994. – Vol. 4. – P. 408-413.
- [82] Мясников, В.В. Четные полиномиальные базисы для обработки изображений в скользящем окне / В.В. Мясников // Автометрия. – 1996. – № 1. – С. 80-87.
- [83] Myasnikov, V.V. A recursive algorithm for computing the convolution of an image with a two-dimensional indecomposable polynomial FIR-filter / V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15(1). – P. 260-263.
- [84] Myasnikov, V.V. Construction of integer-valued polynomials for recursive calculation of convolution with an FIR-filter / V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15(1). – P. 264-267.
- [85] Глумов, Н.И. Применение полиномиальных базисов для обработки изображений в скользящем окне / Н.И. Глумов, В.В. Мясников, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 1995. – Т. 14-15, № 1. – С. 55-67.
- [86] Мясников, В.В. Рекурсивный алгоритм вычисления свертки изображения с неразделимым двумерным полиномиальным КИХ-фильтром / В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 80-82.
- [87] Myasnikov, V.V. Fast Algorithm for Recursive Computation of the Convolution of an Image with a Two-Dimensional Inseparable Polynomial FIR Filter / V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2007. – Vol. 17(1). – P. 148-154.
- [88] Глумов, Н.И. Быстрый алгоритм аппроксимации изображения в скользящем окне / Н.И. Глумов, Н.И. Крайнюков, В.В. Сергеев, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 1993. – Т. 13. – С. 47-48.
- [89] Сергеев, В.В. Разработка и применение алгоритма цилиндрической полиномиальной аппроксимации изображения в скользящем окне / В.В. Сергеев, Л.Г. Фролова // Автометрия. – 1996. – № 1. – С. 22-30.
- [90] Глумов, Н.И. Информационная технология распознавания объектов на изображении в режиме скользящего окна / Н.И. Глумов, Э.И. Коломиец, В.В. Сергеев // Научное приборостроение. – 1993. – Т. 3, № 1. – С. 72-88.
- [91] Глумов, Н.И. Построение и применение моментных инвариантов для обработки изображений / Н.И. Глумов // Компьютерная оптика. – 1995. – Т. 14-15, № 1. – С. 46-54.

- [92] Глумов, Н.И. Параллельно-рекурсивные алгоритмы вычисления полиномиальных признаков изображения в скользящем окне / Н.И. Глумов, В.В. Мясников, В.В. Сергеев // Труды Пятого международного семинара "Распределенная обработка информации" (РОИ) – Новосибирск, 1995. – С. 272-275.
- [93] Myasnikov, V.V. Construction of an efficient algorithm over a set of linear convolution algorithms / V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2008. – Vol. 18(4). – P. 672-675.
- [94] Баврина, А.Ю. Исследование приведенного компетентного алгоритма над множеством алгоритмов вычисления свертки / А.Ю. Баврина, В.В. Мясников / Компьютерная оптика. – 2008. – Т. 32, № 1. – С. 64-67.
- [95] Мясников, В.В. Построение эффективных линейных локальных признаков в задачах обработки и анализа изображений / В.В. Мясников // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 3. – С. 162-177.
- [96] Мясников, В.В. Эффективные наборы совместно вычисляемых линейных локальных признаков цифровых сигналов / В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 1. – С. 77-94.
- [97] Сергеев, В.В. Применение методологии распознавания образов в задачах цифровой обработки изображений / В.В. Сергеев // Автометрия. – 1998. – № 2. – С. 63-76.
- [98] Sergeyev, V.V. New approach to image processing based on the methodology of pattern recognition / V.V. Sergeyev // Proceedings of SPIE. – 1998. – Vol. 3348. – P. 238-245.
- [99] Sergeyev, V.V. Image Reconstruction Methods Based in the Principles of Pattern Recognition Theory / V.V. Sergeyev, A.V. Chernov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1997. – Vol. 7(4). – P. 474-479.
- [100] Копенков, В.Н. Алгоритм автоматического построения процедуры локальной нелинейной обработки изображений на основе иерархической регрессии / В.Н. Копенков, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 257-265.
- [101] Копенков, В.Н. Методика остановки процесса построения иерархической регрессии при реализации вычислительных процедур локальной обработки изображений / В.Н. Копенков // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 351-355.
- [102] Kopenkov, V.N. Development of an algorithm for automatic construction of a computational procedure of local image processing, based on the hierarchical regression / V.N. Kopenkov, V.V. Myasnikov // Computer Optics. – 2016. – Vol. 40(5). – P. 713-720. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-5-713-720.
- [103] Сергеев, В.В. Сравнительный анализ методов аппроксимации функций в задачах обработки изображений / В.В. Сергеев, В.Н. Копенков, А.В. Чернов // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 119-122.
- [104] Сергеев, В.В. Сравнительный анализ методов нейронных сетей и иерархической аппроксимации в задачах фильтрации изображений / В.В. Сергеев, В.Н. Копенков, А.В. Чернов // Автометрия. – 2006. – № 2. – С. 100-106.
- [105] Сергеев, В.В. Быстрый способ построения моментных инвариантов на изображении с использованием аппроксимации / В.В. Сергеев, О.А. Титова // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 122-125.
- [106] Sergeyev, V.V. Approximation approach to calculation of image moment invariants in a sliding window / V.V. Sergeyev, O.A. Titova // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15(2). – P. 316-318.
- [107] Денисова, А.Ю. Алгоритмы построения гистограмм многоканальных изображений с использованием иерархических структур данных / А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 4. – С. 535-542.
- [108] Denisova, A.Y. The Algorithms of Hierarchical Histogram computation for multichannel images / A.Y. Denisova, V.V. Sergeyev // ACM International Conference Proceeding Series. – 2017. – Vol. F130523. – P. a20. DOI: 10.1145/3110224.3110238.

- [109] Denisova, A.Y. Supervised multichannel image classification algorithm using hierarchical histogram representation / A.Y. Denisova, V.V. Sergeev // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 201. – P. 213-222.
- [110] Denisova, A.Y. Using hierarchical histogram representation for the EM clustering algorithm enhancement / A.Y. Denisova, V.V. Sergeev // *10th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA) – Ljubljana, Slovenia, 2017*. – P. 41-46.
- [111] Denisova, A.Y. EM clustering algorithm modification using multivariate hierarchical histogram in the case of undefined cluster number / A.Y. Denisova, V.V. Sergeev // *Proceedings of SPIE*. – 2018. – Vol. 10806. – P. 108064H.
- [112] Гаврилов, А.В. Идентификация по малому числу наблюдений с использованием критерия относительной согласованности оценок / А.В. Гаврилов, В.А. Сойфер, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2005. – Т. 27. – С. 138-141.
- [113] Фурсов, В.А. Согласованная идентификация управляемого объекта по малому числу наблюдений / В.А. Фурсов // *Мехатроника, автоматизация, управление*. – 2010. – Т. 3, № 108. – С. 2-8.
- [114] Фурсов, В.А. Идентификация оптических искажающих систем с отбором информативных фрагментов изображений / В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 1995. – Т. 14-15, № 1. – С. 79-89.
- [115] Гошин, Е.В. Решение задачи автокалибровки камеры с использованием метода согласованной идентификации / Е.В. Гошин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 605-610.
- [116] Сергеев, В.В. Оценивание пространственно-зависимых искажений и корректирующих фильтров кусочно-постоянными линейными моделями / В.В. Сергеев, В.А. Фурсов, М.В. Максимов // *Компьютерная оптика*. – 1997. – Т. 17. – С. 97-130.
- [117] Фурсов, В.А. Идентификация моделей систем формирования изображений в классе фильтров с бесконечной импульсной характеристикой / В.А. Фурсов, С.И. Парфенов // *Компьютерная оптика*. – 1998. – Т. 18. – С. 140-146.
- [118] Сергеев, В.В. Оценка разрешающей способности видеотракта по фрагментам регистрируемых изображений / В.В. Сергеев, В.А. Фурсов, С.И. Парфенов // *Автометрия*. – 2001. – № 5. – С. 25-36.
- [119] Никоноров, А.В. Принцип согласованности оценок в задаче идентификации моделей цветовоспроизведения / А.В. Никоноров, С.Б. Попов, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2002. – № 24. – С. 148-151.
- [120] Никоноров, А.В. Построение адаптивной системы управления цветовоспроизведением с распознаванием опорных областей цветового пространства / А.В. Никоноров, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2008. – Т. 32, № 3. – С. 290-295.
- [121] Бибииков, С.А. Информационная технология коррекции теневых искажений на цветных цифровых изображениях / С.А. Бибииков, А.В. Никоноров, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2010. – Т. 34, № 1. – С. 124-131.
- [122] Бибииков, С.А. Цветовая коррекция бликов на цифровых изображениях / С.А. Бибииков, Е.Ю. Минаев, А.В. Никоноров, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2010. – Т. 34, № 3. – С. 382-391.
- [123] Бибииков, С.А. Распознавание и коррекция артефактов на цифровых изображениях / С.А. Бибииков, Р.К. Захаров, А.В. Никоноров, В.А. Фурсов, П.Ю. Якимов // *Автометрия*. – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 25-33.
- [124] Гошин, Е. Метод согласованной идентификации в задаче определения соответственных точек на изображениях / Е. Гошин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2012. – Т. 36, № 1. – С. 131-135.
- [125] Гошин, Е.В. Двухэтапное формирование пространственного преобразования для совмещения изображений / Е.В. Гошин, А.П. Котов, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 886-891.

- [126] Fursov, V.A. Conforming identification of the fundamental matrix in the image matching problem / V.A. Fursov, A.V. Gavrillov, Ye.V. Goshin, K.G. Pugachev // *Computer Optics*. – 2017. – Vol. 41(4). – P. 559-563. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-4-559-563.
- [127] Fursov, V.A. Reconstruction of 3D scenes using stereoimages without rectification / V.A. Fursov, E.V. Goshin, S.A. Bibikov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2014. – Vol. 24(3). – P. 389-394.
- [128] Фурсов, В.А. Информационная технология реконструкции цифровой модели местности по стереоизображениям / В.А. Фурсов, Е.В. Гошин // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 335-342.
- [129] Гошин, Е.В. Реконструкция 3D-сцен по разноракурсным изображениям при неизвестных внешних параметрах съёмки / Е.В. Гошин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 770-775. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-770-775.
- [130] Фурсов, В.А. Формирование признакового пространства по критерию сопряженности векторов измерений / В.А. Фурсов, В.А. Шустов // *Компьютерная оптика*. – 2000. – Т. 20. – С. 140-142.
- [131] Fursov, V.A. Building of Classifiers Based on Conjugation Indices / V.A. Fursov, I.A. Kulagina, N.E. Kozin // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*. – 2007. – Vol. 16(3). – P. 136-143.
- [132] Козин, Н.Е. Снижение размерности векторов признаков по критериям мультиколлинеарности / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2008. – Т. 32, № 3. – С. 307-311.
- [133] Козин, Н.Е. Построение классификаторов для распознавания лиц на основе показателей сопряженности / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2005. – Т. 28. – С. 160-163.
- [134] Козин, Н.Е. Распознавание лиц по показателям сопряженности в пространстве суммирующих инвариантов / Н.Е. Козин, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2008. – Т. 32, № 4. – С. 400-402.
- [135] Бибииков, С.А. Распознавание растительного покрова на гиперспектральных изображениях по показателю сопряженности / С.А. Бибииков, Н.Л. Казанский, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 846-854. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-846-854.
- [136] Фурсов, В.А. Тематическая классификация гиперспектральных изображений по показателю сопряженности / В.А. Фурсов, С.А. Бибииков, О.А. Байда // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 154-160.
- [137] Жердев, Д.А. Распознавание объектов на радиолокационных изображениях с использованием показателей сопряженности и опорных подпространств / Д.А. Жердев, Н.Л. Казанский, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2015. – Т. 39, № 2. – С. 255-264. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-2-255-264.
- [138] Fursov, V.A. Support subspaces method for synthetic aperture radar automatic target recognition / V.A. Fursov, D. Zherdev, N.L. Kazanskiy // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2016. – Vol. 13(5). – P. 1-11. DOI: 10.1177/1729881416664848.
- [139] Fursov, V. Support subspaces method for recognition of the synthetic aperture radar images using fractal compression / V. Fursov, E. Minaev, D. Zherdev, N. Kazanskiy // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2017. – Vol. 14(5). – P. 1-8. DOI: 10.1177/1729881417733952.
- [140] Сергеев, В.В. Цифровое моделирование двумерных линейных систем / В.В. Сергеев, А.В. Усачев // *Компьютерная оптика*. – 1988. – Т. 3. – С. 28-34.
- [141] Баврина, А.Ю. Метод параметрического оценивания оптико-электронного тракта системы дистанционного формирования оптического изображения / А.Ю. Баврина, В.В. Мясников, А.В. Сергеев // *Компьютерная оптика*. – 2011. – Т. 35, № 4. – С. 450-507.
- [142] Баврина, А.Ю. Моделирование видеоинформационного тракта оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли: решения, проблемы и задачи / А.Ю.

- Баврина, В.В. Мясников, В.В. Сергеев, Е.В. Трещёва, Н.В. Чупшев / Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 572-585.
- [143] Расторгуев, А.А. Моделирование формирования изображения космическим гиперспектрометром по схеме Оффнера / А.А. Расторгуев, С.И. Харитонов, Н.Л. Казанский // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 1. – С. 12-21. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-644.
- [144] Маслов, А.М. Идентификация линейной искажающей системы с использованием ранговой обработки сигналов / А.М. Маслов, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 1990. – Т.6. – С. 97-102.
- [145] Sergeyev, V.V. Spectral-Energy Identification Method of the Linear Observation Model for Remote Sensing of the Earth / V.V. Sergeyev, A.Yu. Denisova // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2011. – Vol. 21(2). – P. 311-313.
- [146] Денисова, А.Ю. Идентификация линейной модели наблюдения изображений, получаемых при дистанционном зондировании Земли, с использованием геоинформационных данных / А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 4. – С. 557-563. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-4-557-563.
- [147] Белов, А.М. Атмосферная коррекция гиперспектральных изображений с помощью приближённого решения уравнения переноса MODTRAN / А.М. Белов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 489-493.
- [148] Belov, A.M. Atmospheric correction of hyperspectral images based on approximate solution of transmittance equation / A.M. Belov, V.V. Mysnikov // Proceedings of SPIE. – 2015. – Vol. 9445. – P. 94450S.
- [149] Денисова, А.Ю. Атмосферная коррекция гиперспектральных изображений с использованием верифицированных данных малого объёма / А.Ю. Денисова, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 4. – С. 526-534. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-1-526-534.
- [150] Myasnikov, V.V. Computer program for automatic estimation of digital image quality / V.V. Myasnikov, A.A. Ivanov, M.V. Gashnikov, E.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2011. – Vol. 21(3). – P. 415-418.
- [151] Денисова, А.Ю. Алгоритм оценки параметров линейной спектральной смеси с полными ограничениями для анализа отсчётов гиперспектральных изображений / А.Ю. Денисова, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 782-789.
- [152] Денисова, А.Ю. Анализ линейной спектральной смеси, инвариантный к атмосферным искажениям гиперспектральных изображений / А.Ю. Денисова, Ю.Н. Журавель, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 3. – С. 380-387. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-3-380-387.
- [153] Белов, А.М. Спектральное и пространственное сверхразрешение при комплексировании данных ДЗЗ различных источников / А.М. Белов, А.Ю. Денисова // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 855-863. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-855-863.
- [154] Maksimov, A.I. A comparative study of the optimal and interpolation methods for restoration a stationary continuous signal from discrete values / A.I. Maksimov, V.V. Sergeev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368(3).
- [155] Фурсов, В.А. Технология повышения детализации изображений с нелинейной коррекцией высокоградиентных фрагментов / В.А. Фурсов, Е.В. Гошин, К.С. Медведева // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 3. – С. 484-491. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-3-484-491.
- [156] Гашников, М.В. Оптимизация интерполятора многомерного сигнала в пространстве уменьшенной размерности // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 4. – С. 653-660. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-4-653-660.
- [157] Кузнецов, А.В. Сравнение алгоритмов управляемой поэлементной классификации гиперспектральных изображений / А.В. Кузнецов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 494-502.

- [158] Зимичев, Е.А. Пространственная классификация гиперспектральных изображений с использованием метода кластеризации k-means++ / Е.А. Зимичев, Н.Л. Казанский, П.Г. Серафимович // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 281-286.
- [159] Денисова, А.Ю. Обнаружение аномалий на гиперспектральных изображениях / А.Ю. Денисова, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 287-296.
- [160] Myasnikov, E.V. Analysis of approaches to feature space partitioning for nonlinear dimensionality reduction / E.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2016. – Vol. 26(3). – P. 474-482.
- [161] Myasnikov, E.V. Hyperspectral image segmentation using dimensionality reduction and classical segmentation approaches / E.V. Myasnikov // Computer Optics. – 2017. – Vol. 41(4). – P. 564-572. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-4-564-572.
- [162] Denisova, A.Y. The technology of agricultural fields remote sensing image segmentation using morphological profiles / A.Y. Denisova, A.V. Kuznetsov, N.I. Glumov // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1096. – P. 012026.
- [163] Fedoseev, V.A. Hyperspectral satellite image classification using small training data from its samples / V.A. Fedoseev // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1096. – P. 012042.
- [164] Denisova, A.Y. Application of superpixel segmentation and morphological projector for structural changes detection in remote sensing images / A.Y. Denisova, A.A. Egorova, V.V. Sergeyev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368(3). – P. 032003.
- [165] Чернов, А.В. Автоматическое распознавание контуров зданий на картографических изображениях / А.В. Чернов, Н.В. Чупшев // Компьютерная оптика. – 2007. – Т. 31, № 4. – С. 101-103.
- [166] Titova, O.A. Method for the automatic georeferencing and calibration of cartographic images / O.A. Titova, A.V. Chernov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2009. – Vol. 19(1). – P. 193-196.
- [167] Глумов, Н.И. Автоматизированное формирование регионального банка космических снимков и его использование в геопорталах / Н.И. Глумов, В.Н. Копенков, Е.В. Мясников, А.В. Сергеев, А.В. Чернов, Н.В. Чупшев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, № 2. – С. 129-137.
- [168] Сергеев, В.В. Итерационный метод восстановления кусочно-постоянных изображений при известных границах областей / В.В. Сергеев, А.Ю. Денисова // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 2. – С. 239-243.
- [169] Денисова, А.Ю. Алгоритмы анализа линейной спектральной смеси на гиперспектральных изображениях с использованием картографической основы / А.Ю. Денисова, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 297-303.
- [170] Денисова, А.Ю. Идентификация линейной модели наблюдения изображений, получаемых при дистанционном зондировании Земли, с использованием геоинформационных данных / А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 4. – С. 557-563. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-4-557-563.
- [171] Копенков, В.Н. Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы / В.Н. Копенков, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер, А.В. Чернов // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2017. – Т. 3, № 95. – С. 78-96.
- [172] Сергеев, В.В. Космический мониторинг особо охраняемых природных территорий Самарской области / В.В. Сергеев, А.В. Чернов, О.А. Белова // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2013. – Т. 16. – С. 46-51.
- [173] Варламова, А.В. Информационная технология обработки данных ДЗЗ для оценки ареалов растений / А.В. Варламова, А.Ю. Денисова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 864-876. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-5-864-876.
- [174] Денисова, А.Ю. Пространственная классификация преобладающих древесных пород на территории Самарской области по данным Sentinel-2 и таксации леса / А.Ю. Денисова, Л.М. Кавеленова, Е.С. Корчиков, Н.В. Прохорова, Д.А. Терентьева, В.А. Федосеев //

- Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 86-101.
- [175] Bavrina, A.Y. Natural and revitalized grassy ecosystems as biodiversity refuges: on the abilities of remote sensing for their detection and study / A.Y. Bavrina, A.Y. Denisova, L.M. Kavelenova, E.S. Korchikov, O.A. Kuzovenko, Y.V. Makarova, N.V. Prokhorova, D.A. Terentyeva, V.A. Fedoseev // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1368. – P. 032021.
- [176] Воробьёва, Н.С. Информационная технология раннего распознавания видов сельскохозяйственных культур по космическим снимкам / Н.С. Воробьёва, В.В. Сергеев, А.В. Чернов // *Компьютерная оптика*. – 2016. – Т. 40, № 6. – С. 929-938.
- [177] Vorobiova, N.S. How to Use Geoinformation Technologies and Space Monitoring for Controlling the Agricultural Sector in Samara Region / N.S. Vorobiova, A.Y. Denisova, A.V. Kuznetsov, A.M. Belov, A.V. Chernov, V.V. Myasnikov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2015. – Vol. 25(2). – P. 347-353.
- [178] Vorobiova, N.S. A comparison of the Bayesian classifier and the Estimates-based algorithm for crop identification by Terra/MODIS 250-m data / N.S. Vorobiova, A.V. Chernov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1096. – P. 012026.
- [179] Федосеев, В.А. Исследование методов выявления антропогенных изменений на земной поверхности по последовательности космических снимков высокого разрешения / В.А. Федосеев, Н.В. Чупшев // *Компьютерная оптика*. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 279-288.
- [180] Бури, М.С. Методы анализа спутниковых изображений для исследования урбанизации и землепользования в период с 1975 по 2015 г. в г. Самаре / М.С. Бури, А.В. Кузнецов, К.К. Чодри, А.В. Куприянов // *Компьютерная оптика*. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 818-823. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-818-822.
- [181] Гашников, М.В. Перспективные информационные технологии дистанционного зондирования Земли / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Е.В. Гошин, А.Ю. Денисова, А.В. Кузнецов, В.А. Митекин, В.В. Мясников, В.В. Сергеев, В.А. Соيفер, В.А. Федосеев, В.А. Фурсов, М.А. Чичева, П.Ю. Якимов – Самара: Новая техника, 2015. – 256 с.
- [182] Котляр, В.В. Оптико-цифровые методы анализа микрочастиц по его пространственному спектру / В.В. Котляр, И.В. Никольский, А.В. Соифер // *Компьютерная оптика*. – 1991. – Т. 9. – С. 72-85.
- [183] Ильясова, Н.Ю. Алгоритмы автоматической кластеризации изображения микрочастиц / Н.Ю. Ильясова, А.В. Устинов, А.Г. Храмов // *Компьютерная оптика*. – 1993. – Т. 13. – С. 39-46.
- [184] Ilyasova, N.Y. Calculation of compound shape elements (rosette-like) on the blood preparation image / N.Y. Ilyasova, S.G. Kichenko, A.V. Ustinov // *Proceeding of SPIE*. – 1995. – Vol. 2363. – P. 230-235.
- [185] Ilyasova, N.Yu. Methods for analysis of blood specimen patterns / N.Yu. Ilyasova, A.G. Khramov, A.V. Ustinov, S.E. Volkova // *Optics and Laser Technology*. – 1995. – Vol. 27, № 4. – С. 255-262.
- [186] Жулькова, Е.С. Технология выделения лейкоцитов на изображениях препаратов крови / Е.С. Жулькова, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов // *Компьютерная оптика*. – 2007. – Т. 31, № 2. – С. 77-81.
- [187] Ильясова, Н.Ю. Анализ структуры сосудистой системы сердца методом трассировки изображений проекций / Н.Ю. Ильясова, А.О. Корепанов, А.В. Куприянов, В.Г. Баранов, А.Г. Храмов // *Компьютерная оптика*. – 2002. – Т. 23. – С. 53-57.
- [188] Korepanov, A.O. A Method for Determination of an Optimal Spatial Direction of Vessels in the Problem of Reconstructing the 3D Topology of a Coronary System / A.O. Korepanov, N.Yu. Ilyasova, A.V. Kupriyanov, A.G. Khramov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2003. – Vol. 13(2). – P. 287-289.
- [189] Корепанов, А.О. Метод пространственного восстановления коронарных артерий по малому числу ангиографических проекций / А.О. Корепанов, Н.Ю. Ильясова, А.В.

- Куприянов, А.Г. Храмов, А.В. Устинов, А.А. Ковалев // Компьютерная оптика. – 2004. – Т. 26. – С. 89-97.
- [190] Ильясова, Н.Ю. Компьютерная технология восстановления пространственной структуры коронарных сосудов по ангиографическим проекциям / Н.Ю. Ильясова, Н.Л. Казанский, А.О. Корепанов, А.В. Куприянов, А.В. Устинов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2009. – Т. 33, № 3. – С. 281-317.
- [191] Branchevsky, S.L. Method for the distinguishing and quantitative evaluation of the elements of pathological patterns in the retina / S.L. Branchevsky, Y.V. Vasiliev, A.V. Durasov, N.Y. Iliasova, A.V. Ustinov // Proceeding of SPIE. – 1995. – Vol. 2363. – P. 236-242.
- [192] Ильясова, Н.Ю. Экспертная компьютерная система диагностики глазных заболеваний по изображениям глазного дна / Н.Ю. Ильясова, А.В. Устинов, В.Г. Баранов // Компьютерная оптика. – 1999. – Т. 19. – С. 202-209.
- [193] Бранчевский, С.Л. Система цифрового анализа для диагностики сосудистой патологии глазного дна / С.Л. Бранчевский, Н.А. Гаврилова, Н.Ю. Ильясова, А.Г. Храмов // Вестник офтальмологии. – 2003. – № 5. – С. 37-40.
- [194] Сойфер, В.А. Компьютерная система ранней диагностики глазных заболеваний на основе анализа изображений глазного дна / В.А. Сойфер, В.В. Котляр, А.Г. Храмов, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.О. Корепанов, А.А. Ковалев, А.В. Устинов // Фундаментальные науки - медицине. Материалы конференции – М: Фирма "Слово", 2004. – С. 131-137.
- [195] Сойфер, В.А. Методы компьютерного анализа диагностических изображений глазного дна / В.А. Сойфер, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов, М.А. Ананьин // Технологии живых систем. – 2008. – Т. 5, № 5-6. – С. 61-71.
- [196] Ильясова, Н.Ю. Технология интеллектуального отбора признаков для системы автоматического формирования плана коагулятов на сетчатке глаза / Н.Ю. Ильясова, А.С. Широкаев, А.В. Куприянов, Р.А. Парингер // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 304-315. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-304-315.
- [197] Ilyasova, N.Yu. Localization of diabetic macular edema areas via graph-based segmentation of OCT retinal images / N.Yu. Ilyasova, A.S. Shirokanev, N.S. Demin, E.A. Zamyckij // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368. – P. 032014. DOI: 10.1088/1742-6596/1368/3/032014.
- [198] Kupriyanov, V. Ophthalmic pathology diagnostics using textural features of the lachrymal fluid crystal images / V. Kupriyanov, N.Yu. Ilyasova, A.G. Khramov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15(3). – P. 657-660.
- [199] Глумов, Н.И. Компьютерная обработка скинтиграфических изображений легких / Н.И. Глумов, А.В. Капишников // Компьютерная оптика. – 2003. – Т. 25. – С. 158-164.
- [200] Гайдель, А.В. Возможности текстурного анализа компьютерных томограмм в диагностике хронической обструктивной болезни / А.В. Гайдель, П.М. Зельтер, А.В. Капишников, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 843-850.
- [201] Nikonorov, A. Vessel segmentation for noisy CT data with quality measure based on single-point contrast-to-noise ratio / A. Nikonorov, A. Kolsanov, M. Petrov, Y. Yuzifovich, E. Prilepin, S. Chaplygin, P. Zelter, K. Vychenkov // Communications in Computer and Information Science. – 2016. – Vol. 585. – P. 490-507.
- [202] Гайдель, А.В. Метод анализа цифровых нефросцинтиграмм на основе яркостных и геометрических характеристик изображений / А.В. Гайдель, А.Г. Храмов, А.В. Капишников, А.В. Колсанов, Ю.С. Пышкина // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 1. – С. 103-109. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-1-103-109.
- [203] Смелкина, Н.А. Распознавание эмфиземы лёгких по данным компьютерной томографии / Н.А. Смелкина, А.В. Колсанов, С.С. Чаплыгин, П.М. Зельтер, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 5. – С. 726-731. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-5-726-731.

- [204] Гайдель, А.В. Метод анализа динамических изображений нефросцинтиграфии / А.В. Гайдель, А.В. Капишников, Ю.С. Пышкина, А.В. Колсанов, А.Г. Храмов // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 4. – С. 688-694. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-4-688-694.
- [205] Pyasova, N. Segmentation of Lung Images Using Textural Features / N. Pyasova, A. Shirokanev, N. Demin // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1438. – P. 012015.
- [206] Сойфер, В.А. Разработка методов и алгоритмов локализации и оценивания геометрических характеристик внутричерепного инородного тела по рентгенографическим изображениям / В.А. Сойфер, Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов // Труды конференции Президиума РАН "Фундаментальные науки - медицине", 2011. – С. 142-143.
- [207] Ильясова, Н.Ю. Исследование свойств внутриглазного инородного тела на основе анализа рентгенографических изображений черепа / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.В. Устинов // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 2. – С. 268-274.
- [208] Гайдель, А.В. Согласованные полиномиальные признаки для анализа полутонных биомедицинских изображений / А.В. Гайдель // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 2. – С. 232-239. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-2-232-239.
- [209] Гайдель, А.В. Отбор признаков для задачи диагностики остеопороза по рентгеновским изображениям шейки бедра / А.В. Гайдель, В.Р. Крашенинников // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 6. – С. 939-946. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-939-946.
- [210] Ильясова, Н.Ю. Методы цифрового анализа сосудистой системы человека. Обзор литературы / Н.Ю. Ильясова // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 4. – С. 511-535.
- [211] Смелкина, Н.А. Реконструкция анатомических структур на основе статистической модели формы / Н.А. Смелкина, Р.Н. Косарев, А.В. Никоноров, И.М. Байриков, К.Н. Рябов, А.В. Авдеев, Н.Л. Казанский // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 6. – С. 897-904. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-897-904.
- [212] Koush, Y. OpenNFT: An open-source Python/Matlab framework for real-time fMRI neurofeedback training based on activity, connectivity and multivariate pattern analysis / Y. Koush, J. Ashburner, E. Prilepin, R. Sladky, P. Zeidman, S. Bibikov, F. Scharnowski, A. Nikonorov, D.V. De Ville // NeuroImage. – 2017. – Vol. 156. – P. 489-503. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.06.039.
- [213] Ильясова, Н.Ю. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.
- [214] Федосеев, В.А. Унифицированная модель систем встраивания информации в цифровые сигналы / В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 87-98. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-1-87-98.
- [215] Глумов, Н.И. Алгоритм встраивания полухрупких цифровых водяных знаков для задач аутентификации изображений и скрытой передачи информации / Н.И. Глумов, В.А. Митекин // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 2. – С. 262-267.
- [216] Егорова, А.А. Классификация и сравнительное исследование систем аутентификации JPEG-изображений, основанных на встраивании полухрупких водяных знаков / А.А. Егорова, В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 3. – С. 419-433. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-3-419-433.
- [217] Egorova, A. Semi-Fragile Watermarking for JPEG Image Authentication: A Comparative Study / A. Egorova, V. Fedoseev // 7th International Symposium on Digital Forensics and Security, 2019. – P. 8757535. DOI: 10.1109/ISDFS.2019.8757535.
- [218] Глумов, Н.И. Алгоритм поблочного встраивания стойких ЦВЗ в крупноформатные изображения / Н.И. Глумов, В.А. Митекин // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35, № 3. – С. 368-372.
- [219] Веричев, А.В. Система встраивания цифровых водяных знаков на триангуляционной сетке опорных точек изображения / А.В. Веричев, В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 555-563.

- [220] Митекин, В.А. Метод встраивания информации в видео, стойкий к ошибкам потери синхронизации / В.А. Митекин, В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 564-573.
- [221] Mitekin, V. A new method for high-capacity information hiding in video robust against temporal desynchronization / V. Mitekin, V. Fedoseev // Proceedings of SPIE. – 2015. – Vol. 9445. – P. 94451A.
- [222] Verichev, A. Robust Image Watermarking on Triangle Grid of Feature Points / A. Verichev, V. Fedoseev // Communications in Computer and Information Science. – 2015. – Vol. 542. – P. 151-159.
- [223] Митекин, В.А. Алгоритмы встраивания информации на основе QIM, стойкие к статистической атаке / В.А. Митекин, В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 1. – С. 118-127. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-1-118-127.
- [224] Выборнова, Ю.Д. Новый метод встраивания цифровых водяных знаков в векторные картографические данные / Ю.Д. Выборнова, В.В. Сергеев. // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 6. – С. 913-919. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-913-919.
- [225] Выборнова, Ю.Д. Метод защиты векторных карт с использованием изображения ЦВЗ как вторичного контейнера / Ю.Д. Выборнова, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 3. – С. 474-483. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-3-474-483.
- [226] Vybornova, Y. Method for Vector Map Protection Based on Using of a Watermark Image as a Secondary Carrier / Y. Vybornova, V. Sergeev // Proceedings of the 16th International Joint Conference on e-Business and Telecommunications. – 2019. – Vol. 2. – P. 284-293.
- [227] Митекин, В.А. Построение модели стеганографической системы и обобщенного алгоритма встраивания ЦВЗ в полиграфические изделия / В.А. Митекин, А.В. Сергеев, В.А. Федосеев, Д.М. Богомоллов // Компьютерная оптика. – 2007. – Т. 31, № 4. – С. 95-100.
- [228] Сергеев, В.В. Метод извлечения водяных знаков из текстурированных полиграфических документов / В.В. Сергеев, В.А. Федосеев // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 825-832.
- [229] Sergeev, V. Extraction of Latent Images from Printed Media / V. Sergeev, V. Fedoseev // Proceedings of SPIE. – 2015. – Vol. 9875. – P. 98750X.
- [230] Глумов, Н.И. Поиск дубликатов на цифровых изображениях / Н.И. Глумов, А.В. Кузнецов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 3. – С. 360-367.
- [231] Glumov, N.I. Algorithms for Detection of Plain Copy-Move Regions in Digital Images / N.I. Glumov, A.V. Kuznetsov, V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2015. – Vol. 25(3). – P. 423-429.
- [232] Kuznetsov, A.V. Remote sensing data verification using model-oriented descriptors / A.V. Kuznetsov, V.V. Myasnikov // Communications in Computer and Information Science. – 2015. – Vol. 542. – P. 96-101.
- [233] Варламова, А.А. Обнаружение встраиваний на изображениях путем анализа артефактов, обусловленных параметрами сенсора регистрирующего устройства / А.А. Варламова, А.В. Кузнецов // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41, № 6. – С. 920-930. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-920-930.
- [234] Kuznetsov, A. Using efficient linear local features in the copy-move forgery detection task / A. Kuznetsov, V. Myasnikov // Communications in Computer and Information Science. – 2017. – Vol. 661. – P. 305-313.
- [235] Kuznetsov, A. Digital image forgery detection using deep learning approach / A.V. Kuznetsov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368. – P. 032028.
- [236] Кузнецов, А.В. Алгоритмы проверки соответствия космических снимков условиям съёмки / А.В. Кузнецов, В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 322-329.
- [237] Kuznetsov, A.V. Sequential Computational Procedure for Remote Sensing Data Forgery Detection / A.V. Kuznetsov, V.V. Myasnikov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2015. – Vol. 25(4). – P. 645-653. DOI: 10.1134/S1054661815040136.

- [238] Gashnikov, M.V. Hyperspectral remote sensing data compression and protection / M.V. Gashnikov, N.I. Glumov, A.V. Kuznetsov, V.A. Mitekin, V.V. Myasnikov, V.V. Sergeev / *Computer Optics*. – 2016. – Vol. 40(5). – P. 689-712. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-5-689-712.
- [239] Арефьев, Е.Ю. Автоматизированная система моделирования и обработки изображений "АИСТ-мини" / Е.Ю. Арефьев, А.Г. Васин, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер // *Управляющие системы и машины*. – 1989. – № 1. – С. 114-118.
- [240] Vasiljev, Yu. Interactive Software System for the Picture Synthesis, Processing and Analysis / Yu. Vasiljev, A.M. Maslov, S.A. Muryzin, S.B. Popov, V.V. Sergeev, Ya.Ye. Takhtarov, A.V. Usachev, L.G. Frolova, N.I. Frolova, A.G. Khramov // *First International Conference "Information Technologies for Image Analysis and Pattern Recognition" (ITIAPR)*, 1990. – P. 94-98.
- [241] Попов, С.Б. Распределенная обработка изображений в операционной системе OS/2 / С.Б. Попов // *Распределенная обработка информации: Труды Пятого международного семинара –Новосибирск*, 1995. – С. 287-290.
- [242] Chernov, A.V. Program system for distributed image processing / A.V. Chernov, V.V. Myasnikov, E.V. Myasnikov, V.V. Sergeev // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2003. – Vol. 13(2). – P. 228-230.
- [243] Гашников, М.В. Программная система для разработки алгоритмов обработки и анализа цифровых изображений / М.В. Гашников, Н.И. Глумов, Е.В. Мясников, В.В. Сергеев, А.В. Чернов, М.А. Чичева // *Компьютерная оптика*. – 2004. – Т. 26. – С. 113-115.
- [244] Chernov, A.V. Software tool system for digital image processing and analysis / A.V. Chernov, M.A. Chicheva, M.V. Gashnikov, N.I. Glumov, E.V. Myasnikov, V.V. Sergeev // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2005. – Vol. 15(2). – P. 368-370.
- [245] Chicheva, M.A. Software environment for simulating algorithms for image analysis and processing / M.A. Chicheva, M.V. Gashnikov, N.I. Glumov, E.V. Myasnikov, V.V. Sergeev, A.V. Chernov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2007. – Vol. 17(2). – P. 263-267.
- [246] Арефьев, Е.Ю. Магистрально-модульные средства обработки изображений / Е.Ю. Арефьев, К.В. Овчинников, А.В. Проскурин, В.В. Сергеев, В.А. Сойфер, Д.Н. Тихонов // *Компьютерная оптика*. – 1991. – Т. 9. – С. 69-72.
- [247] Попов, С.Б. Кластерная технология формирования и параллельной фильтрации больших изображений / С.Б. Попов, В.А. Сойфер, А.А. Тараканов, В.А. Фурсов // *Компьютерная оптика*. – 2002. – Т. 23. – С. 75-78.
- [248] Kazanskiy, N.L. Distributed storage and parallel processing for large-size optical images / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // *Proceedings of SPIE*. – 2012. – Vol. 8410. – P. 84100I. DOI: 10.1117/12.928441.
- [249] Bibikov, S.A. Memory access optimization in recurrent image processing algorithms with CUDA / S.A. Bibikov, V.A. Fursov, A.V. Nikonov, P.Yu. Yakimov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2011. – Vol. 21(3). – P. 377-380.
- [250] Никонов, А.В. Метод нежёсткого размещения в модели многогранников для построения эффективных алгоритмов двумерной рекурсивной обработки изображений на GPU / А.В. Никонов, В.А. Фурсов, П.Ю. Якимов // *Компьютерная оптика*. – 2012. – Т. 36, № 3. – С. 459-466.
- [251] Fursov, V.A. Computing RPC using robust selection of GCPs / V.A. Fursov, A.P. Kotov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1096. – P. 012094.
- [252] Kazanskiy, N.L. Performance analysis of real-time face detection system based on stream data mining frameworks / N.L. Kazanskiy, V.I. Protsenko, P.G. Serafimovich // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 201. – P. 806-816. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.602.
- [253] Popov, S.B. The Big Data methodology in computer vision systems / S.B. Popov // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2015. – Vol. 1490. – P. 420-425.
- [254] Ilyasova, N.Y. Methods of Intellectual Analysis in Medical Diagnostic Tasks Using Smart Feature Selection / N.Y. Ilyasova, A.S. Shirokanov, A.V. Kupriyanov, R.A. Paringev, D.V.

- Kirsh, A.V. Soifer // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2018. – Vol. 28(4). – P. 637-645.
- [255] Soifer, V.A. Measuring the geometric parameters using image processing and diffractive optics methods / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, S.N. Khonina, A.G. Khramov, N.Yu. Ilyasova // *Proc. SPIE*. – 2002. – Vol. 4900(2). – P. 996-1006.
- [256] Волоотовский, С.Г. Система технического зрения для распознавания номеров железнодорожных цистерн с использованием модифицированного коррелятора в метрике Хаусдорфа / С.Г. Волоотовский, Н.Л. Казанский, С.Б. Попов, Р.В. Хмелев // *Компьютерная оптика*. – 2005. – № 27. – С. 177-184.
- [257] Казанский, Н.Л. Система технического зрения для определения количества гель-частиц в растворе полимера / Н.Л. Казанский, С.Б. Попов // *Компьютерная оптика*. – 2009. – Т. 33, № 3. – С. 325-331.
- [258] Бородин, С.А. Устройство для анализа нанощероховатостей и загрязнений подложки по динамическому состоянию капли жидкости, наносимой на ее поверхность / С.А. Бородин, А.В. Волков, Н.Л. Казанский // *Оптический журнал*. – 2009. – Т. 76, № 7. – С. 42-47.
- [259] Kazanskiy, N.L. Machine vision system for singularity detection in monitoring the long process / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*. – 2010. – Vol. 19(1). – P. 23-30. DOI: 10.3103/S1060992X10010042.
- [260] Kazanskiy, N.L. The distributed vision system of the registration of the railway train / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // *Computer Optics*. – 2012. – Vol. 36(3). – P. 419-428.
- [261] Kazanskiy, N.L. Integrated design technology for computer vision systems in railway transportation / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // *Pattern Recognition and Image Analysis*. – 2015. – Vol. 25(2). – P. 215-219. DOI: 10.1134/S1054661815020133.
- [262] Nikonorov, A. Correcting color and hyperspectral images with identification of distortion model / A. Nikonorov, S. Bibikov, V. Myasnikov, Y. Yuzifovich, V. Fursov // *Pattern Recognition Letters*. – 2016. – Vol. 83. – P. 178-187. DOI: 10.1016/j.patrec.2016.06.027.
- [263] Никоноров, А.В. Дифракционно-оптическая система с реконструкцией изображений на основе сверточных нейронных сетей и обратной свертки / А.В. Никоноров, М.В. Петров, С.А. Бибииков, В.В. Кутикова, А.А. Морозов, Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика*. – 2017. – Т. 41, № 6. – С. 875-887. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-6-875-887.
- [264] Nikonorov, A.V. Toward Ultralightweight Remote Sensing with Harmonic Lenses and Convolutional Neural Networks / A.V. Nikonorov, M.V. Petrov, S.A. Bibikov, P.Y. Yakimov, V.V. Kutikova, Y.V. Yuzifovich, A.A. Morozov, R.V. Skidanov, N.L. Kazanskiy // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 11(9). – P. 3338-3348. DOI: 10.1109/JSTARS.2018.2856538.
- [265] Kazanskiy, N.L. Experimental study of optical characteristics of a satellite-based Offner hyperspectrometer / N.L. Kazanskiy, A.A. Morozov, A.V. Nikonorov, M.V. Petrov, V.V. Podlipnov, R.V. Skidanov, V.A. Fursov // *Proc. SPIE*. – 2018. – Vol. 10774. – P. 1077411. DOI: 10.1117/12.2318853.
- [266] Подлипов, В.В. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В.В. Подлипов, В.Н. Щедрин, А.Н. Бабиичев, С.М. Васильев, В.А. Бланк // *Компьютерная оптика*. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 877-884. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.
- [267] Artamonov, N.S. Towards Real-Time Traffic Sign Recognition via YOLO on a Mobile GPU / N.S. Artamonov, P.Y. Yakimov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1096(1). – P. 012086.
- [268] Kazanskiy, N.L. Efficiency of deep integration between a research university and an academic institute / N.L. Kazanskiy // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 201. – P. 817-831. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.604.
- [269] Soifer, V.A. Quo Vadis / V.A. Soifer // *Computer Optics*. – 2014. – Vol. 38(4). – P. 589.
- [270] Stafeev, S.S. Indexing of Computer Optics in the Emerging Sources Citation Index database / S.S. Stafeev // *Computer Optics*. – 2017. – Vol. 41(4). – P. 592. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-4-592.

Samara scientific school of computer image processing

S.Y. Zheltov¹

¹ Federal State Unitary Enterprise State Research Institute of Aviation Systems (GosNIIAS),
Viktorenko str. 7, Moscow, Russia, 125167

Abstract. The paper briefly describes the creation and development of the Samara scientific school of computer image processing. Examples of obtained fundamental results and solved applied problems are given. The most significant publications of the scientific school are listed and analyzed.