

---

---

# МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

---

---

УДК 680.5.01:621.384

В. С. ТИТОВ, М. И. ТРУФАНОВ

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ, АЛГОРИТМОВ И АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены основные проблемы развития алгоритмов, методов и аппаратных средств повышения качества изображений в оптико-электронных системах, предназначенных для распознавания и анализа изображений объектов при решении широкого класса задач.

*Ключевые слова:* оптико-электронная система, система технического зрения, тенденции, алгоритм.

В настоящее время оптико-электронные системы (ОЭС), как и распознающие системы технического зрения (РСТЗ), используются в различных отраслях народного хозяйства, науки и техники для решения широкого класса разнообразных задач. Они предназначены для обработки изображений и получения измерительной информации при автоматическом слежении и управлении, исследовании природных ресурсов и окружающей среды. Повышение качества обработки изображений с учетом минимизации аппаратно-программного обеспечения ОЭС и РСТЗ — актуальная задача.

Основными направлениями развития ОЭС и РСТЗ являются:

1) углубление знаний об объектах исследования и условиях работы систем, создание адекватных моделей этих объектов;

2) развитие общей теории и методов расчета и проектирования (прежде всего — теории приема и обработки многомерного сигнала, общих схемотехнических решений, унификации методов расчета основных узлов и характеристик прибора в целом) систем с учетом их специфики. Актуальной задачей является внедрение САПР на всех этапах проектирования и разработки ОЭС и РСТЗ;

3) развитие и внедрение методов адаптации алгоритмов, адаптации конструктивных параметров и характеристик систем, учитывающих внешние изменяющиеся условия их работы;

4) использование новой элементной базы, например, приемников изображений на основе КМОП технологии, выполненных по технологии „активный пиксел“, с применением микроболометрических матриц;

5) расширение методов обработки оптических сигналов, базирующихся на вейвлет-преобразовании, быстром преобразовании Фурье;

6) создание новых методов, алгоритмов и аппаратных средств обработки изображений на основе системного подхода и комплексного учета основных факторов, влияющих на качество функционирования систем.

Первое и второе из отмеченных выше направлений развития довольно тесно связаны для ряда ОЭС и РСТЗ. Наибольшую перспективу, с точки зрения повышения точности

измерений (обнаружения), проводимых в реальном масштабе времени, имеют встраиваемые оптико-электронные устройства распознавания изображений, работающие в двух или трех спектральных диапазонах [1]. Используя ряд методов обработки оптического многомерного сигнала (например, геометро-оптический метод моментов) или совмещая метод моментов с методами оптической спектральной селекции, можно решить задачу практически одновременного обнаружения (распознавания) и измерения параметров большого класса объектов — источников оптического излучения. Совмещение функций обнаружения и измерения в одной системе долгое время считалось невозможным.

В последнее время совершенствовались методы расчета основных параметров и характеристик ОЭС и РСТЗ. Развитие универсальных методов энергетического и точностного расчета, использующих типовые алгоритмы, позволяет оценивать возможности систем для решения конкретной практической задачи и оптимизировать их основные параметры.

Диапазон изменения характеристик объекта, окружающей среды (внешних условий), параметров технологического процесса достаточно широк, поэтому для удовлетворительного функционирования таких систем необходимо их адаптировать путем изменения параметров отдельных блоков, структуры и алгоритмов работы.

Большинство работ по РСТЗ с изменяющимися параметрами сводится лишь к описанию функциональных схем, обеспечивающих подстройку параметров отдельных блоков. Поэтому разработка принципов адаптации, методов конструирования оптико-электронных систем, способных перестраивать параметры, структуру и алгоритм работы для достижения наилучших функциональных возможностей, является актуальной задачей.

Для разработки ОЭС интерес представляет структурно-параметрический уровень адаптации, если известны уравнение состояния и измерения, статистические характеристики ошибок измерений и шума системы. Для преодоления исходной неопределенности управления применяется алгоритмический уровень адаптации, основанный на изменении структуры алгоритма (изменении вектора состояния) при изменении характера движения или смещения источника излучения, а также на определении параметров алгоритма оценивания по поступающим измерениям [2].

Развитию современной базы ОЭС и РСТЗ посвящено большое количество публикаций. Один из путей совершенствования — использование многоэлементных приемников излучения в качестве анализаторов изображения [3], сканирующих устройств, служащих для обнаружения объектов, их распознавания, измерения параметров этих объектов. В связи с развитием элементной базы актуальной задачей становится определение применимости тех или иных типовых схем и конструктивных решений.

Разработка новых методов, алгоритмов и аппаратных средств, направленных на повышение качества обработки изображений, является одним из направлений развития ОЭС и РСТЗ. Для решения данной задачи необходимо разработать принципы построения, включая математические модели, методы, алгоритмическое обеспечение и устройства, позволяющие автоматически повышать качество изображения, и как следствие — качество функционирования РСТЗ, путем коррекции радиальной и тангенциальной дисторсий, сферических аберраций и комы оптической системы оптико-электронного датчика; адаптивной калибровки РСТЗ; уменьшения искажений, вносимых приемником измерения. Кроме этого, необходимо предусмотреть возможность создания малогабаритных устройств повышения качества изображения, входящих в состав РСТЗ различного назначения, применяемых в промышленности, медицине, обеспечивающих обработку изображений в режиме реального времени за счет низкой вычислительной сложности алгоритмического обеспечения и обрабатывающих только искаженную область изображения при сохранении остальной неискаженной части изображения (без обработки) [4].

В соответствии с указанными направлениями развития ОЭС и РСТЗ требуется посредством разработки новых и совершенствования известных подходов решить следующие задачи.

1. Разработка математической модели РСТЗ, включая калибровку угловых и линейных параметров, влияющих на качество получаемых бинокулярной системой технического зрения стереоизображений; определение и коррекцию радиальной дисторсии, комы, сферической, хроматической аберраций; повышение качества изображения при формировании панорамных изображений; адаптацию при калибровке РСТЗ к внешним условиям освещенности и шуму на изображении.

2. Создание методов и алгоритмов адаптивной и статической калибровки оптико-электронных датчиков и распознающих систем технического зрения.

3. Разработка алгоритмов параметрической и алгоритмической адаптации оптико-электронных устройств калибровки, повышающих качество функционирования РСТЗ.

4. Разработка математической модели и алгоритмов предварительной обработки изображения, описывающих процессы фильтрации изображения и выделения контуров объектов.

5. Создание метода компенсации эффекта размытости изображения движущихся объектов.

6. Разработка аппаратных средств, направленных на повышение качества изображения и решение прикладных задач распознавания [5, 6].

Основными принципами повышения качества изображения являются калибровка РСТЗ и входящих в них оптико-электронных датчиков, снижение аберраций оптической системы, коррекция искажений, вызванных многоэлементными приемниками излучения.

Калибровка систем технического зрения, как правило, основана на анализе изображения специального калибровочного объекта с известными геометрическими и цветовыми характеристиками [4]. Такой подход не всегда обеспечивает высокую точность калибровки вследствие погрешностей самого объекта и не позволяет корректировать искажения в автоматическом режиме, что является обязательным условием для многих областей применения РСТЗ. Разработка принципов повышения качества изображения путем калибровки РСТЗ по изображению рабочей сцены без использования калибровочного объекта позволит создавать адаптивные устройства, повышающие качество изображения и расширяющие функциональные возможности автоматических и автоматизированных систем.

Снижение аберраций оптической системы базируется на двух различных принципах — введении корректирующих линз (наиболее распространено) и цифровой обработке всего кадра полученного изображения (не имеет широкого распространения вследствие значительной вычислительной сложности).

Введение корректирующих линз приводит к усложнению конструкции оптической системы, увеличению ее массы и габаритов, к усилению аберраций, на которые не направлена коррекция. Подобный принцип не может быть применен для малогабаритных оптических систем, используемых, например, при эндоскопии, в мобильных роботах и роботах типа „глаз-на-руке“ („hand-eye“), видеоустройствах скрытого наблюдения.

Для рассмотрения второго принципа снижения аберраций выделим аберрации, вызывающие геометрические искажения изображения — дисторсию, хроматическую и аберрации, вызывающие снижение резкости изображения — сферическую, кому, астигматизм, кривизну поля.

Для повышения качества изображения за счет уменьшения влияния аберраций первого типа рассчитывается влияние аберрации на каждую точку изображения с последующим переносом точек изображения в истинные позиции [7]. Недостатками известных технических решений является необходимость предварительного определения характеризующих аберрацию параметров путем анализа изображения специального калибровочного объекта, а также невысокая проработанность алгоритмического обеспечения и устройств повышения качества

изображения (известны программные способы, требующие привлечения относительно мощных вычислительных ресурсов, аппаратные способы не развиты).

Устранить указанные недостатки для повышения качества изображения можно, используя принципы определения параметров дисторсии по изображению рабочей сцены. Алгоритмическое обеспечение с низкой вычислительной сложностью позволит создавать специальные устройства, корректирующие указанные аберрации непосредственно в процессе ввода изображения [4, 7].

Влияние аберраций второго типа может быть уменьшено путем восстановления истинной яркости точек изображения на основе решения систем уравнений большой размерности и применения итерационных алгоритмов. Однако практическая реализация подобных принципов затруднена из-за их крайне высокой вычислительной сложности, а также невозможности их автоматического выполнения вследствие отсутствия объективных критериев оценки качества восстановленного изображения.

Выходом из данной ситуации является коррекция только тех областей изображений, которые в наибольшей степени влияют на качество функционирования системы технического зрения, при сохранении остального изображения неизменным (что существенно уменьшает временные и вычислительные затраты на его обработку).

Таким образом, в работе рассмотрены подходы к повышению качества изображения в распознающих системах технического зрения, основанные на новых способах и алгоритмах обработки изображений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сизов А. С., Титов Д. В., Труфанов М. И. Многофункциональная встраиваемая система технического зрения для интеллектуальных комплексов видеонаблюдения // Телекоммуникации. 2011. № 4. С. 19—23.
2. Расстригин Л. А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.
3. Degtyarev S. V., Yakovleva V. S. The adaptive image sensor with reconfigurable parameters and structure // Proc. of 7th Intern. Conf. on Pattern recognition and image analysis: new information technologies PRIA-7-2004. St. Petersburg, 2004. Vol. 2. P. 566—567.
4. Ширабакина Т. А., Труфанов М. И., Тевс С. С. Особенности способов калибровки систем технического зрения // Датчики и системы. 2005. № 5. С. 63—65.
5. Труфанов М. И. Распознающие оптико-электронные устройства медицинской экспресс-диагностики // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 2. С. 66—70.
6. Титов В. С., Труфанов М. И. Аппаратно-ориентированные алгоритмы и устройства обработки изображений на ПЛИС для распознающих систем технического зрения // Датчики и системы. 2009. № 8. С. 72—75.
7. Титов Д. В., Ширабакина Т. А. Модуль цифровой коррекции дисторсии изображения // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 2. С. 74—78.

#### Сведения об авторах

- Виталий Семенович Титов** — д-р техн. наук, профессор; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; заведующий кафедрой; E-mail: titov-kstu@rambler.ru
- Максим Игоревич Труфанов** — канд. техн. наук, доцент; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: temp1202@mail.ru

Рекомендована Юго-Западным  
государственным университетом

Поступила в редакцию  
18.02.13 г.