

## СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### COMPUTER VISION IN MANUFACTURE

V. Mamrega

*Summary.* This article discusses the prospects and advantages of the implementation of computer vision based on neural networks in production. The statistics of accidents at work are presented, the high rates of which are due to large volumes of production and an outdated system for monitoring compliance with safety rules and the availability of personal protective equipment for employees. The scheme of interaction of the components of a computer vision system is considered, which will allow monitoring of events occurring in production during operation, monitoring the situation at the enterprise for the occurrence of a potentially dangerous situation for personnel and equipment, and, accordingly, this system will be able to prevent an emergency, as well as avoid personal injury by reacting even to minor deviations from operating parameters. The research was carried out on the basis of the study and analysis of materials published in open information sources.

*Keywords:* production, computer vision, safety compliance, monitoring, production process, safety.

**Мамрега Валерий Викторович**  
Генеральный директор, ОсОО «Дарбаза-Автоматик»  
mamregavv@gmail.com

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются перспективы и преимущества внедрения компьютерного зрения на основе нейронных сетей на производствах. Приводится статистика несчастных случаев на производстве, высокие показатели которой обусловлены большими объемами производства и устаревшей системой мониторинга соблюдения правил техники безопасности и наличия средств индивидуальной защиты сотрудников. Рассмотрена схема взаимодействия компонентов системы компьютерного зрения, которая позволит производить мониторинг событий, происходящих на производстве в период эксплуатации, отслеживать ситуацию на предприятии на предмет возникновения потенциально опасной ситуации для персонала и оборудования, и, соответственно, данная система будет способна предотвратить аварийную ситуацию, а также избежать получения травм персоналом, реагируя даже при незначительном отклонении от рабочих параметров. Исследования проведены на основе изучения и анализа материалов, опубликованных в открытых информационных источниках.

*Ключевые слова:* производство, компьютерное зрение, соблюдение техники безопасности, мониторинг, процесс производства, промышленная безопасность.

### Введение

**Р**ост механизации во всех экономических отраслях — начиная от сельского хозяйства, строительной и энергетической индустрии, заканчивая торговлей и банковским делом, оказывает решающее влияние на повышение роли промышленности в современном мире.

Например, роль промышленности в секторе сельского хозяйства определяется обеспечением высокого качества и объемов производимых комбикормов, которые можно достичь только при помощи высокоточного оборудования.

В энергетическом секторе основным оборудованием являются динамические типы устройств, такое как компрессоры, газовые турбины, насосы, что, соответственно влечет высокие требования по мониторингу рабочих параметров и безопасную эксплуатацию машин, что обеспечивается, опять же, за счет высокоточного оборудования.

То же самое касается и большого количества финансовых операций, которые, как в сфере торговли, так и в банковском деле, требуют колоссальных вычислительных мощностей, что достигается за счет использований вычислительных систем и серверов, способных обрабатывать и сохранять цифровую информацию.

Все это говорит о востребованности развития механизации не только в каждой отрасли материального производства, но и в каждой сфере современной жизни общества.

В настоящий момент, одни из самых революционных открытий в развитии механизации принадлежат технологии компьютерного зрения, позволяющего автоматизировать и упростить работу многих отраслей производства, медицины, образования и организации безопасности.

Существует несколько значимых и на данный момент до конца не решенных задач, которые ставит перед собой технология компьютерного зрения. В кон-

тексте темы материальной промышленности можно выделить конкретные из них:

В сфере промышленности выделяется необходимость перехода от цифрового управления отдельной установки к управлению всем производственным процессом, а в целях улучшения безопасности мониторинга оборудования и сбора данных. Одной из задач является внедрение для упрощения и автоматизации процесса производства виртуальных сенсоров, материального баланса и системы управления снабжением. Помимо прочего, технологии компьютерного зрения так же способствуют решению таких задач, как предсказание спроса, автоматическое управление и беспилотное оборудование.

Основной практической особенностью компьютерного зрения является его способность к автораспознаванию, выбору зоны интереса, возможность коррекции и дообучения, интеграция.

**Вклад данной работы в направление** исследования компьютерного зрения — это системный и продуктивный подход внедрения технологии на производство для решения многообразных задач с возможностью снижения стоимости единичных внедрений, который позволит не только фиксировать отклонения от рабочих параметров, но и производить мониторинг событий, происходящих на производстве в период эксплуатации, отслеживать различные опасные для жизни ситуации и соответственно, предотвращать аварии, получения травм персоналом.

#### Цель исследования

**Цель исследования** данной статьи — обзор видения темы в рамках промышленной сферы, рассмотрение перспектив и преимуществ внедрения компьютерного зрения на основе нейронных сетей на производство, формирование основных задач технологии и актуальных методов их решения. **Метод исследования** — изучение и анализ статистики и материалов, опубликованных в открытых информационных источниках и предшествующих научных трудах.

Первые научные труды, раскрывающие наиболее подробно задачи и технические особенности компьютерного зрения, появились еще в 80-х годах прошлого века. Один из них — книга «Цифровая обработка изображений» У.Прэтта [1, 2], которая освещает вопросы математического представления непрерывных и дискретных изображений, алгоритмы улучшения изображений, методы количественного описания, реставрацию и анализа изображений за счет способов цифрового кодирования.

Основы теории о сферах применения технологии алгоритмов цифровой обработки изображения изложил Т.С. Хуанг [3]. Современные исследования не ограничиваются научно-исследовательскими вузовскими работами и монографиями узконаправленной темы, помимо этого можно выделить книги Р. Гонсалеса — «Цифровая обработка изображений» [4], Д.А. Форсайта «Компьютерное зрение. Современный подход» [5] и многие другие работы, иллюстрирующие основные определения и понятия дисциплины компьютерного зрения, методологии цифровой обработки видеoinформации.

Таким образом, **новизна** данной работы отражается отсутствием узконаправленных исследований в совокупности с необходимостью понимания современных мировых тенденций и их практического применения в развитии технологии промышленности и непрерывностью повышения качества и изучения устройств с учетом перспективных задач их развития в будущем.

Рост интереса в научно-техническом сообществе к теме компьютерного зрения можно подтвердить статистикой по количеству участников конференции международной ICCV. Известно, что до 2009 года количество исследовательских работ данной темы не превышало 1500, а в 2017 году возросло почти в два раза. На сегодняшний день, начиная с 2019 года, заинтересованность отразилась в количестве участников конференции до 8000, и до сих пор значение исследователей и научных работ сильно увеличивается. Из этого следует факт востребованности темы компьютерного зрения, который отлично иллюстрирует **актуальность** представленной работы.

Необходимость непрерывного повышения качества технологий машинного зрения и ее адаптация для процесса материального производства не только способствуют решению поставленных задач, но и ведут за собой прогресс в создании более новых и современных технологий.

#### Материалы, исследование и результаты

Роль промышленности в строительной индустрии определяется объемами производимых конструкций и качеством строительного сырья, которое можно достичь, опять же, только с помощью высокоточного оборудования, позволяющего осуществлять качественную сборку элементов конструкций, поддержание заданных соотношений и требований качества компонентов при подготовке строительных смесей.

Таким образом, промышленность характеризует собой основную сферу материального производства,



Рис. 1. Основные сферы применения систем компьютерного зрения

в области которой создается большая доля ВВП и национального дохода. Именно поэтому такая область как промышленное производство на сегодняшний день действительно нуждается в автоматизации рабочего процесса с огромным количеством механических действий персонала — это крайне важно даже для распознавания дефектов на конвейере, не говоря уже о контроле безопасности сотрудников предприятия.

При такой важной роли промышленности в современном мире и скорости ее прогресса, все больше предъявляется требований по объемам производимой продукции, ее качеству и безопасности. Стандартных ресурсов, таких как систем видеонаблюдения, компьютерных программ и человеческого мониторинга уже недостаточно, а осуществление найма дополнительного персонала за наблюдением определенных параметров производства экономически нецелесообразно для предприятий.

Поэтому в настоящий момент ведется разработка и оптимизация системы, которая позволит производить мониторинг событий, происходящих на производстве в период эксплуатации, отслеживать ситуацию на предприятии на предмет возникновения потенциально опасной ситуации для персонала и оборудования, и, соответственно, данная система будет способна предотвратить аварийную ситуацию, а также избежать получения травм персоналом, реагируя даже при незначительном отклонении от рабочих параметров. Данная система называется системой компьютерного (машинного) зрения.

Машинное или компьютерное зрение (Computer Vision или CV) — это автоматическая фиксация и обработка как неподвижных, так и объектов, которые находятся в движении, с помощью компьютерных систем и комплекса специального оборудования. Компьютерное зрение и машинное зрение — термины немного разные, поскольку технология машинного зрения

больше относится к технике, к видекамерам для видеонаблюдения, веб-камерам для коммуникации и т.д.

Машинное зрение на настоящий момент активно внедряется и совершенствуется во многих отраслях, где необходим постоянный мониторинг большого количества информации для обеспечения высокого качества производства и уровня безопасности персонала, см. рис. 1.

В рамках производственной сферы, машинное зрение может быть применимо для решения множества актуальных вопросов — безопасность, контроль качества и процесса работы и т.д. Среди главных задач машинного зрения отметим следующие, применимые в сфере промышленности:

Контроль качества и оценка брака на производстве. Ручной отбор поврежденных, неправильно сделанных или не соответствующих техническим установкам деталей порой предприятию обходится в крупную сумму. К тому же, оценщику брака сложнее обнаружить дефект и быстро принять правильное решение в отличие от автоматизированной системы. Технологии нейросети с большим процентным соотношением справятся с этой задачей — они настроены под автоматическое обнаружение дефектов: например, несоответствие физического размера изделия указанным, наличие брака, отсутствие необходимых конкретных деталей и наклеек, несоответствие цвета и чистоты изделия.

Помимо этого, автоматическая сортировка позволяет убрать с конвейера несоответствующие бракованные детали, не подпуская их к последующему этапу производства — откуда неисправное изделие уже может попасть к потребителю.

К решению задач контроля качества в контексте дисциплины существует два подхода. Классический,

выделяемый ранее многими исследователями, заключается в основных способностях машинного зрения — это выделение по цвету, адаптивная бинаризация, морфологические преобразования, повышение контраста изображения т.д. Работа над алгоритмами изображения позволяет камерам видеонаблюдения автоматически фиксировать установленные данные — цвет, качество, размер изделия и наличие у него дефектов.

Второй способ, находящийся сейчас в прогрессирующем развитии — это нейронные сети. Этот способ в области контроле качества выделяется своей уникальной адаптивностью, и позволяет достичь высоких результатов в решении множества задач широкого спектра, касающегося и производства. Появляется возможность настройки алгоритма обучения нейросети, установки для системы конкретных задач. Более того, абсолютно разные задачи можно решить одним инструментом.

Единственное, что может тормозить или вывести в неэкономичный расход такую технологию машинного зрения — это недостаток данных, информации. Поскольку, чтобы выявлять дефекты, нейронных сети требуется видеопоток, который снимает готовую продукцию и демонстрирует возможные дефекты. Такой инновационной системе на сегодняшний день для должной функциональности и эффективности необходимо наличие множества примеров и генерация рабочих процессов.

Безопасность и контроль рабочего процесса. Еще одна популярная область задач, под которую заточена технология компьютерного зрения — это контроль соблюдения установленных норм и, соответственно, безопасности сотрудников на производстве. Характеризуется область контролем соблюдения зон, контролем периметра ношения касок, задачами видеоаналитики, детекцией касок и защитных костюмов.

В целях безопасности, на предприятиях требуется от сотрудников точное следование регламенту и инструкциям как, в целом, при выполнении должностных обязанностей, так и при выполнении определенного процесса работы. Нарушения подобных правил могут кому-то показаться мелочными и безобидными, но в ином случае и в иных обстоятельствах — это опасное для жизни действие.

Технологии машинного зрения на основе нейронных сетей позволяют отследить, были ли совершены подобные нарушения сотрудниками предприятия, были ли использованы необходимые средства защиты, соблюдалась ли установленная дистанция до опасных объектов и нужные рабочие режимы, не осуществля-

лась ли неправильная обработка на производстве. Кроме того, у большинства предприятий регламент предусматривает и необходимость выполнения конкретных повторяющихся действий, чтобы те, при должном выполнении, привели к большей экономии на издержках.

Следовательно, одной из самых распространенных функций систем компьютерного зрения на производствах является идентификация наличия средств индивидуальной защиты сотрудников, осуществляющих свою рабочую деятельность на потенциально опасных участках. Согласно оперативным данным министерства труда РФ в 2019 году, произошло 4078 случаев с тяжелыми и смертельными исходами на производственных объектах в результате несоблюдения техники безопасности.

Внедрение же систем компьютерного зрения позволит осуществлять постоянный мониторинг соблюдения требований безопасности, а именно определение, где на изображении, полученном в любой момент времени, у человека находится голова, руки и ноги и, самое главное, выявить замечания на предмет наличия средств защиты. Данная система производит анализ, надеты ли перчатки, использует ли сотрудник защитную каску и очки, есть у него с собой портативный газоанализатор, застегнута ли спецодежда и т.д., предупредив о нарушении работника и его руководство. По предварительным расчетам, внедрение систем компьютерного зрения на производстве позволит снизить количество несчастных случаев на 30–35%.

Для предприятия данная система позволяет обеспечить следующие преимущества:

- ◆ снизить уровень инцидентов на производстве, связанных с нарушением требований техники безопасности;
- ◆ моментально идентифицировать нарушение и сразу же информировать о данном нарушении работника и его руководство;
- ◆ охватить большую территорию для мониторинга сравнительно малыми ресурсами.

Так же, компьютерное зрение в значительной степени способно упростить работу специалистам по охране труда — борьба с хищением имущества предприятия, подложными деталями на конвейере, неправильным перемещением товара по складу, что позволяет им сосредоточиться непосредственно на важных моментах. Для компаний наличие данной системы позволяет сократить затраты и повысить уровень безопасности на производстве.

Специалист по охране труда физически не может находиться на нескольких производственных объек-

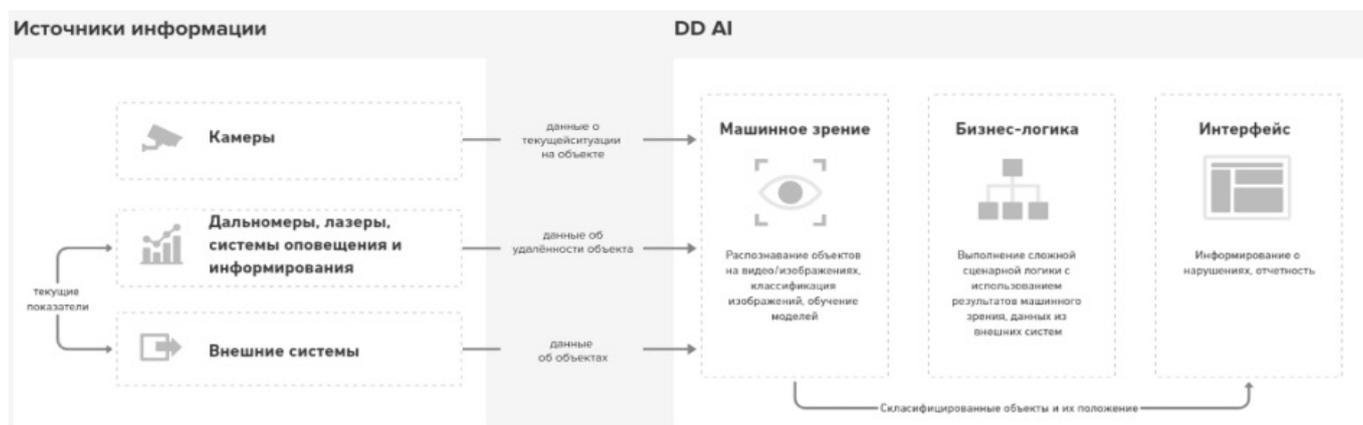


Рис. 2. Схема взаимодействия компонентов системы компьютерного зрения

тах или в помещениях для осуществления проверки соблюдения выполнения правил по технике безопасности и охране труда. Разумеется, в случае отсутствия на предприятии систем машинного зрения приводит к тому, что специалисту необходимо большее количество времени для обнаружения нарушителей, что, соответственно, влечет возникновение потенциально опасной ситуации для работников.

А отсутствие на производстве данной системы предполагает, что специалисты будут тратить свое время на постоянный мониторинг ситуации на производстве на постоянный просмотр видео, получаемых с камер видеонаблюдения, но для просмотра видео с каждой установки, с каждого помещения требуется большое количество специалистов, что является не выгодным для предприятий с финансовой точки зрения. Схема взаимодействия компонентов системы машинного зрения представлена на рис. 2.

Кроме области промышленной безопасности, компьютерное зрение способно осуществлять мониторинг и контроль производственных параметров, отслеживая их изменения и регулируя протекание процессов на производстве. Задачи склада, учета и логистики — контроль склада, считывания штрих-кодов и контроля движения товара заметно облегчают работу кладовщиков. Аналогична и задача цифровизации и подключение разного оборудования без наличия цифровых интерфейсов — критичная необходимость регистрации процесса дорогостоящей и опасной работы, которая без технологии машинного зрения не была бы осуществлена должным образом.

Проблема использования машинного зрения в качестве системы видеонаблюдения на производстве — это необходимость приобретения неэкономного оборудования с хорошим разрешением. А проблема использо-

вания машинного зрения на основе нейронной сети — это обязательное требование соблюдения множества шагов настройки системы, таких как создание разметки и обучения, выбор модели и тюнинг, тестирование, сглаживание результатов.

### Заключение

В данной статье были приведены характеристики, особенности и функции технологий машинного зрения, проанализированы известные в исследовательской среде научные работы, проиллюстрированы и приведены данные о сферах применения и статистике, конкретизированы преимущества использования машинного зрения в промышленной сфере, что позволило ответить на поставленные изначально вопросы.

На данный момент развитие технологий искусственного зрения стремительно развивается во многих областях жизни человека — начиная от оптимизации работы мобильных устройств и заканчивая обеспечением безаварийной работы производств, а также прорывами в области медицины. Современный мир ставит множество вопросов и задач перед учеными в плане реализации проектов, основанных на применении компьютерного зрения, которые, разумеется, нужно решать, учитывая потенциал применения данной технологии.

В заключении, можно сделать вывод, что технологии компьютерного зрения на основе нейронной сети все еще успешно развиваются, эволюционируют и совершенствуются в общем контексте развития технических и системных средств, возможностей научного прогресса, и пребывать в подобном состоянии будут еще долгое время. Что касается предпосылок и практического применения технологии в будущем, абстрагировавшись от понятий технологического прогресса или технической революции, можно сказать, что не всегда открытия

такого масштаба происходили последовательно в результате длительной эволюции. На это могли влиять многие факторы: от востребованности в определённых сферах применения до соотношения с запросами потребителя в определённый момент прогресса.

А при должной информационной освещённости данной темы, владельцам предприятий в сфере материального производства станет понятно, что технологии

компьютерного зрения на основе нейронной сети — это инновационный, устойчивый метод контроля безопасности и процесса производства, использующий системы, предполагающие более высокий контроль качества работы предприятия, предотвращение аварийных ситуаций и массовой дефектности результатов производства. Это эффективный инструмент, который может поспособствовать новому и прогрессивному развитию отрасли производства в будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн.1–312 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн. 2–480 с.
3. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Т.С. Хуанг, Дж.-О. Эклунд, Г. Дж. Нуссбаумер и др.; Под ред. Т.С. Хуанга: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1984. — 224 с.
4. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений, Москва: Техносфера, 2005. — 1072 с. ISBN5–94836–028–8.
5. Форсайт, Дэвид А., Понс, Жан Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «вильямс», 2004. — 928 с.: ил. — Парал. тит. англ. ISBN5–845–0542–7 (рус.)
6. Нейронные сети в промышленности и информационных технологиях [Электронный ресурс] — URL: <https://izron.ru/articles/razvitie-tekhnicheskikh-nauk-v-sovremennom-mire-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-na-sektsiya-2-informatika-vychislitel'naya-tekhnika-i-upravlenie-spetsialnost-05-13-00/neyronnye-seti-v-promyshlennosti-i-informatsionnykh-tekhnologiyakh/>
7. Нейронные сети для задач промышленности и безопасности [Электронный ресурс] — URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/all-over-ip/neyronnye-seti-dlya-zadach-promyshlennosti-i-bezopasnosti-vstraivaemye-sistemy-mashinnogo-zreniya-novogo-pokoleniya>
8. Шлагбаум с постом охраны [Электронный ресурс] — URL: <https://remstroyrest.ru/shl.html>
9. Нейросети в промышленности: как это работает? [Электронный ресурс] — URL: <https://telecomdaily.ru/news/2020/06/05/neyroseti-v-promyshlennosti-kak-eto-rabotaet>
10. Нечеловеческие способности [Электронный ресурс] — URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-september-projects/1863686/>
11. Нейронные сети [Электронный ресурс] — URL: [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/4114009](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4114009)
12. Машинное зрение: востребованность и перспективы [Электронный ресурс] — URL: <https://www.tbforum.ru/blog/mashinnoe-zrenie-vostrebovannost-i-perspektivy>
13. Машинное зрение [Электронный ресурс] — URL: <https://www.iksmidia.ru/articles/5685849-Mashinnoe-zrenie-kak-nauchit-lokomo.html>
14. Нейронные сети или как обучить искусственный интеллект? [Электронный ресурс] — URL: <http://internetinside.ru/neyronnye-seti-ili-kak-obuchit-iskuss/>
15. Машинное зрение. Что это и как им пользоваться? Обработка изображений оптического источника [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/ru/post/350918/>
16. Как нейросети помогают производствам [Электронный ресурс] — URL: <https://pahomov.pro/blog/kak-nejroseti-pomogayut-proizvodstvam-realnye-primery.html>
17. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] — URL: <https://exponenta.ru/comp-vision>
18. Анализ промышленного применения алгоритмов нейросетевого моделирования в нефтяной и газовой промышленности [Электронный ресурс] — URL: <https://nedraconsult.ru/news/analiz-promyshlennogo-primeneniya-algoritmov-neyrosetevogo-modelirovaniya-v-neftyanoy-i-gazovoy-prom/>
19. Какому бизнесу нужен искусственный интеллект [Электронный ресурс] — URL: <https://incrossia.ru/understand/nejronki-kakomu-biznesu-nuzhen-iskusstvennyj-intellekt-i-lajfhaki-kak-ego-vnedrit/>
20. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] — URL: [https://yandex.ru/company/technologies/computer\\_vision/](https://yandex.ru/company/technologies/computer_vision/)
21. Нейронные сети: общие технологические характеристики [Электронный ресурс] — URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1236>
22. Какую роль системы компьютерного зрения играют в четвертой промышленной революции? [Электронный ресурс] — URL: <https://www.baslerweb.com/ru/vision-campus/otrasli-i-zadachi/rol-kompyuternogo-zreniya-v-ehpohu-industriya-4-0/>
23. Компьютерное зрение. Задачи, области применения, перспективы [Электронный ресурс] — URL: <https://vc.ru/ml/166105-kompyuternoe-zrenie-zadachi-oblasti-primeneniya-perspektivy>
24. Выгодная имитация: мировая промышленность активно строит нейросети [Электронный ресурс] — URL: <http://digital-russia.rbc.ru/articles/vygodnaya-imitatsiya-mirovaya-promyshlennost-aktivno-stroit-neyroseti/>

© Мамрега Валерий Викторович (mamregavv@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»