

УДК 51-37

**ВСЁ О ПРИМЕНЕНИИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ****Нагорный Максим Алексеевич,**

Уральский государственный экономический университет, студент

Электронная почта: maxym.nagorny.61@gmail.com

Россия, Екатеринбург

**Половников Владислав Алексеевич,**

Уральский государственный горный университет, студент

Электронная почта: vladislavic2014@yandex.ru

Россия, Екатеринбург

**Аннотация**

Статья даёт общее представление о применении машинного зрения на предприятии с технической точки зрения. Описана общая архитектура системы и рассмотрены её отдельные аппаратные и программные элементы. Предложен универсальный алгоритм реализации машинного зрения на предприятии, основанный на знаниях о его общей архитектуре.

**Ключевые слова:** автоматизация процессов, анализ изображений, архитектура нейронных сетей, глубокое машинное обучение, классификация изображений, машинное зрение, нейронные сети, свёрточные нейронные сети.

**ALL ABOUT APPLYING MACHINE VISION IN THE ENTERPRISE****Nagorny Maxim Alekseevich,**

Ural State University of Economics, student

Email: maxym.nagorny.61@gmail.com

Russia, Yekaterinburg

**Polovnikov Vladislav Alekseevich,**

Ural State Mining University, student

Email: vladislavic2014@yandex.ru

Russia, Yekaterinburg

**ABSTRACT**

This article gives an overview of the application of machine vision in the enterprise from a technical point of view. The general architecture of the system is described and its individual hardware and software elements are considered. A universal algorithm for implementing machine vision in an enterprise based on the knowledge of its general architecture is proposed.

**Keywords:** process automation, image analysis, neural network architecture, deep machine learning, image classification, machine vision, neural networks, convolutional neural networks.

В последнее время все чаще на предприятиях начинают использовать машинное зрение. Данный подход позволяет почти полностью исключить ошибки, которые могут возникать из-за человеческого фактора, а также обеспечить непрерывную работу отдельных процессов. Одними из главных преимуществ внедрения машинного зрения являются скорость выполнения и высокое качество выходного контроля продукции. Под минусами можно выделить дорогостоящее оборудование и программное обеспечение для функционирования системы, а также жесткие требования к источникам света, так как они напрямую влияют на качество изображения [3].

Внедрение автоматизации в процессы проверки позволяет малым и средним предприятиям снизить затраты на оплату труда, перенаправив высвободившиеся ресурсы на другие направления, например, на производство или научные исследования. Например, одно из небольших предприятий розничной торговли, внедрив технологии компьютерного зрения для контроля запасов и оценки качества товаров, смогло сократить затраты на труд на 25% уже в первый год. Кроме того, раннее выявление дефектов на этапах производства способно значительно сэкономить средства, предотвращая поставку некачественной продукции клиентам. Это не только помогает избежать расходов, связанных с возвратами и гарантийными обязательствами, но и сохраняет репутацию бренда. Обнаружение проблем с качеством на ранних стадиях позволяет своевременно принять корректирующие меры, что уменьшает объем брака, снижает количество отходов и повторных работ [7].

Уже на многих предприятиях есть примеры, где было успешно внедрено машинное зрение. На Челябинском металлургическом комбинате использовали это решение для контроля брака стали. Его реализация позволила распознавать более 20 классов дефектов, благодаря чему процент выявления дефектов увеличился до 97%, а контроль качества вырос в 6 раз. «Концерн Росэнергоатом» использовал машинное зрение в контроле за соблюдением техники безопасности персоналом предприятия. Данное решение позволило сократить в 10 раз нарушения из-за «человеческого фактора» [1].

На производстве системы машинного зрения обычно нуждаются в следующих технических элементах:

Освещение. Его правильная настройка яркости и расположения позволяет выделять определённые признаки, на основе которых можно распознать объект или его окружение.

Линза. Захватывает изображение и передает его на обработку плате захвата камеры.

Плата захвата или сенсор. Обрабатывает полученное изображение и преобразует его в цифровой формат.

Процессор. Запускает программное обеспечение и соответствующие алгоритмы, которые обрабатывают цифровое изображение и извлекают необходимую информацию.

Элементы коммуникации или интерфейс. Эти элементы образуют систему, которая позволяет камерам и системе обработки взаимодействовать с другими элементами более крупной системы, обычно с помощью дискретного сигнала ввода/вывода или последовательного соединения [5].

Выбор алгоритма или модели для решения задач машинного зрения зависит от множества факторов, среди которых можно выделить ограничения по вычислительным мощностям, памяти, скорости распознавания и скорости обучения. Большая часть моделей разработана на архитектуре свёрточных нейронных сетей и структурно отличаются лишь гиперпараметрами, такими как количество скрытых слоёв или нейронов, функция активации или функция потерь. Также, они могут отличаться разбиением целостной

структуры на несколько частей, каждая из которых обучается отдельно. Далее мы рассмотрим наиболее популярные модели на основе свёрточной нейронной сети:

AlexNet – глубокая свёрточная нейронная сеть, выигравшая конкурс по решению задачи классификации изображений LSVRC-2012 на наборе данных ImageNet. Со временем стали появляться улучшенные версии этой архитектуры.

VGG16 – улучшенная версия модели AlexNet, впервые предложенная в статье «Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition» за авторством К. Simonyan и А. Zisserman из Оксфордского университета [4]. Она точнее модели AlexNet, однако обучение этой версии занимает гораздо больше времени (несколько недель по сравнению с шестью днями у предшественника), и также она весит 533 МБ, что может вызвать затруднение с её развёртыванием.

OverFeat – модель свёрточной нейронной сети, предназначенная для выполнения трёх задач одновременно: распознавать объект, классифицировать его и уточнять положение на снимке (detection, recognition, and localization).

YOLO (You Only Look Once) – это семейство моделей, получившее популярность за счёт их малого веса и высокому качеству предсказаний. Эти модели позволяют распознавать объекты в реальном времени и их удобно использовать на портативных устройствах.

Семейство моделей R-CNN используют архитектуру Region Proposal Networks, позволяющую генерировать предлагаемые регионы нахождения объектов на изображении на основе предшествующей свёрточной карты признаков.

ResNet (Residual Network, «остаточная сеть») – модель, решающая задачу классификации изображений. Создана Microsoft таким образом, чтобы точность предсказаний не уменьшалась с увеличением количества скрытых слоев. В одном из научных исследований была показана высокая эффективность данной архитектуры при решении задачи классификации бракованных деталей по их рентгеновскому снимку. Для обучения 34-х слойной модели было проведено 150 эпох обучения с размером батча равным 64 (размер пакетов, на которые распределяются данные при обучении) при очень низком значении коэффициента скорости обучения (модель обучается очень долго, но итоговое качество классификации модели повышается) и использованием алгоритма оптимизации Adam и видеокарты NVIDIA RTX A6000, и по итогу удалось добиться более 94 % точности классификации на тестовых наборах данных [6].

Из моделей, не использующих в своей основе свёрточную архитектуру, можем выделить следующие:

SEER – самообучающаяся модель нейронной сети со сложной структурой и огромным количеством параметров, её можно дообучать на своих данных.

NBDT (Neural-Backed Decision Trees, NBDTs) – нейросетевая архитектура, основанная на деревьях принятия решений, которые применяются для решения задачи классификации. По точности предсказаний не уступает свёрточным нейронным сетям [2].

Теперь, на основе знаний о том, как работает машинное зрение и что для этого нужно, можно составить пошаговый алгоритм его реализации на любом предприятии под любые задачи:

1. Определить задачи, которые машинное зрение будет автоматизировать;
2. Дать оценку имеющимся ресурсам, которые можно выделить на реализацию машинного зрения: финансы, время и технические ограничения;
3. Выбрать модель или алгоритм для осуществления классификации изображений на основе выделенных ресурсов. Здесь нужно учитывать вес модели и данных для её обучения или дообучения, время обучения и стоимость её реализации. При необходимости и наличии заранее определить

классы, которые модель будет распознавать. На этом этапе также нужно определиться с программным обеспечением, на котором будет функционировать модель;

4. Выбрать аппаратное обеспечение, соответствующее рамкам выделенных средств;
5. Убедиться, что выбранные программные и аппаратные решения смогут функционировать в единой системе без конфликтов и ошибок. Если возникают противоречия, определить менее значимые элементы и заменить их, тем самым перейдя на пункт 3 или 4 алгоритма, в зависимости от специфики заменяемого элемента. Если противоречия продолжают возникать, вернуться к пункту 1, но при дальнейшем распределении ресурсов и выборе компонентов системы учитывать возникшие трудности и проблемы, которые не позволяют решить задачу;
6. Разработать проект по реализации машинного зрения в выбранной области со всеми выбранными решениями и ресурсами. Если при разработке проекта возникают противоречия, вернуться на пункт 5;
7. Приступить к реализации проекта.

Помимо проектирования системы машинного зрения, этот алгоритм также будет полезен при изучении этой области, поскольку он в сжатой и простой форме передаёт знания о принципах работы и функционирования машинного зрения на предприятии. Поняв эти принципы, можно адаптировать или полностью переделать алгоритм под определённые условия предприятия.

#### **Список литературы:**

1. Елена Попова // 8 кейсов использования компьютерного зрения на производстве - [2021]: сайт. - URL: <https://smartgopro.com/novosti2/computervision/> / (дата обращения: 09.02.2025).
2. Татьяна Корешкова // Компьютерное зрение: технологии, компании, тренды - [2021]: сайт. - URL: <https://rdc.grfc.ru/2021/04/analytics-computer-vision/> / (дата обращения: 09.02.2025).
3. Canrill // Merits and Limitations of Industrial Machine Vision Technology in Manufacturing - [2021]: сайт. - URL: <https://www.canrilloptics.com/the-limitations-of-machine-vision-technology-in-industrial-manufacturing.html> / (дата обращения: 09.02.2025).
4. Karen Simonyan // Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition - [2015]: сайт. - URL: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> / (дата обращения: 12.02.2025).
5. Kinza Yasar // What is machine vision? - [2024]: сайт. - URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-vision-computer-vision/> / (дата обращения: 09.02.2025).
6. Miles V. BIMROSE // Automatic detection of hidden defects and qualification of additively manufactured parts using X-ray computed tomography and computer vision - [2024]: науч. ст. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213846324002104> / (дата обращения: 11.03.2025).

7. Saeed Akhtar, Freya Martha // Quality Control in Retail and Manufacturing: Computer Vision Innovations for SME Operations - [2024]: науч. ст. - URL: <https://www.researchgate.net/search/publication?q=computer%20vision%20in%20manufacturing> / (дата обращения: 11.03.2025).

**References:**

1. Elena Popova // 8 Cases of Using Computer Vision in Manufacturing - [2021]: website. - URL: <https://smartgopro.com/novosti2/computervision/> / (accessed: 02/09/2025).
2. Tatyana Koreshkova // Computer Vision: Technologies, Companies, Trends - [2021]: website. - URL: <https://rdc.grfc.ru/2021/04/analytics-computer-vision/> / (accessed: 02/09/2025).
3. Canrill // Merits and Limitations of Industrial Machine Vision Technology in Manufacturing - [2021]: website. - URL: <https://www.canrilloptics.com/the-limitations-of-machine-vision-technology-in-industrial-manufacturing.html> / (accessed: 02/09/2025).
4. Karen Simonyan // Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition - [2015]: site. - URL: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> / (accessed: 02/12/2025).
5. Kinza Yasar // What is machine vision? - [2024]: site. - URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-vision-computer-vision> / (accessed: 02/09/2025).
6. Miles V. Bimrose // Automatic detection of hidden defects and qualification of additively manufactured parts using X-ray computed tomography and computer vision - [2024]: scientific article - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213846324002104> / (accessed: 11.03.2025).
7. Saeed Akhtar, Freya Martha // Quality Control in Retail and Manufacturing: Computer Vision Innovations for SME Operations - [2024]: scientific article - URL: <https://www.researchgate.net/search/publication?q=computer%20vision%20in%20manufacturing> / (accessed: 11.03.2025).