



# МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ: ЧЕТЫРЕ ИННОВАЦИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЭНДРЮ АБРАМСОН (ANDREW ABRAMSON)

От оптики и осветителей до интеллектуальных камер, искусственного интеллекта и машинного обучения — машинное зрение в промышленной автоматизации развивается и меняется во всех отношениях. В этой статье пойдет речь о четырех ключевых инновациях.

## ВВЕДЕНИЕ

Машинное зрение неизменно остается одним из наиболее быстро развивающихся сегментов промышленной автоматизации. Хотя принципы, лежащие в его основе, мало изменились за прошедшее время, производители продолжают находить самые разные способы применения этих основ в новых и инновационных

устройствах. Инновации в области машинного зрения реализовались во множестве форм, хотя наибольшее влияние на отрасль оказали четыре технологических достижения:

- распространение «умных» камер;
- оптика и осветители;
- веб-интерфейсы;
- искусственный интеллект/машинное обучение.

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ «УМНЫХ» КАМЕР

При использовании в производственных процессах система машинного зрения получает изображение, реализует определенную автоматическую проверку или анализ этого изображения, а затем на основе полученных результатов формирует управляющий сигнал. Вычисления,

выполняемые при проведении проверки или анализа изображения, могут осуществляться либо на ПК, расположенному непосредственно на производственной площадке, либо в облаке, либо в самой камере.

С взаимопроникновением информационных сетей и промышленных систем управления, а также с повышением осведомленности о промышленной кибербезопасности заказчики удаляют мощное аппаратное обеспечение с производственных площадок и переносят задачи в виртуальные среды, локально или в облаке. ПК с машинным зрением не являются исключением.

Использование «умных» камер устраниет необходимость в еще одном ПК на предприятии, снижая риски безопасности и затраты на ИТ-обслуживание. При замене ПК «умной» камерой необходимо убедиться, что процессор камеры достаточно производительный и соответствует потребностям технологического процесса, связанным как со скоростью работы линии, так и со сложностью проводимой проверки.

Закон Мура предсказал закономерность увеличения числа транзисторов в интегральных схемах. Этот закон действует и сегодня, благодаря чему растет вычислительная мощность современных интегральных схем. Индустрия машинного зрения пользуется этим, постоянно создавая новые модели камер, которые обновляются быстрее, чем другое промышленное оборудование.

Там, где одна и та же модель программируемого логического контроллера, фотоэлемента или частотно-регулируемого привода может оставаться актуальной в течение многих лет или десятилетий, производители «умных» камер вводят новые модели каждый год или два. Это связано с тем, что вычислительная мощность камеры напрямую влияет на способность эффективно обрабатывать изображения, поэтому производители, если не хотят отстать от конкурентов, должны использовать самые современные из доступных микросхем.

Хотя по-прежнему существуют задачи, для которых приходится использовать вычислительные мощности компьютеров, по мере развития возможностей, доступных «умным» камерам, они начинают самостоятельно выполнять все

больше подобных задач. Уже сейчас «умные» камеры могут работать с такими продвинутыми технологиями, как трехмерное зрение и искусственный интеллект.

## ОПТИКА И ОСВЕТИТЕЛИ

Мудрость гласит: «Мусор на входе — мусор на выходе». Это верно и в отношении машинного зрения. Результаты обработки хороши настолько, насколько качественным получено изображение. Изображение должно представлять объекты таким образом, чтобы их можно было проанализировать. В результате производители систем машинного зрения разработали новые перспективные способы выявления особенностей, которые ранее оставались незамеченными. Помимо постоянно растущего разрешения, обеспечиваемого современными объективами и матрицами, мы наблюдаем и другие впечатляющие достижения.

## Вариативное фокусное расстояние

Задачи, в которых расстояние между камерой и точкой контроля непостоянно, всегда оставались существенной проблемой при внедрении систем машинного зрения. В качестве примера такой задачи можно представить конвейерную линию, на которой выполняются операции с несколькими видами продукции разного размера или высоты. Во многих случаях требования к диапазону рабочих расстояний и глубине резкости выходят за рамки возможностей одного объектива. В прошлом эта проблема решалась перемещением камеры во время переналадки линии, использованием нескольких камер или объективов с механической регулировкой фокуса.

Технология жидкокристаллических линз — современное решение этих проблем. Обычные объективы с механической фокусировкой решали проблему изменения расстояния, но из-за движущихся частей время отклика было большим и возникали затруднения с надежностью. Отсутствие в жидкокристаллических линзах движущихся частей устраняет подобные недостатки.

Недавно появились камеры, которые, помимо динамической настройки фокуса, обладают возможностью измерения расстояния. Когда объект оказывается под камерой, встроенный лазерный дальномер может

определить рабочее расстояние и с помощью жидкой линзы автоматически установить нужное фокусное расстояние. Это чрезвычайно полезно в случаях, когда на конвейере находятся изделия разной высоты.

## Специализированное освещение

Распознавание едва заметных выступов или рельефных символов на поверхности часто становится непосильной задачей для систем машинного зрения. Комбинации обычно применяемых осветителей позволяют выделить некоторые особенности поверхности, но редко дают возможность оценить точную форму углубления или рельефной поверхности. Вместо одного осветителя теперь производители используют несколько источников света, направленных на одно и то же место под разными углами. Для каждого осветителя поочередно формируется отдельное изображение, затем они интеллектуально сращиваются, образуя единый цифровой объект, анализ которого позволяет выявить небольшие углубления или другие особенности поверхности.

## Управляемые зеркала

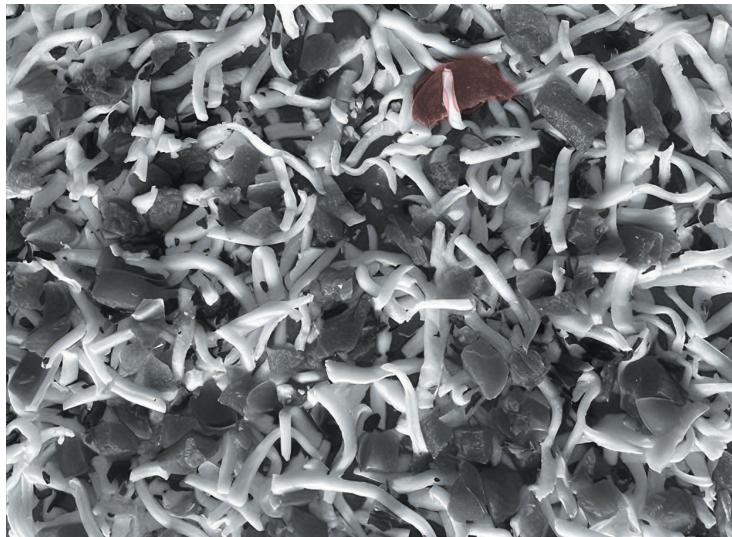
Может показаться, что это шаг назад, к растровым лазерным одномерным сканерам с вращающимся зеркалом, но теперь в машинном зрении зеркала используются для новых целей. Управляемые зеркала предусмотрены для того, чтобы перенаправлять поле зрения одной камеры на разные участки контролируемого объекта или на разные объекты, тем самым эффективно заменяя несколько камер. Конечно, это заметно влияет на производительность системы, но для многих задач, таких как сканирование штрихкодов упаковок, сложенных на одном поддоне, решение с зеркалами позволяет внедрять машинное зрение там, где еще недавно рентабельные альтернативы отсутствовали.

## ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАШИННЫМ ЗРЕНИЕМ

Возможность взаимодействия с камерами при эксплуатации и техническом обслуживании имеет решающее значение для оперативного устранения неполадок и решения проблем. Обычно для этого требовалось

**РИС. 1.**

Машинное зрение обнаруживает перепонки в вегетарианской пицце. Изображения предоставлены Grantek



применение проприетарного оборудования или программного обеспечения, позволяющих просматривать изображения, вносить изменения в программу камеры или корректировать ее настройки.

Однако новые модели «умных» камер изменили ситуацию с помощью веб-сервера, встроенного в саму камеру, что позволяет просматривать изображения и настраивать камеру с помощью веб-браузера. Типичный человеко-машинный интерфейс на оборудовании с машинным зрением должен взаимодействовать как с камерой, так и с системой управления, например с программируемым логическим контроллером. Теперь веб-интерфейс камеры позволяет легко интегрировать интерфейс камеры в стандартное приложение человеко-машинного интерфейса.

Если камера находится не в нужном положении или не в фокусе, специалист по техническому обслуживанию теперь может получить доступ к камере с телефона, планшета или ноутбука, проводя техническое обслуживание без помощи стационарного человеко-машинного интерфейса на производственной линии.

**РИС. 2.**

Оптическое распознавание символов на прозрачном материале



система машинного зрения может отличить волос от сыра, раньше было научной фантазией, но теперь это реально доступное решение (рис. 1).

Вместо того чтобы определять отдельные показатели годен/не годен с помощью комбинации традиционных инструментов машинного зрения, мы можем получить некоторое количество «хороших» и «плохих» изображений, а затем загрузить их в систему машинного зрения. Используя эти изображения и некоторую первоначальную информацию в виде классификации дефектов, система создает нейронную сеть, чтобы затем использовать ее для контроля качества.

Концепция применения искусственного интеллекта для анализа изображений не нова. На самом деле многие крупнейшие технологические компании предоставляют коммерческие решения для анализа изображений с помощью искусственного интеллекта наряду с другими предложениями в области искусственного интеллекта. Вычислительные мощности в облаке создают сложные алгоритмы нейронных сетей, которые используются периферийными устройствами на производстве. Применение этой технологии выходит далеко за рамки производства, но с наступлением эпохи «Индустрии 4.0» технологические гиганты уделяют особое внимание внедрению в производственные процессы.

Еще одна сложная задача — оптическое распознавание символов, наносимых, например, на упаковки пищевых продуктов (рис. 2). Прежде всего это дата производства или срок годности, которые должны быть напечатаны четко и разборчиво. Системы печати — струйные, лазерные или принтеры-аппликаторы — могут отличаться по качеству, а шрифты не всегда одинаковы. Раньше это составляло существенную проблему при настройке систем машинного зрения, которая только усугубляется, если печать выполняется на прозрачной поверхности с меняющимся фоном, что обычно снижает контраст, и символы становятся плохо отличимы от фона. Однако теперь применение алгоритмов нейронных сетей, выполняемых с помощью камер с искусственным интеллектом, позволяет значительно улучшить распознавание символов практически независимо от фона. ◉