



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ТЕХНОЛОГИИ И ПРИЛОЖЕНИЯ

ЕВГЕНИЙ ВОСКРЕСЕНСКИЙ
vem@mallenom.ru

В статье рассказывается о том, что такое индустриальное машинное зрение сегодня и какие задачи оно может решать в пищевой промышленности.

За последнее десятилетие технологии машинного зрения, применяемые для промышленной автоматизации, сделали большой качественный шаг вперед. Техническое зрение стало стабильнее и надежнее, проще в использовании и дешевле. В результате системы технического зрения уже можно встретить на относительно небольших производствах, в том числе и в пищевой отрасли. Эти системы помогают повышать качество продукции, минимизировать влияние человеческого фактора, автоматизировать выполняемые вручную операции, отслеживать перемещение продукции и многое другое.

Вместе с тем в России такие системы до сих пор редкость: они пока встречаются, в основном, на предприятиях с зарубежными корнями либо появляются на производствах в составе зарубежного оборудования. В данной статье мы в общем и целом расскажем о том, что такое индустриальное машинное зрение сегодня и какие задачи оно может решать в пищевой промышленности, а также поделимся некоторыми наблюдениями из личного российского опыта. Рассмотрим применение технического зрения на примере технологий компании Cognex, которая на сегодня является мировым лидером в этой отрасли как по технологическому уровню, так и по количеству инсталляций.

ТЕХНОЛОГИИ

Долгие годы любая система технического зрения традиционно представляла собой комплекс из видеокamеры, компьютера и программного обеспечения (ПО). Основными недостатками таких систем являются сложность, длительность и дороговизна разработки (даже несмотря на существование готовых программных библиотек функций обработки и анализа изображений). Для ряда приложений и сегодня такая конфигурация оборудования остается единственно возможной. Но большинство наиболее типичных задач уже можно решить с использованием компактного устройства в едином корпусе — смарт-камеры, которая лишена указанных недостатков. Пример смарт-камеры представлен на рис. 1.

Смарт-камера — это видеокамера, которая уже содержит в себе компьютер, средства коммуникации со сторонним оборудованием и подсветку (у некоторых моделей). Компактность и встроенные программно-аппаратные средства коммуникации с контроллерами, роботами, сторонними программными системами обеспечивают очень простую, быструю и, как результат, недорогую интеграцию камеры в производственный процесс. ПО Cognex, включающее в себя среду для программирования смарт-камер и библиотеку алгоритмов машинного зрения, позволяет программировать камеры, не имея каких-то специальных знаний или опыта программирования. Как следствие, процесс разработки программы для камеры в большинстве случаев занимает, по сравнению с классическим «компьютерным» подходом, на порядок меньше времени.

Количество функций обработки и анализа изображений в библиотеке Cognex исчисляется сотнями. Это функции локализации (обнаружения) объекта, измерения размеров, сравнения с шаблоном, поиска дефектов, считывания текстовой маркировки, считывания штрих-кодов и двумерных матричных кодов и др. Многие из функций, несмотря на простоту использования, основаны на сложной математике.

Существует мнение, что при изменении условий освещения системы технического зрения начинают работать нестабильно и их нужно перенастраивать.

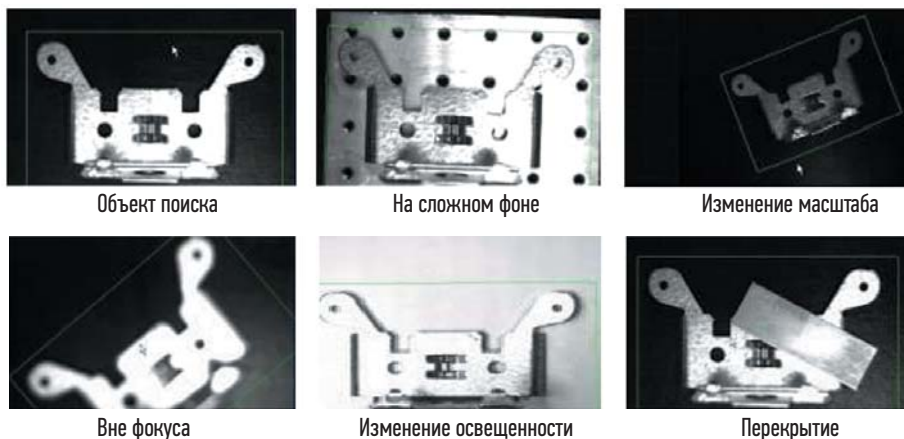


В связи с этим следует отметить функцию PatMax®, основанную на высокоточном, стабильном алгоритме для обнаружения нефиксированных объектов, запатентованном Cognex в 1997 г. PatMax оперирует векторным описанием изображений. Это позволяет обнаруживать объекты даже несмотря на изменения освещенности и масштаба, а также в других сложных случаях (рис. 2).

Отдельный набор функций отвечает за коммуникацию камеры с другими устройствами. Смарт-камеры Cognex подключаются в сеть Ethernet и поддерживают все распространенные протоколы: Profinet, Profibus,

РИС. 1. ▲
Смарт-камера
Cognex 7000 Series

РИС. 2. ▼
Эффективность
алгоритма PatMax
в нестабильных условиях



Объект поиска

На сложном фоне

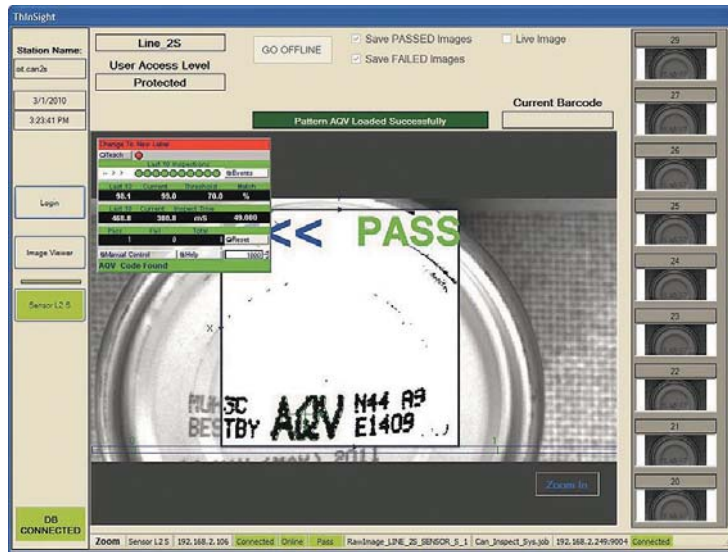
Изменение масштаба

Вне фокуса

Изменение освещенности

Перекрытие

РИС. 3. ►
Пример сложной
для считывания
маркировки



Modbus, OPC, TCP, UDP, FTP, DeviceNet, протоколы роботов и многие другие. Для управления какими-либо исполнитель-

ными механизмами на линии, например для отбраковки, можно использовать дискретные выходы камеры.

ПРИЛОЖЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Количество производственных задач, для решения которых могут применяться смарт-камеры, очень велико, так как любое производство в той или иной степени уникально и многие задачи тоже уникальны. Но вместе с тем есть ряд достаточно типичных приложений, таких как считывание текстовой маркировки и кодов, контроль формы продукта, проверка комплектности, контроль качества упаковки, управление роботами. Техническая реализация таких проектов имеет свои особенности, которые обязательно следует учитывать еще на этапе первичной проработки идеи.

Задача считывания маркировки, несмотря на кажущуюся простоту, имеет несколько нюансов. Во-первых, следует принимать во внимание фон, на котором напечатан текст. Если фон может изменяться, то считывание маркировки становится затруднительным. Во-вторых, для корректного считывания маркировки качество печати должно быть стабильным, если, конечно, перед системой технического зрения не стоит задача как раз обнаружения некачественной печати. В-третьих, желательно, чтобы символы были всегда единообразно расположены и не сливались друг с другом (рис. 3). Иначе это вносит дополнительные сложности, иногда преодолимые, иногда — нет. В остальных же случаях считывание маркировки представляет собой достаточно простую задачу как для самой смарт-камеры, так и для специалиста, который ее программирует.

Контроль геометрической формы изделий — еще одна довольно распространенная задача (рис. 4). Следует отдельно рассматривать контроль 2D-формы (на плоскости) и 3D-контроль трехмерной формы изделия.

Контроль формы на плоскости более прост, и главный вопрос, который обычно стоит перед разработчиками в этом случае, — как создать такие условия, чтобы объект контроля хорошо контрастировал с фоном. Обычно это достигается с помощью специализированной подсветки, светофильтров и других мер.

В некоторых случаях требуется контролировать трехмерную форму продукта. В этом случае использу-

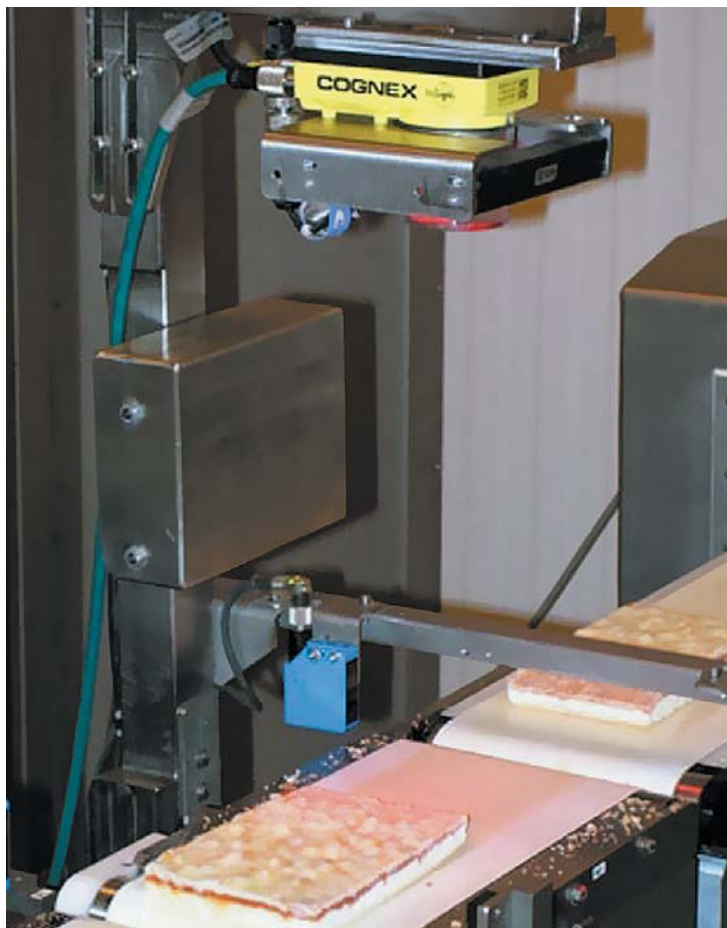


РИС. 4. ►
Контроль формы выпечки

ются лазерные триангуляционные камеры, которые используют лазерную линейную подсветку и, исходя из формы полосы света от лазерного луча поперек движущегося продукта и скорости движения продукта, определяют его форму. Рассмотренные технологии триангуляционных камер, их возможностей и ограничений — это отдельная интересная тема, но она достаточно велика и, к сожалению, выходит за рамки данной статьи. Следует лишь отметить, что наилучшим образом данная технология проявляет себя для задач контроля наличия/отсутствия, контроля порций, контроля положения колпачка и т. п. Избегать же следует задач, связанных с контролем прозрачных и зеркальных объектов, а также задач, где невозможно линейное перемещение продукта относительно камеры (или наоборот).

Следующая довольно распространенная задача — инспекция упаковки. Упаковка продукции связана с механическими манипуляциями с бумагой, картоном, фольгой, пластиком и т. п. Практически неизбежно такие производственные процессы иногда дают сбой, результатом которых является некачественная упаковка. Вместе с тем в условиях растущей конкуренции любой недостаток внешнего вида упаковки критичен для производителя. Поэтому на этапе контроля упаковки системы технического зрения применяются все чаще (рис. 5).

Системы технического зрения могут проверять, нет ли физических повреждений на упаковке, в том числе морщин, замятий, разрывов, обнаруживать дефекты наклеивания этикеток на продукт (местоположение этикетки и насколько ровно она расположена), наличие и положение каких-либо элементов упаковки (например, крышки на бутылке, рис. 6), некомплектность продукта (рис. 7) и другие дефекты.

На пищевых производствах за рубежом довольно распространено применение роботов. В России эта тенденция только набирает обороты. В российской практике довольно частая картина, когда предприятие приобретает очень высокопроизводительные современные линии, но на промежуточных производственных этапах по-прежнему применяется ручной труд, что сводит на нет все скоростные преимущества оборудо-



РИС. 5. ◀
Контроль упаковки вафель



РИС. 6. ◀
Контроль наличия и положения пробки бутылки

вания. В таких ситуациях применение роботов совместно с системами технического зрения может помочь существенно повысить эффективность производства.

Говоря о возможностях машинного зрения решать задачи с применением роботов, следует учитывать, что современный уровень развития машинного зрения позволяет эффективно решать задачи в 2D и пока еще сильно ограничен в способности решать задачи в 3D. Например, технологии машинного зрения легко позволяют решать задачу по перемещению и упаковке объектов простой формы, например таких, как колбаса (рис. 8) или коллеты. Такие изделия могут иметь произвольное положение на конвейере, система в любом случае видит их единообразно.

Манипулирование же объектами с более сложной трехмерной формой представляет собой на порядок более сложную задачу, и на современном этапе развития технологий это не всегда возможно. Например, от системы требуется наводить робо-



РИС. 7. ◀
Контроль комплектности продукции быстрого питания

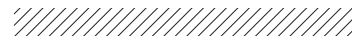


РИС. 8. ►
Роботизированная
упаковка колбасных
изделий



та захватывать тушки цыплят. Если цыплята расположены на конвейере не упорядоченно, то для системы они все выглядят по-разному, поэтому локализация (обнаружение) объекта затруднена, т. к. система «помнит» вид цыпленка в определенном ракурсе. Здесь можно провести аналогию с человеком. Если вам показать чью-то фотографию в профиль, то совсем не обязательно, что вы узнаете этого человека в фас.

СЧИТЫВАНИЕ КОДОВ

Следующая весьма распространенная категория задач для систем технического зрения — это считывание всевозможных кодов. Cognex выделяет отдельную линейку смарт-камер DataMan, функционал которых ограничен считыванием кодов.

Системы технического зрения ушли далеко вперед от привычных лазерных сканеров (таких, которые установлены на кассе любого супермаркета). Любой сканер Cognex DataMan — это смарт-камера. В отличие от лазерных сканеров, камера анализирует не свет отраженного лазера, а непосредственно видеоизображение кода. Это дает массу преимуществ: более высокую производительность и долговечность (нет вращающегося зеркала), возможность чтения произвольно ориентированных кодов, возможность чтения двумерных матричных кодов (2D-кодов), а также нескольких кодов одновременно, возможность сохранения картинки кода (например, код нечитаемый, и требуется понять почему), возможность чте-

ния поврежденных и некачественно пропечатанных кодов, визуализацию и многое другое.

Модели сканеров отличаются производительностью, способностью считывать определенные виды кодов, разрешением матрицы и другими параметрами. Стоимость внутри модельного ряда может варьироваться на порядок, поэтому подбор сканера лучше предоставить специалистам. Специалист оперирует такими параметрами, как размер зоны контроля, минимальный размер кода, минимальный размер модуля кода (ширина полоски штрих-кода либо размер одного элемента 2D-кода), разрешение и производительность камеры, определяет необходимость в дополнительной усиленной подсветке.

В качестве общего наблюдения следует заметить, что в отличие от западных покупателей российский потребитель при покупке оборудования пока очень редко мыслит категориями «стоимость владения» и «стоимость работы», в основном лишь ориентируясь на стоимость оборудования. На примере сканеров кодов это наглядно видно: стоимость работы по идентификации продукции складывается из стоимости сканера, трудозатрат на его обслуживание и стоимости ручных операций в тех случаях, когда сканер не смог прочитать код. Каждый непрочитанный код приводит к необходимости отвлечь оператора и вручную зарегистрировать продукт, к задержкам на производственной линии, в результате чего производитель незаметно теряет деньги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги касательно применения технологий машинного зрения на российских предприятиях, хочется обратить внимание на опыт Восточной Европы. Сегодня для России характерна ситуация, которая была около 10 лет назад на предприятиях Польши, Чехии, Словакии и других стран с достаточно развитой промышленностью. Эта ситуация характеризуется тем, что производители пока еще в большей степени полагаются на дешевый ручной труд. Вместе с тем требования рынка к качеству продукции и производительности труда таковы, что применение новых технологий неизбежно, это лишь вопрос времени. ●

РИС. 9. ►
Считывание кодов на
акцизной марке

