

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ
И ИННОВАЦИИ**



**25 СЕНТЯБРЯ 2025
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
им. ЛОМОНОСОВА

**СБОРНИК ИЗБРАННЫХ СТАТЕЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
"ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ"**

СЕНТЯБРЬ 2025

Материалы конференции

Рекомендовано к публикации
редакционно-издательским советом
МИПИ им. ЛОМОНОСОВА
Протокол № 649 от 25.09.2025



Санкт-Петербург
2025

УДК [5+3+62] (082)
ББК 20я43+60я43+30я43
М 34

Перспективные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей международной научной конференции (Санкт-Петербург, Сентябрь 2025). – СПб.: МИПИ им.Ломоносова, 2025. – 46с.
URL: http://disk.yandex.ru/Архив_МИПИ/2025/250925 дата публикации: 25.09.2025)

ISBN 978-5-00234-263-1
DOI 10.58351/250925.2025.48.14.001

Сборник материалов конференции включает избранные научные труды участников конференции. Статьи рекомендованы к публикации редакционно-издательским советом Международным институтом перспективных исследований им.Ломоносова.

Материалы международной научной конференции "Перспективные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации" адресованы сотрудникам научно-исследовательских институтов, научно-педагогическим работникам образовательных организаций, руководителям и специалистам государственных и частных организаций в соответствующей тематике сфере деятельности.

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ МИПИ им. ЛОМОНОСОВА
СБОРНИК ИЗБРАННЫХ СТАТЕЙ
СЕНТЯБРЬ 2025**

*Сборник издается без редакторских правок.
Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.*

Выпускающий редактор Е.П.Романова
Ответственный за выпуск А.С.Печенкин
Подписано к изданию с оригинал-макета 25.09.2025.
Формат издания: 148x210мм (А5). Гарнитура Time New Roman (статьи), Arial Narrow (оглавление, титул).
Усл.печ.л. 2,8. Объем данных 12Мб. Заказ № 42659.
Международный институт
перспективных исследований им.Ломоносова
197348, Санкт-Петербург, бизнес-центр Норд-Хаус
info@spbipi.ru

©МИПИ им.Ломоносова, 2025

ISBN 978-5-00234-263-1



**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ
ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И
ИННОВАЦИИ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**



Дормидошина Дарья Андреевна,
Технический директор, АО «ЦКБ «Дейтон»
Dormidoshina Daria A., Technical Director
of JSC «CDO «Deyton»

Рубцов Юрий Васильевич,
Генеральный директор, АО «ЦКБ «Дейтон»
Rubtsov Yuriy V., General Director
of JSC «CDO «Deyton»

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: ТЕХНОЛОГИИ И ПРЕИМУЩЕСТВА COMPUTER VISION IN MODERN MANUFACTURING: TECHNOLOGIES AND ADVANTAGES

Аннотация. *Статья посвящена применению систем компьютерного зрения в современном производстве для автоматизации контроля качества. Рассматриваются технологические аспекты и ключевые преимущества внедрения таких систем, включая повышение точности и скорости обработки. Описываются основные компоненты технологии, принципы обработки цифровых изображений и интеграции в производственные линии. Подчёркивается, что компьютерное зрение позволяет минимизировать человеческий фактор и значительно снизить процент брака. В заключении отмечается, что эта технология становится неотъемлемой частью интеллектуальных производственных систем, определяя конкурентоспособность предприятий.*

Abstract. *This article explores the use of computer vision systems in modern manufacturing to automate quality control. It examines the technological aspects and key benefits of implementing such systems, including increased accuracy and processing speed. It describes the key components of the technology, the principles of digital image processing, and integration into production lines. It emphasizes that computer vision minimizes human error and significantly reduces defect rates. The conclusion notes that this technology is becoming an integral part of intelligent manufacturing systems, determining the competitiveness of enterprises.*

Ключевые слова: *Компьютерное зрение, автоматизация, изображение, контроль качества.*

Keywords: *Computer vision, automation, imaging, quality control.*

Введение

Современное производство характеризуется стремительным развитием радиоэлектроники и постоянным ужесточением требований к точности изготовления деталей и сборки изделий. При этом наблюдается устойчивая тенденция к миниатюризации и усложнению форм выпускаемой продукции, что, в свою очередь, повышает значимость контроля качества. Традиционные методы визуального контроля зачастую оказываются слишком медленными, трудоемкими и дорогостоящими для удовлетворения этих растущих требований.

Выходом из сложившейся ситуации становится активная автоматизация, ключевым направлением которой является внедрение систем компьютерного зрения. Эти высокотехнологичные комплексы способны кардинально ускорить производственные процессы, снизить себестоимость продукции и минимизировать влияние человеческого фактора. Сегодня компьютерное зрение решает задачи оптимизации скоростных производственных линий, обеспечивает стопроцентный контроль качества и управление сортировкой.

Использование данной технологии открывает новые возможности для бесконтактного измерения геометрических параметров, обнаружения дефектов и оперативного внесения корректировок в технологический процесс. Системы компьютерного зрения интегрируются в действующие производственные линии, становясь неотъемлемой частью современных АСУ ТП и MES-систем. Таким образом, переход на автоматизированный контроль с помощью компьютерного зрения представляет собой закономерный и необходимый этап в эволюции высокоточного производства.

Ключевые аспекты технологии компьютерного зрения

Сегодня системы компьютерного зрения активно внедряют многие заводы и лаборатории, крупные предприятия и научно-исследовательские центры, города и метрополитены. Чаще всего компьютерное зрение применяют для проверки, оценки и измерения контрольных показателей [1]. Его использование позволяет существенно снизить затраты, и временные, и финансовые. Преимущества:

- более 97% контроль качества каждой единицы продукции;
- исключается «человеческий фактор»;
- позволяет управлять механическими устройствами сортировки и отбраковки;

□ контроль качества в реальном масштабе времени позволяет своевременно внести корректировки в технологический процесс и исключить брак;

□ интеграция в действующие производственные линии, АСУ ТП и MES.

Дополнительные возможности:

□ компьютерное зрение обеспечивает не только обнаружение дефектов, но и оценку их размеров, классификацию по типам дефектов, ведение статистики, а также сохранение и выдачу результатов работы за заданный период с возможностью распечатки отчетов.

□ помимо контроля плоских поверхностей, с помощью компьютерного зрения может осуществляться инспекция элементов сложной формы, при этом в систему дефектоскопии интегрируются эндоскопы, волоконно-оптические световоды и системы управления механизмами поворота деталей.

□ с помощью одной системы может быть организован комбинированный выходной контроль качества: измерения размеров, проверка сборки изделия, отсутствия внешних дефектов.

Компьютерное зрение обеспечивает:

□ оценку формы изделия, бесконтактное измерение геометрических параметров изделий: линейных размеров; координат центров отверстий и их диаметров; углов между гранями и ребрами;

□ обнаружение дефектов на поверхности.

Специализированное программное обеспечение производит сверку полученных данных с чертежами (геометрическими моделями) и выявляет отклонения.

При использовании компьютерного зрения отпадает необходимость выбора точки отсчета, облегчаются перпендикулярные и параллельные измерения, резко возрастает точность всех измерений [2]. Программное обеспечение обеспечивает выявление геометрических отклонений, а также раковин, трещин, коррозии и прочих дефектов. Компьютерное зрение позволяет оперативно выявлять и устранять дефекты, корректировать размеры и проводить другие мероприятия, направленные на повышение качества изделий.

Компьютерное зрение очень похоже на наше человеческого зрение – системе нужно увидеть объект, обработать изображение, получив с него нужную информацию, и управлять процессом. Если говорить в терминах, то «машинное зрение» – это одна из областей

компьютерного зрения, нацеленная на решение промышленных задач с целью автоматизации, роботизации и аналитики. Совмещая в себе многие науки из оптики, фотоэлектроники, микропроцессорной техники, программирования и глубокого обучения машинное зрение является высокотехнологичным направлением развития искусственного интеллекта [3].

Компьютерное зрение обладает множеством преимуществ, по сравнению с традиционными методами визуального контроля, но организация компьютерного зрения требует существенных вложений и является экономически оправданной лишь тогда, когда имеется перспектива быстрой окупаемости:

- массовое производство, требующее сквозного входного и выходного контроля и, как следствие, большого числа измерений;

- производство уникальных изделий сложной формы, также требующее множества измерений, несмотря на небольшое число продукции.

Основные составляющие компьютерного зрения и их описание:

- свет: для того чтобы что-то увидеть человеку нужен свет, камерам компьютерного зрения тоже нужна качественная подсветка объекта съемки. Подсветка – источник света, он же источник информации для камеры. Без качественного света трудно добиться результата от системы компьютерного зрения. Используют как белый 5000К, так и цветные источники, УФ, ИК, SWIR и мультиспектральные, лазерные – проецирующие линию, сетку, точки и т.д.;

- оптика: у человека есть от природы глаза, позволяющие сфокусироваться на объекте – у камеры это индустриальный объектив – его нужно «навести» на исследуемое изделие. Оптика – это подходящий под камеру объектив на нужное фокусное расстояние, может быть с изменяемой фокусировкой (жидкой линзой или приводом). Светофильтры позволяют обрезать неиспользуемые спектры излучения, затонировать изображение, убрать блики с поверхности и т.д.;

- камера: за чувствительность к свету и цвету у человеческого глаза отвечает сетчатка, в промышленной видеокамере – матрица из фотоэлементов (сенсор или светочувствительная пластина) [4], которая установлена внутри камеры. Одна или несколько камер передает несжатую картинку высокого качества. Камеры могут иметь различные сенсоры: линейный или матричный, ToF, цветной,

монохромный, 3D и т.д. Она всегда содержит ПЛИС – организующая работу камеры, позволяющая корректировать кадр, производить съемку, управлять светом и многое другое;

□ датчик синхронизации – источник импульса для съемки камеры или «триггер», обычно это оптические ворота или индукционный датчик. Также устанавливают энкодеры для бесшовной съемки;

□ компьютер: у человека сигнал от глаза должен перейти в мозг по зрительному нерву, в компьютерном зрении эту функцию выполняет кабель и индустриальный компьютер – переносит изображение с камеры далее в программную среду. В компьютерном зрении может применяться специальная версия ПК в безвентиляторном исполнении с компонентами индустриального класса и с питанием от 12-24В;

□ программное обеспечение: в случае человека – его мозг, который с рождения обучается различать предметы, в индустриальных задачах – это специализированное программное обеспечение, которое с использованием алгоритмов высшей математики и нейронных сетей находит на изображении нужную информацию. С помощью программного обеспечения происходит анализ изображения, используя библиотеки компьютерного зрения или готовые решения;

□ управление: далее нужно управлять процессом на основе увиденного – наш мозг для этого начинает управлять руками/ногами для переключения режима работы установки, а компьютер компьютерного зрения через промышленные интерфейсы передает нужную команду. Специальные кабели-камеры обычно имеют интерфейсы USB, Ethernet, CoaXPress – для них используются кабели промышленного исполнения с усиленным экраном и вибростойкостью. Оборудование ввода-вывода – это могут быть как платы I/O, так и различные промышленные интерфейсы CAN, FieldBUS, ProfiNET, COM и т.д. Соединяемые с исполнительными устройствами. Сетевые карты или платы видеозахвата – так как камеры компьютерного зрения передают большой объем данных, используются специальные серверные Ethernet платы, а также frame-grabber для интерфейсов CoaXPress, CLHS и CameraLink;

□ монитор или сетевые интерфейсы для контроля за работоспособностью комплекса и выбора режима работы;

□ время процесса: у человека (бодрого и отдохнувшего) данные действия занимают более секунды, в компьютерном зрении на все

операции выделяется не более 50 мс. Все процессы происходят автоматически, на больших скоростях. Сценарии и условия работы могут быть совершенно различными – существует очень много решений для индустриальных задач.

Некоторые элементы могут быть исключены или совмещать в себе сразу несколько пунктов, например, лазерные 3D сканеры не требуют подсветки, а смарт-камеры способны обработать изображение внутри себя без использования внешнего ПК [5].

Парадигма компьютерного зрения такова – дорогая система с множеством функций будет долго окупаться, если ее возможности не будут востребованы в условиях существующего производственного процесса, и наоборот – бюджетное устройство может не справиться с поставленными задачами. Для решения задач необходимо провести маркетинговые исследования, сопоставить производственные проекты с функциональностью систем, рассчитать капитальные вложения и период окупаемости.

Основы представления и обработка цифровых изображений

Цифровое значение изображений в системе компьютерного зрения – это объект, полученный в результате восприятия видимых свойств изделий и преобразования их в цифровую форму с данными, приемлемыми для дальнейшей обработки в целях оценки качества изделий [6].

Существуют два основных способа представления цифрового изображения в системах компьютерного зрения:

□ растровое – представляется как прямоугольный двумерный массив чисел, при этом каждое число соответствует одному элементу изображения или пикселю. Такие массивы часто передаются и хранятся в сжатом виде. Растровые изображения в системе получаются с помощью источников различных типов: светочувствительных камер; датчиков расстояний; радаров; ультразвуковых камер;

□ векторное – представляется путём математического описания элементарных геометрических объектов – примитивов, таких как точки, линии, сплайны, кривые Безье, круги и окружности, многоугольники. Векторные изображения, полученные в результате математической геометрии (вектор). В математических терминах вектор состоит как из величины, или длины, так и из направления.

Растровые и векторные цифровые изображения могут быть объединены в одном цифровом изображении.

Последовательность действий, выполняемых системой компьютерного зрения, можно представить в следующем виде:

а) изображение, полученное с источников (камер, датчиков), попадает в захватчик кадров или в память компьютера. Захватчик кадров – это устройство, которое преобразует выходные данные с источников в цифровой формат (как правило, это двумерный массива чисел) и размещает изображения в памяти компьютера, так чтобы оно могло быть обработано с помощью программного обеспечения для машинного зрения.

б) программное обеспечение, как правило, совершает несколько шагов для обработки изображений. Часто изображение для начала обрабатывается с целью уменьшения шума или конвертации множества оттенков серого в простое сочетание черного и белого (бинаризация). После первоначальной обработки программа будет считать, производить измерения и/или определять объекты, размеры, дефекты и другие характеристики изображения. В качестве последнего шага, программа пропускает или забраковывает изделие в соответствии с заданными критериям. Если изделие идет с браком, программное обеспечение подает сигнал механическому устройству для его отправки в брак. Другой вариант развития событий – система может остановить производственную линию и предупредить человека-оператора для решения этой проблемы.

Хотя большинство систем компьютерного зрения используют «черно-белые» камеры, использование цветных камер становится все более распространенным явлением. Кроме того, все чаще такие системы используют цифровые камеры прямого подключения, а не камеры с отдельным захватчиком кадров, что сокращает расходы и упрощает систему.

Обработка цифровых изображений в системах компьютерного зрения базируется на преобразовании одного формата изображений в другой, позволяющий выполнить анализ объектов на изображении [7]. Например, корректировка контрастности, обнаружение краёв, исследуемых на предмет соответствия качеству изделий, устранение шумов или геометрическое преобразование элементов изображений. Данные операции для целей компьютерного зрения предполагают, что обработка изображения зависит от содержания самих изображений и от допущений относительно того, что представлено на изображениях.

В системах компьютерного зрения используются следующие технологии обработки цифровых значений изображений:

- обнаружение;
- распознавание;
- идентификация;
- восстановление изображений;
- выделение на изображениях структур определенного вида, сегментация изображений;
- анализ оптического потока.

Классическая задача в обработке изображений в системах компьютерного зрения – это определение содержат ли цифровые значения изображений некоторый характерный объект, особенность или активность. Эта задача может быть достоверно и легко решена человеком, но до сих пор не решена удовлетворительно в системах в общем случае: необходимо обнаружить выпадающий из номенклатуры допусков и разнообразия форм дефект, содержащийся в исследуемом изделии.

Обнаружение основано на относительно простых и быстрых вычислениях, иногда используется для нахождения небольших участков в анализируемом изображении, которые затем анализируются с помощью приемов более требовательных к ресурсам для получения правильной интерпретации.

Одно или несколько предварительно заданных или изученных изделий, или элементов изделий могут быть распознаны (обычно вместе с их двухмерным положением 2D на изображении или трехмерным положением в пространстве 3D).

Заключение

В заключение можно констатировать, что внедрение систем компьютерного зрения знаменует собой качественно новый этап в развитии производственного контроля. Данная технология доказала свою эффективность в решении задач, непосильных для традиционных методов визуального осмотра. Она обеспечивает беспрецедентный уровень точности, скорости и объективности при оценке качества продукции.

Использование компьютерного зрения позволяет не только мгновенно выявлять малейшие отклонения и дефекты, но и оперативно влиять на технологический процесс, предотвращая выпуск брака. Это способствует значительной экономии ресурсов и повышению общей рентабельности производства. Тесная интеграция таких систем в автоматизированные линии управления создает целостную и высокоэффективную производственную экосистему.

Таким образом, компьютерное зрение перестает быть просто инструментом контроля, а становится ключевым элементом интеллектуального производства. Его дальнейшее развитие и внедрение являются необратимой тенденцией, определяющей конкурентные преимущества современных промышленных предприятий в условиях глобального рынка.

Список литературы:

1. James E. Dobson, The Birth of Computer Vision // Minneapolis, University of Minnesota Press. 2023. 215 p.
2. Л. Шапиро, Дж. Стокман, Компьютерное зрение // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2006. 763 с.
3. Yoon Nam Voon, Ying Hai Chong, Koon Meng Ang, Wei Hong Lim, Computer-Vision-Based Integrated Circuit Recognition Using Deep Learning // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2022. P. 913-925.
4. Abramoff M., Garvin M., Sonka M. Retinal imaging and image analysis // IEEE Reviews in Biomedical Engineering. 2010 – №3. P. 169–208
5. И.С. Надин, Техническое зрение для системы управления сортировочного работа // URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/47752/1/TPU541998.pdf> (дата обращения: 15.09.2025 г.)
6. Nikola S. Nikolov, Patrick Healy. Hierarchical Drawing Algorithms // In book: Handbook of Graph Drawing and Visualization University of Limerick. Ireland. 2013. №1. P. 409-454.
7. А.А. Лукьяница, А.Г. Шишкин, Цифровая обработка изображений // М.: «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. 518 с.

