

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

ТУН ТУН АУНГ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г.Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: nickFX11487@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются современные подходы к применению алгоритмов цифровой обработки изображений в оптико-электронных системах. Приведены примеры использования алгоритмов цифровой обработки изображений в различных отраслях. Исследуются методы улучшения качества изображений, включая фильтрацию шумов, повышение контрастности и четкости. Результаты исследования могут быть использованы при разработке и совершенствовании систем технического зрения, систем видеонаблюдения и других оптико-электронных устройств.

Abstract. Modern approaches to the application of digital image processing algorithms in optoelectronic systems are considered. Examples of using digital image processing algorithms in various industries are provided. Methods for improving image quality, including noise filtering, contrast enhancement, and sharpness improvement, are investigated. The research results can be used in the development and improvement of machine vision systems, video surveillance systems, and other optoelectronic devices.

Введение

В современном мире оптико-электронные системы (ОЭС) играют ключевую роль во многих областях науки и техники, от систем безопасности до медицинской диагностики. Актуальность применения алгоритмов цифровой обработки изображений в таких системах обусловлена постоянно растущими требованиями к качеству получаемых изображений и необходимостью их автоматизированного анализа. Развитие вычислительной техники и появление новых методов обработки данных открывают широкие возможности для совершенствования существующих алгоритмов и разработки новых подходов к обработке изображений. Особую значимость приобретают вопросы повышения эффективности работы оптико-электронных систем в сложных условиях наблюдения, при наличии помех и ограниченной видимости. Целью данной работы является исследование современных алгоритмов цифровой обработки изображений и их практического применения в оптико-электронных системах. В рамках исследования решаются задачи анализа существующих методов улучшения качества изображений, разработки рекомендаций по их оптимальному применению и оценки эффективности предложенных решений. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов для повышения качества работы систем технического зрения, видеонаблюдения и других оптико-электронных устройств, что особенно важно в условиях растущей автоматизации производственных и технологических процессов.

Историческая справка

История цифровой обработки изображений тесно связана с развитием вычислительных технологий и эволюцией теоретических подходов к анализу визуальной информации. Эта область, которая сегодня является основой для множества приложений в науке, технике и искусстве, имеет свои корни в середине XX века. Первые шаги в области цифровой обработки изображений были сделаны в 1950-е годы. В это время ученые начали осознавать потенциал использования компьютеров для обработки и анализа визуальной информации. В начале 1960-х годов, с запуском первых спутников-разведчиков, открылась новая эра в области наблюдения за Землей из космоса. Однако вскоре стало очевидно, что для эффективного использования этой технологии в военных и научных целях необходимо значительно улучшить качество получаемых изображений. В развитие алгоритмов для улучшения качества спутниковых изображений в 1960-х годах внесли вклад такие ученые как: Роберт Нейтан – разработал одни из первых алгоритмов для улучшения качества

спутниковых снимков; Кеннет Лэнд – работал над методами улучшения контраста и резкости спутниковых изображений; Томас Хуанг – работал над алгоритмами фильтрации и восстановления изображений; Ричард Дуда – внес вклад в развитие алгоритмов обработки спутниковых снимков и другие. В 1970-е годы цифровая обработка изображений начала оформляться как самостоятельная научная дисциплина. В это время появились первые теоретические модели и алгоритмы, которые легли в основу будущих исследований. Были разработаны первые алгоритмы для устранения шумов и улучшения качества изображений, такие как фильтры Гаусса и медианные фильтры. Эти методы стали основой для более сложных систем обработки изображений. В этот период началась разработка алгоритмов для сегментации изображений и распознавания контуров, что позволило выделять объекты на изображениях и анализировать их структуру.

В 1980-е годы с развитием вычислительных мощностей и появлением более сложных алгоритмов цифровой обработки изображений, началась разработка специализированных устройств для захвата и обработки изображений, таких как сканеры и цифровые камеры, что позволило значительно расширить возможности цифровой обработки изображений. В 1990-е годы цифровая обработка изображений начала использоваться в таких областях, как медицинская диагностика (например, в МРТ и КТ), автоматизация производства и контроль качества. Эти приложения продемонстрировали потенциал технологии для решения реальных задач. С начала 2000-х годов цифровая обработка изображений вступила в новую фазу развития благодаря достижениям в области машинного обучения и, в частности, глубокого обучения. Использование сверточных нейронных сетей (CNN) позволило значительно улучшить результаты в задачах классификации изображений, детектирования объектов и сегментации. Это привело к революции в области цифровой обработки изображений и открыло новые горизонты для ее применения. Развитие графических процессоров (GPU) и облачных вычислений позволило обрабатывать большие объемы данных и обучать сложные модели, что способствовало быстрому прогрессу в этой области. Таким образом, история цифровой обработки изображений — это история постоянного развития и интеграции новых технологий, которые позволили превратить первоначальные теоретические идеи в мощный инструмент для решения широкого круга задач в самых различных сферах.

На сегодняшний день цифровая обработка изображений стала неотъемлемой частью ОЭС значительно расширив их возможности и эффективность. Цифровая обработка позволяет улучшать качество получаемых изображений, устранять шумы и искажения, повышать контрастность и четкость. Кроме того, она обеспечивает возможность автоматического распознавания объектов, анализа сцен и выделения значимых деталей. Интеграция цифровой обработки в ОЭС позволяет создавать комплексные системы, способные не только получать визуальную информацию, но и анализировать ее, принимать решения и предоставлять операторам или автоматическим системам управления уже обработанные и интерпретированные данные.

Примеры оптико-электронных систем, использующих алгоритмы цифровой обработки изображений

Оптико-электронные системы широко применяются в медицине для диагностики, лечения и мониторинга различных заболеваний. При этом используются различные системы медицинской визуализации, позволяющие получать изображения внутренних органов и тканей человека, например: компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика, позитронно-эмиссионная томография. Это позволяет врачам диагностировать и лечить различные заболевания, а также наблюдать за прогрессом лечения. Современные ОЭС в аэрокосмической промышленности играют ключевую роль в обеспечении высокоточного наблюдения и анализа Земли из космоса. Эти системы включают в себя сложные камеры и сенсоры, которые способны захватывать изображения с высоким разрешением в различных спектральных диапазонах, от видимого до инфракрасного. Благодаря этим технологиям, спутники могут предоставлять детализированные данные о состоянии земной поверхности, океанов и атмосферы, что критически важно для мониторинга окружающей среды, прогнозирования погоды и управления природными ресурсами. Развитие ОЭС также способствует улучшению навигации и безопасности. Использование алгоритмов цифровой обработки изображений и ОЭС в системах навигации и управления полетом значительно изменило подход к разработке и эксплуатации современных летательных аппаратов, включая самолеты, БЛА и космические аппараты. Эти технологии

обеспечивают более высокую точность, надежность и эффективность, что критически важно для безопасности и успешного выполнения полетных задач. Одним из направлений применения ОЭС в системах навигации и управления полетом является разработка систем помощи пилоту (*Enhanced Vision Systems, EVS*). Данные системы используют алгоритмы обработки изображений для улучшения видимости в сложных условиях, таких как туман, дождь или ночь, помогают обнаруживать препятствия на пути самолета, снижая риск столкновений при взлете и посадке. Алгоритмы цифровой обработки изображений активно применяются в промышленном производстве для автоматизации процессов, повышения качества продукции и снижения затрат. Они позволяют выполнять задачи, которые требуют высокой точности и скорости, такие как контроль качества, управление роботизированными системами и мониторинг производственных линий. Одним из направлений применения является контроль качества продукции. Данные системы с использованием алгоритмов цифровой обработки изображений стали важной частью современных производственных процессов. Эти технологии позволяют автоматизировать проверку изделий на соответствие стандартам качества, что значительно снижает вероятность человеческой ошибки и повышает общую эффективность производства. Системы контроля качества позволяют проводить дефектоскопию для автоматического обнаружения дефектов на производственных линиях, таких как трещины, царапины или несоответствия в окраске. Камеры фиксируют изображение продукта, а алгоритмы анализируют его на наличие дефектов, проверяют размеры и геометрию изделий, обеспечивая их соответствие заданным спецификациям.

В современной автомобильной промышленности опико-электронные системы и алгоритмы цифровой обработки изображений играют ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта водителя и пассажиров. Эти системы используются в различных приложениях, таких как системы помощи водителю ADAS (*Advanced driver-assistance systems*), автоматическое управление транспортными средствами, мониторинг дорожного движения и распознавание объектов на дороге. Они основаны на применении цифровой обработки изображений, которая позволяет достичь высокой точности распознавания объектов и обеспечивать безопасность на дорогах. ОЭС в современной автомобильной промышленности включают в себя различные компоненты, такие как камеры, радары, лидары и другие сенсоры, которые собирают информацию об окружающей среде. Важную роль в обеспечении безопасности людей, имущества и данных играют охранные системы. Эти системы используются для предотвращения несанкционированного доступа, кражи, вандализма и других видов преступной деятельности. Существует несколько типов систем охраны. В основе систем видеонаблюдения лежат опико-электронные системы, которые позволяют получать видеоизображения высокого качества. Эти системы состоят из камер, видеорегистраторов, мониторов и программного обеспечения для видеонаблюдения. Камеры, установленные в различных зонах объекта, передают видеосигнал на видеорегистратор, который записывает видео и хранит его на устройстве хранения данных. В современных системах видеонаблюдения широко используются алгоритмы цифровой обработки изображений, которые позволяют улучшить качество видеоизображения и обнаруживать потенциальные угрозы. Например, алгоритмы обнаружения лиц и движения позволяют системе видеонаблюдения автоматически обнаруживать лица и движения в зоне наблюдения и отправлять сигналы тревоги в случае обнаружения потенциальной угрозы. Кроме того, алгоритмы цифровой обработки изображений позволяют улучшить качество видеоизображения, уменьшить шум и артефакты, и повысить четкость изображения. Это позволяет операторам систем видеонаблюдения более эффективно контролировать объект и принимать своевременные меры в случае обнаружения потенциальной угрозы.

Методы улучшения качества изображений

Улучшение качества изображений — это важный этап в цепочке обработки изображений, который включает в себя ряд методов и техник, направленных на улучшение качества изображения и подготовку его для дальнейшего анализа. Этот этап играет ключевую роль в обеспечении точности и эффективности последующих алгоритмов обработки и анализа. Рассмотрим более подробно основные методы предварительной обработки изображений.

Удаление шумов. Шумы могут существенно ухудшать качество изображения, затрудняя дальнейший анализ. Для их устранения используются различные фильтры. Для удаления импульсных шумов могут применяться *усредняющие фильтры, основанные на порядковых статистиках* и *адаптивные*. К усредняющим фильтрам можно отнести фильтры, основанные на

вычислении среднего арифметического, среднего геометрического, среднего гармонического. Процедура фильтрации в случае среднеарифметического заключается в вычислении среднего значения яркости в окрестности фильтра в каждой точке изображения [1, с. 346]. Фильтры основанные на порядковых статистиках представляют собой пространственные фильтры, вычисление отклика которых требует предварительного упорядочивания (ранжирования) значений пикселей, заключенных внутри обрабатываемой фильтром области изображения [1, с. 350]. Наиболее известным фильтром, основанным на порядковых статистиках является *медианный фильтр*. Он применяется для удаления импульсных шумов. Основная идея медианного фильтра заключается в том, что для каждого пикселя в изображении его новое значение заменяется на медиану значений пикселей в некотором окне (или области) вокруг него [1, с. 350–351, 2, с. 234–236]. При этом медиана значений пикселей в пределах заданной области соответствует центральному значению, полученному после предварительного упорядочивания (ранжирования). Это позволяет эффективно удалять шум, так как медиана менее чувствительна к выбросам (например, шуму) по сравнению со средним значением. Помимо обычного медианного фильтра применяется *адаптивный медианный фильтр*. В отличие от обычного медианного фильтра, адаптивный фильтр изменяет размеры окрестности во время работы в соответствии с заданными условиями. Это позволяет сохранить детали фильтруемого изображения в тех областях, где шум не является импульсным [1, с. 360–362, 2, с. 236–237]. Хотя медианные фильтры принадлежат к числу наиболее часто используемых в обработке изображений, могут применяться *фильтры максимума и минимума*. Для устранения гауссовых шумов может применяться *гауссов фильтр*, представляющий собой свертку с ядром, определенным из двумерной гауссовой функции (рисунок 1).

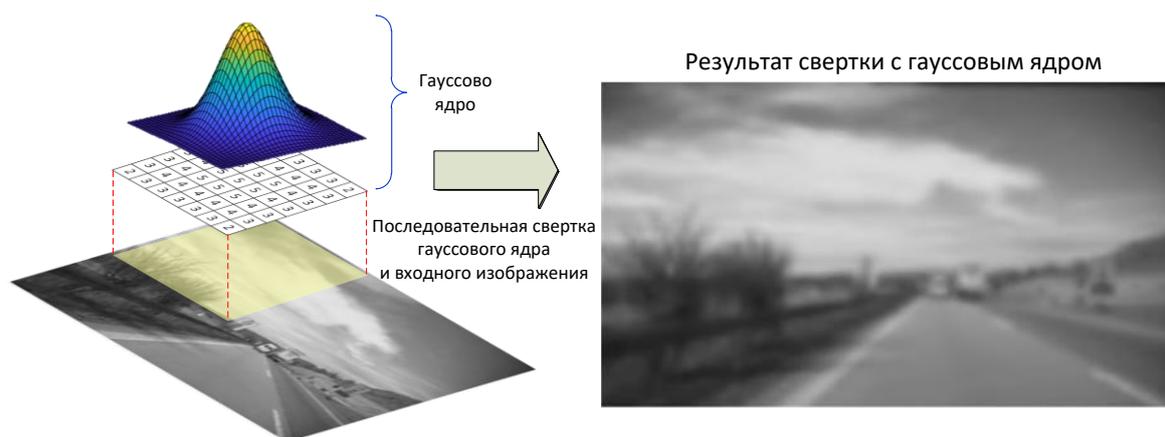


Рис. 1. Пример использования гауссового фильтра 7×7 и стандартным отклонением для размытия изображения

Величина стандартного отклонения задает масштаб, определяющий степень размытия изображения после применения фильтра [3, с. 81–83]. Помимо импульсных шумов на изображении могут возникать *периодические шумы*, для устранения которых применяются специальные *полосовые, режекторные и узкополосные фильтры*. В отличие от импульсных шумов, для устранения периодических переходят в частотную область с помощью преобразования Фурье [1, с. 364–381].

Коррекция яркости и контраста. Для улучшения визуального восприятия и выделения деталей изображения часто требуется коррекция яркости и контраста. Задача повышения контраста заключается в «растягивании» диапазона яркости изображения на всю шкалу [4, с. 176–178]. Обычно в качестве рабочего диапазона используется диапазон $0 \dots 255$ значений яркости. При этом 0 соответствует значению черного, 255 – значению белого. При линейном контрастировании используется линейное поэлементное преобразование вида:

$$y = ax + b,$$

где a и b – постоянные. При этом параметры a и b определяются желаемыми значениями минимальной y_{\min} и максимальной y_{\max} выходной яркости.

После ряда известных преобразований и решения системы линейных уравнений, параметры a и b могут быть рассчитаны следующим образом:

$$a = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}; b = \frac{y_{\min} x_{\max} - y_{\max} x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

где x_{\max}, x_{\min} – оцениваемые значения максимальной и минимальной яркости пикселей исходного изображения.

В качестве примера на рисунке 2 приведены результаты линейного контрастирования и приведение динамического диапазона к значениям $y_{\min} = 0, y_{\max} = 255$.



Рис. 2. Пример использования процедуры линейного контрастирования: *а* – полутоновое изображение со значениями яркости $x_{\min} = 180, x_{\max} = 240$; *б* – результат линейного контрастирования и приведение динамического диапазона к значениям $y_{\min} = 0, y_{\max} = 255$

Заключение

В ходе проведенного исследования были детально рассмотрены современные подходы к применению алгоритмов цифровой обработки изображений в оптико-электронных системах. Анализ показал широкие возможности использования данных алгоритмов в различных отраслях, от промышленного производства до систем безопасности. Особое внимание было уделено методам улучшения качества изображений, включая фильтрацию шумов, повышение контрастности и четкости. Практическая значимость работы подтверждается возможностью применения полученных результатов при разработке и совершенствовании систем технического зрения, систем видеонаблюдения и других оптико-электронных устройств. Результаты работы создают основу для повышения эффективности функционирования оптико-электронных систем в различных областях применения.

Список использованных источников

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Методы компьютерной обработки изображений : учеб. пособие / М. В. Гашников [и др.] ; под ред. В. А. Сойфера. – Изд. 2-е, испр. – М. : Физматлит, 2003. – 780 с.
3. Клетте, Р. Компьютерное зрение: теория и алгоритмы / Р. Клетте ; пер. с англ. А. А. Слинкин. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 506 с.
4. Методы компьютерной обработки изображений : учеб. пособие / М. В. Гашников [и др.] ; под ред. В. А. Сойфера. – Изд. 2-е, испр. – М. : Физматлит, 2003. – 780 с.