

### **АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

В контексте сегодняшнего дня практически во все крупные производства внедрены системы, призванные максимально автоматизировать рабочий процесс. Это касается как работы управленцев, так и самого производственного процесса.

Автоматизация производства – это процесс в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам, основа развития современной промышленности, стремительно растущее направление. Цель автоматизации производства заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства.

Следует отметить, что некоторые люди негативно относятся к автоматизации производства и повышению производительности труда, поскольку в рамках денежной системы это приводит к «технологической безработице», потере покупательной способности и средств к существованию для множества людей, в то время как рабочий день оставшихся работников не сокращается, а ответственность повышается. Однако у автоматизированного производства есть множество преимуществ, которые вместе с комплексным решением социальных последствий и проблем технологической безработицы, разумного применения достижений науки в технике с минимизацией нагрузки на окружающую среду позволят значительно повысить качество выпускаемой продукции, снизить его стоимость и увеличить прибыль.

Одной из важных задач для создания и работы оборудования является распознавание образов технологическим оборудованием без участия оператора. Данная функция применима во многих областях, таких как проверка выпускаемого продукта на качество, обеспечение точности, нанесение изображений на продукт и другие.

Использование оборудования, снабженного программным обеспечением для распознавания образов позволяет не только заменить работу оператора, но и повысить точность и скорость работы.

В случае использования роботизированной производственной техники для конкретного конечного продукта мы знаем как он должен выглядеть. В случае несложных форм конечного продукта мы можем сравнивать результат на конвейере с некоторыми легкогенерируемыми геометрическими фигурами. Например, стакан должен иметь круглое дно определенного диаметра, складываемые автоматом коробки

должны иметь форму параллелепипеда с заданными размерами. Для подобных сравнений может быть использовано преобразование Хафа. Оно служит для поиска на изображении фигур, заданных аналитически: прямых, окружностей и любых других, для которых вы сможете придумать уравнение с небольшим количеством параметров. Данный метод основывается на чисто математических расчетах, что значит, что нам не нужно связываться с машинным обучением, нейросетями.

Суть метода заключается в описании искомой фигуры уравнением. В классическом варианте данный метод используется для поиска прямых. В таком случае будет использоваться формула для описания прямой:  $y = ax + b$ . Затем создается аккумулятор: массив, размерность которого равна количеству неизвестных параметров пространства Хафа. В случае с поиском прямой будет использоваться двухмерный массив, так как имеются только два неизвестных параметра. Данный двухмерный массив можно назвать также Пространством Хафа. Одна прямая в обычном пространстве – это одна точка в пространстве Хафа.

Для работы с данным методом исходное изображение нужно бинаризовать (привести его к монохромному виду). Для каждой непустой точки необходимо определить множество прямых, которые могут через нее проходить. Для каждой точки и её соседей алгоритм определяет, достаточен ли вес границы в этой точке. Если да, то алгоритм вычисляет параметры прямой и увеличивает значение в ячейке аккумулятора, соответствующей данным параметрам.

После выполнения этих действий, необходимо найти ячейки аккумулятора с максимальными значениями. Для этого можно использовать пороговую фильтрацию. Так, по максимальным значениям на выходе могут быть определены наиболее подходящие прямые.

Также существует множество модификаций преобразования Хафа, позволяющих производить поиск и других фигур, таких как эллипсы, окружности и другие фигуры, которые можно описать как параметризуемые функции.

Данный метод не является сложным в реализации, однако имеет множество недостатков:

- результат сильно зависит от качества бинаризации исходного изображения, а это накладывает ограничения на сферу использования оборудования;

- является ресурсоемким, что повысит стоимость оборудования, на котором можно использовать программное обеспечение, разработанное с использованием преобразования Хафа;

- частые ошибки при распознавании (в основном из-за качества исходного изображения);

- низкая скорость работы;
- сужает область применения программного обеспечения.

Кроме методов, работающих на основе математических функций, можно использовать алгоритмы, основанные на машинном обучении (Machine Learning). Суть таких алгоритмов при решении задач распознавания объектов на изображении обычно сводится к следующему:

1) получение тестовой выборки с несколькими классами объектов (для каждого изображения существует набор признаков, по которым они были выбраны);

2) на основе этих данных алгоритм строит модель, по которой может в дальнейшем проанализировать новое изображение определив объект на нем в одну из групп по набору признаков.

Каждое из тестовых изображений – это точка в пространстве признаков. Её координаты это вес каждого из признаков на изображении.

Таким образом, имея данные об определенных признаках, алгоритм выделяет их в полученных для анализа изображениях. Для каждого релевантного случая в пространстве признаков будет существовать точка. Классификатор алгоритма разбивает пространство признаков таким образом, чтобы анализируемые изображения можно было поместить в диапазон значений этих признаков. Диапазон разбивается в зависимости от наличия аналогичных признаков у разных определяемых объектов.

На сегодняшний день существует множество вариантов реализации данной задачи в используемом производстве оборудования, однако данные методы с производением некоторых модификаций могут значительно увеличить свою производительность, а их использование в программном обеспечении для технологического оборудования, станков может стать более дешевым. На этапе первоначальной закупки подобное оборудование – достаточно серьезное финансовое вложение, и предприятие заинтересовано в его быстрой окупаемости. При модифицировании методов распознавания изображений можно добиться меньшей ресурсоемкости, а как следствие и возможности использования менее мощного, а значит более дешевого аппаратного обеспечения, что позволит производить более дешевый и доступный продукт.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Б. Яне. Цифровая обработка изображений / Б. Яне 2007 г.
- 2 А. Б. Орлов, И. А. Антамонов. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков ЧПУ на основе методологии рас-

познавания образов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки №10 2013 г.

3 Преобразование Хафа [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование\\_Хафа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование_Хафа). – Дата доступа: 15.09.2015.

4 Р. Гонсалес. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс 2012г.

УДК 611.53

С.Г. Тихомиров, проф., д-р техн. наук  
Ю.В. Пятаков, доц., канд. физ.-мат. наук  
О.В. Карманова, проф., д-р техн. наук  
В.И. Молчанов, доц., канд. хим. наук  
А. А. Маслов, асп.  
(ВГУИТ, г. Воронеж)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ВУЛКАНИЗАЦИИ

Моделирование процессов вулканизации связано необходимостью расчета температурных полей в многоэлементных изделиях сложной конфигурации, теплофизические характеристики которых зависят от температуры [1,2]. Решение этой задачи позволяет моделировать процессы вулканизации изделий с целью неразрушающего контроля их качества, рассчитывать продолжительность процессов в широком диапазоне температур и оптимумов вулканизации с учетом теплофизических свойств и геометрических параметров объектов [2,3].

**Постановка задачи.** В качестве математической модели процесса рассмотрим систему уравнений теплового баланса вида:

$$C_k(T(t, \mathbf{x})) \partial T(t, \mathbf{x}) / \partial t = \nabla [\lambda_k(T(t, \mathbf{x})) \nabla T(t, \mathbf{x})] + q_k(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in V_k, k=1, 2, \dots, K; \quad (1)$$

где  $C_k(T(t, \mathbf{x}))$ ,  $\lambda_k(T(t, \mathbf{x}))$  соответственно объемная теплоемкость и теплопроводность  $k$ -го слоя шины;  $T(t, \mathbf{x})$ ,  $q_k(t, \mathbf{x})$  – температура и плотность тепловыделения в точке  $\mathbf{x}$   $k$ -го слоя в момент времени  $t$ :  $q_k(t, \mathbf{x}) = q_k^{\text{сум}} \cdot \partial X(t, \mathbf{x}) / \partial t$ ,  $q_k^{\text{сум}}$  – суммарное количество тепла, выделяемое в  $k$ -м слое;  $X(t)$  – степень завершенности процесса вулканизации [4,5].

Систему уравнений (1) дополним начальными:

$$T(0, \mathbf{x}) = T_0, \quad (2)$$

граничными:

$$T(t, \mathbf{x}) = \varphi_i(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in S_i, i=1, 2; \quad (3)$$

и контактными условиями:

$$\lim_{\mathbf{x}' \rightarrow \mathbf{x}} T(t, \mathbf{x}') = \lim_{\mathbf{x}'' \rightarrow \mathbf{x}} T(t, \mathbf{x}''), \quad \lim_{\mathbf{x}' \rightarrow \mathbf{x}} \lambda_m(T(t, \mathbf{x}')) \partial T(t, \mathbf{x}') / \partial \mathbf{n} = \lim_{\mathbf{x}'' \rightarrow \mathbf{x}} \lambda_p(T(t, \mathbf{x}'')) \partial T(t, \mathbf{x}'') / \partial \mathbf{n}. \quad (4)$$