

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ШТРИХОВЫХ КОДОВ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА ПРОДУКЦИИ

А.Ю. Кручинин (ООО "ИнтБуСофт")

Предложен подход к синтезу систем распознавания образов РВ на промышленном предприятии на основе выбора критериев управления процессом распознавания образов. Приведен пример внедрения системы распознавания образов при распознавании индустриальных кодов DataMatrix для автоматизации учета продукции.

Ключевые слова: система распознавания образов, реальное время, управление распознаванием, штриховой код, автоматизация учета продукции.

Учет продукции на современных предприятиях часто осуществляется на основе штрихового кодирования. Тенденция к автоматизации учета такова, что передвижение, идентификация и маркировка продукции должна осуществляться промышленными роботами при минимальном участии человека. Учет подразделяется на несколько шагов: поступление, маркировка, хранение, поиск, распознавание и выпуск. Условия на промышленных предприятиях могут значительно отличаться и часто не дают возможности качественно нанести штриховой код (бар-код) на поверхности продукции (например, трубные изделия, проходящие несколько этапов обработки). Поэтому необходимо либо покупать готовое решение для учета продукции (что может быть дорого), либо строить систему учета самостоятельно.

Для внедрения системы распознавания образов (СРО) РВ на предприятии необходимо выполнить ряд процедур. В работе [1] показано, что при проектировании систем, основные проблемы возникают с заданием структуры проектируемого объекта или выбором параметров для уже известной структуры — структурный и параметрический синтезы. Там же описано, что задача проектирования системы может быть поставлена как задача решения системы неравенств, в которой неизвестный вектор параметров проектирования выбирается на основе факторов неопределенности обстановки и выходных параметров после проектирования, отражающих основные требования к проектируемому объекту.

Задача оптимального проектирования системы сводится к задаче выбора оптимальных параметров, которые соответствуют максимальному значению некоторого критерия качества. Перебирая возможные параметры функционирования системы и руководствуясь критерием качества решения, выбираются наиболее оптимальные показатели.

Синтезу систем и алгоритмов распознавания образов посвящен ряд работ, однако они в большинстве своем направлены на синтез конкретных алгоритмов. При внедрении СРО РВ на предприятии необходимо настраивать не только какие-то единовременные параметры для конкретного

алгоритма распознавания образов. Предполагается, что исследовательская часть по разработке алгоритма закончена, и необходимо на его основе разработать и внедрить программное обеспечение. При проектировании СРО РВ в АСУ необходимо реализовать следующие этапы:

- 1) определение возможных управляющих параметров;
- 2) определение диапазона управления;
- 3) определение требований управления (критерий качества);
- 4) оценка эффективности управления процессом распознавания;
- 5) определение требований к ПО;
- 6) разработка ПО;
- 7) внедрение СРО РВ.

В работе [2] показано, что в ряде случаев для получения максимальной эффективности работы АСУ следует использовать модель адаптивной АСУ с управлением процессом распознавания образов (рис. 1)

На объект управления поступает входной параметр  $X$ , который складывается из воздействий среды  $X_0$  и управляющих воздействий  $U$ . Выходной параметр  $Y$  определяется свойствами объекта управления и зависит от входных параметров. Данные с объекта управления первоначально поступают на подсистему обработки информации, которая, используя настройки  $U_2$ , преобразует их в понятный для подсистемы распознавания и оценки сложности формат. В под-

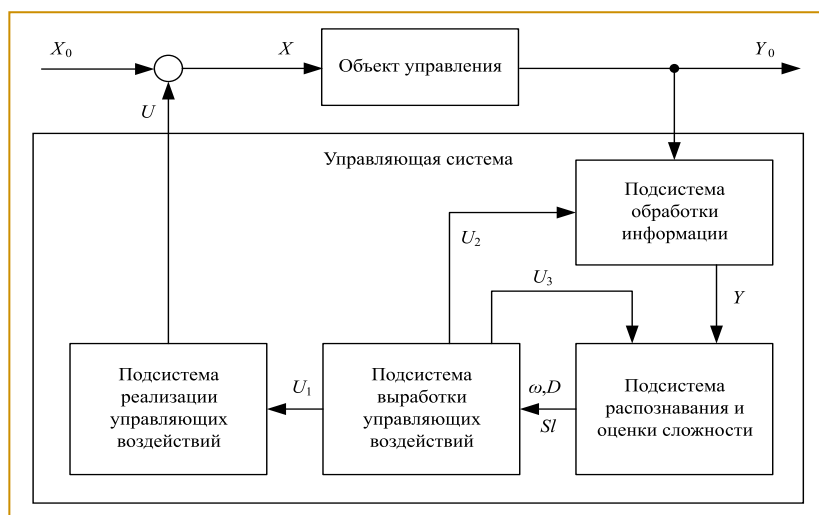


Рис. 1. Модель адаптивной АСУ с управляемой СРО РВ

системе распознавания осуществляется идентификация неизвестного образа  $\omega$ , оценка сложности распознавания  $Sl$  и достоверности результата  $D$ . Данная подсистема может использовать различные алгоритмы и конфигурации, что определяется настройками  $U_3$ .

Подсистема выработки управляющих воздействий на основе информации об условиях распознавания принимает решение о воздействии: на поступающие в объект управления данные ( $U_1$ ), на режимы обработки информации ( $U_2$ ) и распознавания ( $U_3$ ). То есть осуществляется управление процессом распознавания образов в РВ.

Существуют три класса управляющих параметров (рис. 1). Первый класс определяет воздействие на объект управления. Для задач компьютерного зрения это может быть установка другого уровня освещения или частота поступающих на распознавание кадров. Второй класс управляющих параметров определяет настройки подсистемы приема и обработки информации. Сюда входят: установка аппаратных настроек подсистемы, определяющих свойства поступающей информации, установка программных алгоритмов предварительной обработки данных. Например: положение камеры относительно объекта, фокусировка камеры, программные алгоритмы для повышения качества входного изображения. Третий класс — это настройки алгоритма распознавания. Набор управляющих параметров представляется в виде множества возможных значений.

Диапазон для каждого управляющего параметра устанавливается на основе требований к функционированию СРО РВ, например, частота кадров видеопотока ограничивается максимальной частотой камеры и минимально возможной частотой, которая определяется как порог, после которого объект сможет пересечь зону контроля до момента его фиксации камерой. Диапазон может быть представлен в виде последовательности или интервала параметров.

Критерий качества СРО для вероятностного случая [3] характеризует вероятность правильного решения в СРО для всех образов в среднем. Однако для СРО РВ такой критерий не годится. Для оценки качества работы СРО РВ необходимо использовать критерий минимума затрат [4], который показывает, что необходимо учитывать не только вероятность правильного решения, но и производительность СРО РВ.

Таблица. Сравнение средних параметров системы распознавания в разных режимах

$P_p$	0,26	0,17	0,5
$D_p$	99%	78%	94%

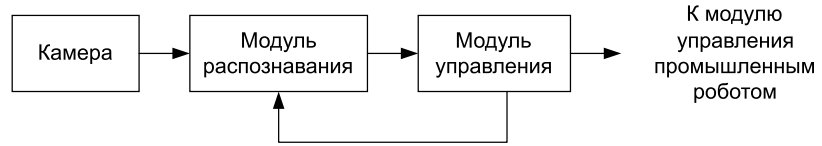


Рис. 2. Схема модулей системы распознавания штриховых кодов

В критерии есть ограничения, которые необходимы по той причине, что в системе РВ невозможно сколько угодно времени ждать результата, а уровень достоверности не может быть очень низким, поскольку иначе использование СРО не имеет смысла.

В различных задачах распознавания образов при разных входных данных параметры работы СРО РВ, обеспечивающие оптимальное значение затрат для каждого конкретного случая, будут отличаться. А величина затрат на длительном интервале времени будет складываться из затрат для каждого конкретного образа.

Для оценки эффективности СРО РВ в условиях управления процессом распознавания необходимо использовать подходы, описанные в работах [2, 5], что позволит оценить, какой прирост качества и производительности дает управление, а также какие риски оно несет. В результате для выбранного критерия управления вычисляются прогнозируемые параметры:

- прирост прогнозируемой производительности и достоверности распознавания;
- изменение затрат в целом;
- риск (в процентах) выхода за границу заданной достоверности.

После оценки возможности управления процессом распознавания образов в РВ наступает этап проектирования. Далее необходимо разработать ПО, для чего составляется техническое задание на разработку. В техническом задании перечисляются параметры, полученные на предыдущих этапах, которые нужно достичь. При этом разработка ПО может быть осуществлена сторонним исполнителем. Внедрение СРО РВ осуществляется при полностью принятом ПО и готовом оборудовании.

В промышленности активно применяется технология двумерных штриховых кодов DataMatrix. Индустриальный код DataMatrix отличается тем, что его можно использовать при нанесении на поверхности, на которые невозможно нанести/наклеить напечатанный код, например, на металлические трубы. Подобные коды наносятся или ударно-точечным, или капельным методами. Существующие промышленные решения для распознавания индустриальных кодов DataMatrix, в том числе компании SICK AG (Германия), не позволяют распознавать коды в условиях с повышенным шумовым фоном, который возникает при недостаточном отличии точек кода от шума. Так, для разработчика систем учета металла компании IntelMet Technologies возникла необходимость в разработке собственного алгоритма распознавания

индустриальных кодов DataMatrix, который внедрен непосредственно в промышленном производстве клиентов этой компании.

Несмотря на то, что существуют алгоритмы распознавания индустриальных кодов, например [6, 7], данные алгоритмы обладают рядом недостатков: неустойчивость поведения при произвольном наклоне и повороте камеры, большая чувствительность к помехам. Поэтому был разработан собственный алгоритм распознавания индустриальных кодов DataMatrix, который представлен в работе [8] и используется на нескольких отечественных предприятиях.

Для внедрения разработанного алгоритма распознавания при производстве чугунных труб необходимо рассмотреть все описанные выше этапы. Маркировка трубы происходит после проходной печи, а затем труба идентифицируется после оцинковки, проверки и при автоматизации складирования.

При выполнении синтеза (этап 1) было определено, что, не нарушая процесс автоматизации, можно было управлять только параметром  $U_3$  (рис. 1), то есть настройками алгоритма распознавания. Схематично разрабатываемая система показана на рис. 2 и состоит из модуля распознавания и управления.

Для определения диапазона управляющих параметров (этап 2) были рассмотрены возможные условия, в которых осуществляется сбор видеоинформации, то есть какого качества получается изображение и находящийся на нем код. Особенностью распознавания индустриальных DataMatrix кодов, нанесенных на поверхность металла, например труб, является широкий разброс условий распознавания, обусловленных особенностями нанесения меток, свойствами металла и освещением [8]. Причем изображения могут настолько отличаться, что одни настройки алгоритма подходят для одних условий, а другие — для других. Работа системы распознавания в РВ на встроенных операционных системах накладывает определенные ограничения на время распознавания, поэтому нельзя вызвать один и тот же алгоритм с разными настройками много раз подряд. В результате экспериментально было выбрано 9 настроек алгоритма распознавания [8].

Критерий минимума затрат выражается через производительность и достоверность. Уровень достоверности, при котором использование системы распознавания считалось приемлемым, определялся заказчиком работ и был принят равным 98%. Максимальное время распознавания одного кадра — 0,5 с. Эти значения определяют заданные величины производительности и достоверности.

Поскольку в условиях использования алгоритма за время 0,5 с можно было вызвать не более трех повторных распознаваний с разными настройками, то общий алгоритм распознавания был следующим. Для очередного поступившего изображения вызывался алгоритм распознавания с первыми настройками, если распознавание было удачным, то на этом все

заканчивалось, и общее время распознавания составляло  $\leq 0,2$  с, в противном случае вызывался алгоритм со следующими настройками. Если в течение последних 20 изображений первые настройки алгоритма давали неудовлетворительный результат распознавания, то данные настройки считались неподходящими для текущих условий и заменялись на вторые. Вторые заменялись на третьи, а вместо третьих добавлялись новые настройки из определенного ранее диапазона возможных настроек алгоритма распознавания.

Описанный алгоритм с управлением сравнивался с алгоритмами с жестко заданными одной и тремя наиболее качественными настройками. Результаты сравнения, полученные на репрезентативном числе образов, представлены в таблице.

Поскольку в среднем требуется чуть больше, чем полтора повтора для идентификации кода, то время распознавания по сравнению с одним режимом работы увеличилось, при этом значительно увеличилась достоверность распознавания.

На настоящий момент СРО РВ внедряются в промышленный процесс часто на условиях независимой подсистемы, которая представляет собой «черный ящик». Иногда подобные системы требуют серьезной настройки на конкретные условия распознавания. При этом совершенно не учитывается тот факт, что достоверность распознавания напрямую зависит от условий промышленного процесса, то есть при сложных условиях ресурсов на поддержку заданного уровня достоверности распознавания требуется больше, чем при обычных условиях. Это приводит к тому, что эффективность промышленного процесса может быть меньше, чем позволяет подход к управлению распознаванием образов в РВ, описанный в работах [4, 5]. Поэтому для достижения максимальной эффективности внедрение СРО РВ в промышленный процесс нужно осуществлять по подходу, описанному в данной работе.

Внедрение СРО индустриальных кодов DataMatrix в IntelMet Technologies позволило повысить степень автоматизации учета металла, тем самым сокращая затраты на учет металла у компаний-клиентов за счет уменьшения затрат на заработную плату персоналу. Поскольку автоматический учет продукции совместно с робототехническими средствами позволяет значительно сократить человеческие ресурсы, повысить производительность выпуска продукции и частично исключить человеческий фактор, то эффект от внедрения СРО РВ в производственный процесс будет не только экономическим, но и техническим.

#### Список литературы

1. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. СПб.: Питер, 2004. 256 с.
2. Кручинин А.Ю. Управляемые системы распознавания образов в адаптивных АСУ // Автоматизация в промышленности. 2013. №3. С. 60-63.
3. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. М.: Высш. шк. 2004. 261 с.

4. Кручинин А.Ю. Управление процессом распознавания образов в реальном времени // Автоматизация и современные технологии. 2010. №3. С. 33-37.
5. Кручинин А.Ю. Особенности разработки программных систем распознавания образов реального времени // Автоматизация в промышленности. 2011. №7. С. 53-56.
6. Dita I. A scanning method for industrial data matrix codes marked on spherical surfaces/I. Dita, V. Gui, M. Oteteanu, F. Quint//SITE'12 Proceedings of the 11th international conference on Telecommunications and Informatics, Proceedings of the 11th international conference on Signal Processing. USA, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin: 2012. P. 38-42.
7. Dita I. Using mean shift algorithm in the recognition of industrial data matrix codes/I. Dita, V. Gui, M. Oteteanu, F. Quint//SITE'12 Proceedings of the 11th international conference on Telecommunications and Informatics, Proceedings of the 11th international conference on Signal Processing. — USA, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin: 2012. P. 174-179.
8. Кручинин А.Ю. Распознавание промышленных баркодов DataMatrix с произвольным углом наклона и поворота камеры // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 4. С. 865 - 870.

**Кручинин Александр Юрьевич** — канд. техн. наук, ген. директор ООО "ИнтБуСофт",  
доцент ФГБОУ ВПО "Оренбургский государственный университет".  
Контактный телефон (3532) 27-09-12.  
E-mail: kruchinin-al@mail.ru

### Новости выставки «Металлообработка-2016»

**Липецкий станкозавод «Возрождение»** представил на выставке «Металлообработка-2016» универсальную систему управления для плоскошлифовальных станков, созданную при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере («Фонд Бортника»).

Применение системы управления позволяет резко повысить параметры станков и их возможности: использования с традиционной системой управления и в полностью автоматическом режиме; программирования цикла обработки, повышающую выходную точность продукции, так как обработка деталей будет вестись строго по расчетным параметрам, что резко снижает роль человеческого фактора; работы на станке по заданной программе, позволяющую снизить требования к квалификации оператора и, следовательно, снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Для комплектации выпускаемых заводом плоскошлифовальных станков в максимальной мере используются изделия отечественной промышленности, что позволяет формировать конкурентоспособную отпускную цену.

**Компания «Санкт-Петербургский завод прецизионного станкостроения»** представила на выставке «Металлообработка-2016» обновленный универсальный круглошлифовальный станок модели ЛЗ-269Ф10-01 с ручным управлением с возможностью автоматического осциллирования на этапе выхаживания. Обновленная модель имеет шлифовальный шпиндель, установленный в баббитовые вкладыши и работающий на принципе масляного клина. Станок имеет эргономичное управление, что отмечают многие по-

ребители. Станок малогабаритный и занимает площадь всего 1,4 м<sup>2</sup>.

По сравнению с обычным исполнением ЛЗ-269Ф10-01 оснащен механизмом перемещения стола, который позволяет шлифовать детали с точностью осевых размеров до 3 мкм. Примечательной особенностью обновленного станка является простота в эксплуатации и обслуживании. Отштабренные сопрягаемые поверхности обеспечивают жесткость конструкции и высокую точность обработки деталей.

Станок предназначен для единичного и мелкосерийного производства в инструментальных цехах на предприятиях приборостроения, машиностроения военно-промышленного и нефтегазового комплексов, машиностроительных предприятиях. Среди заказчиков — «Росатом», «Ростехнологии», «Российские космические системы», «Океанприбор», предприятия авиационной, электронной и ювелирной промышленности.

**Станкостроительная компания «АВРОРА МАШИ-ЗАВОД»** представила новинки токарного и фрезерного оборудования, в том числе горизонтальный токарно-револьверный станок с ЧПУ модели А-13П253560, обладающий повышенной жесткостью конструкции и предназначенный для выполнения большого числа технологических переходов по обработке детали с использованием различного инструмента за один установ.

Кроме того, компания показала в работе вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ модели А-6В102 для комплексной обработки сложных крупногабаритных корпусных деталей в автономном режиме работы и в составе гибких производственных систем.

<http://www.metobr-expo.ru>