

# АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ

С.А. Ляшева, М.В. Медведев, М.П. Шлеймович

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева - КАИ

Рассмотрены вопросы создания систем контроля технологических процессов на основе обработки изображений. Описан технологический процесс литья изделий из пластмассы под давлением. Показана возможность повышения эффективности контроля процесса на основе анализа состояния формы по ее изображениям.

Одной из актуальных и практически значимых областей приложения методов и средств машинного зрения является проектирование систем контроля технологических процессов на основе анализа изображений.

Рассмотрим технологический процесс изготовления изделий из пластмассы методом литья под давлением [1]. Указанный метод весьма технологичен, обеспечивает высокую производительность, хорошо автоматизируется и не требует проведения последующей механической обработки.

Литье под давлением представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких последовательных технологических стадий. Его можно описать следующим образом. Сначала выполняется смыкание формы. После этого из впрыска литьевой машины по литниковой системе в формующую полость поступает расплав. Затем под воздействием давления расплав уплотняется и, окончательно заполняя формующую полость, точно копирует ее внутреннюю поверхность. Расплав выдерживается в форме под давлением, частично компенсируя усадку, которая происходит во время охлаждения изделия; давление обычно поддерживается до момента затвердевания расплава в наиболее тонких элементах литниковой системы. После их затвердевания полностью прерывается поступление расплава. Находящийся в формующей полости расплав продолжает охлаждаться и усаживаться, но уже без компенсации. После этого форма раскрывается, и охлажденное изделие выталкивается в большинстве случаев с помощью специальной системы выталкивания (съема). Продолжительность цикла литья под давлением в значительной степени зависит от конструкции изделия.

При выталкивании изделия из формы на последней стадии процесса литья под давлением идеальным является случай, когда извлечение отлитого изделия происходит без его повреждения или деформации. Однако на практике это условие не всегда выполняется. Это приводит к тому, что в форме после выталкивания изделий могут остаться кусочки застывшего расплава. Если они не будут удалены до следующего запуска процесса литья, то возникнет ситуация, ведущая к значительным потерям как экономического, так и технического характера. Поэтому необходимо контролировать состояние формы после окончания стадии выталкивания.

Как правило, контроль состояния формы осуществляет человек-оператор. Для повышения надежности контроля актуальна разработка дополнительных методов и средств, одним из которых может служить система автоматического анализа изображений. В такой системе выполняется цифровая обработка изображений, полученных от видеокамеры.

Процесс обработки изображений при контроле формы в общем виде можно представить в виде последовательного выполнения следующих процедур:

1. Регистрация эталонного изображения пустой формы до начала стадии ее заполнения расплавом;

2. Регистрация изображения формы после окончания стадии выталкивания изделия;
3. Выделение характеристик эталонного и проверяемого изображений;
4. Сопоставление характеристик эталонного и проверяемого изображений;
5. Принятие решения относительно продолжения процесса литья и оповещения оператора (в случае обнаружения значительных различий сопоставляемых изображений).

До начала процесса литья пустая форма проверяется вручную. Поэтому самое первое изображение пустой формы может считаться эталонным. Все стадии технологического процесса имеют четко определенные временные интервалы. Кроме того, многие современные станки содержат датчики, позволяющие определить моменты открытия и закрытия формы. Поэтому изображение, соответствующее окончанию выталкивания изделия, можно получить достаточно просто.

Поскольку элементы формы, в которых образуется изделия, всегда находятся в определенном месте и их площадь ограничена, то можно сопоставлять не изображения полностью, а только ряд их областей.

Эффективность алгоритмов анализа изображений определяется методами выделения характеристик. Часто в качестве характеристик используются следующие признаки изображений [2]:

- признаки цвета;
- текстурные признаки;
- признаки формы;
- признаки объектов и их отношений.

Признаки цвета позволяют сравнить цветовое содержание изображений. Например, можно указать требования к процентному содержанию цветов из заданного набора в искомым изображениях в целом или в определенных областях.

Признаки текстуры определяют пространственное распределение цветов (или яркости) изображений. При этом сходство текстур двух изображений не означает совпадения значений их цветов (или яркости).

В отличие от цветовых и текстурных признаков, которые могут относиться к изображению целиком, признаки формы относятся к областям изображения. Признаками формы являются, например, округлость области, ее прямоугольность, периметр, площадь, ориентация главных осей и др.

Признаки объектов и их отношений позволяют учесть семантику искомым изображений. К ним относятся данные результатов обнаружения конкретных объектов на изображениях и их взаимного расположения.

Простой вариант построения системы контроля технологического процесса основывается на преобразовании эталонного и проверяемого изображений в полутоновую форму, их вычитании и сравнении результата с заранее заданным порогом. Этапы анализа изображений при использовании данного варианта показаны на рисунках 1 – 3.

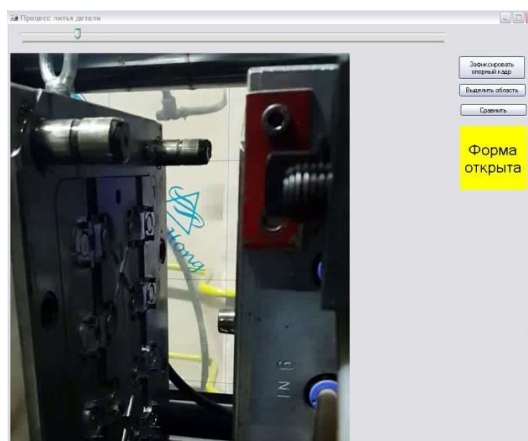


Рисунок 1 – Детектирование открытой формы



Рисунок 2 – Детектирование закрытой формы



Рисунок 3 – Детектирование внештатной ситуации

На рисунке 1 показано детектирование пустой формы в случае, когда после выталкивания готовых изделий в ней ничего не остается. Рисунок 2 содержит изображение закрытой формы (форма закрывается, когда начинается процесс литья). Рисунок 3 иллюстрирует детектирование внештатной ситуации, связанной с наличием оставшихся деталей на форме. Отметим, что указанные рисунки получены при контроле реального технологического процесса.

Однако при разработке подобных систем необходимо учитывать несовершенство условий получения изображений, что может быть связано с неоднородностью освещения, широким диапазоном возможных цветов изделий (в том числе и цветов, мало отличающихся от цвета самой формы), движением формы, механических колебаний и др.

Для повышения устойчивости процедур анализа изображений в системе контроля технологическим процессом можно применить простейшую модификацию, заключающуюся в усреднении заданного количества изображений в анализируемой видеопоследовательности (кадров).

Еще одна модификация связана с дополнительной проверкой величины искажений двух последовательных кадров. Такое искажение может быть вызвано механическими причинами при открытии формы. В случае превышения величины искажений определенного порога соответствующий кадр должен быть исключен из процедуры дальнейшего анализа.

Рассмотренный подход основан на получении некоторой глобальной оценки попиксельных различий двух изображений. Однако также можно использовать локальные характеристики, вычисляемые для блоков изображений. Например, можно применять средние и среднеквадратические отклонения интенсивностей пикселей по блокам. К

локальным характеристикам можно отнести также признаки особых точек, которые в зависимости от применяемых алгоритмов относятся к признакам цвета, текстуры или формы. Для выделения особых точек применяются детекторы Моравеца, Харриса, Ферстнера, SUSAN, FAST, FFME, STAR, FREAK, BRISK и др. Наиболее активно используются детекторы SIFT и SURF, особенностью которых является то, что они позволяют не только выделить особые точки на изображении, но и описать их, т.е. данные детекторы одновременно являются и дескрипторами [3]. Кроме того развиваются вейвлетные методы анализа особых точек изображений [4].

Признаковое описание (дескриптор) особой точки строится на основании информации об интенсивности, цвете и текстуре фрагмента изображения в ее окрестности определенных размеров. Для вычисления степени сходства или различия изображений можно определить количество соответствующих друг другу особых точек на изображениях. Если это количество выше заданного порога, то изображения считаются одинаковыми, иначе – различными.

При использовании особых точек возможно получение неправильных результатов из-за появления, так называемых, ложных соответствий. Поэтому одной из важнейших задач при анализе особых точек является фильтрация ложных соответствий [5]. Для решения этой задачи применяются различные подходы, например:

1) исключается особая точка, ближайший кандидат в пары к которой на другом изображении находится на расстоянии в пространстве параметров дескриптора, превышающем заданный порог;

2) для каждой особой точки определяются пары соответствий на другом изображении – точка будет исключена из рассмотрения в случае, если найденная пара соответствующих точек располагается на изображении на значительном расстоянии друг от друга;

3) определяется матрица преобразования координат особых точек на одном изображении в координаты особых точек на другом изображении и из рассмотрения исключаются точки, для которых результаты преобразования не совпадают с координатами соответствий.

Таким образом, общий алгоритм сопоставления изображений при поиске на основе анализа особых точек содержит следующие шаги: определение особых точек на паре изображений; определение кандидатов на соответствие; фильтрация ложных соответствий; вычисление степени сходства или различия изображений.

Для систем контроля технологических процессов характерна четко фиксированная ориентация объектов на изображениях. Это позволяет использовать также информацию о положении и количестве особых точек для изображений, соответствующих различным этапам.

В заключение отметим, что разработанные подходы к анализу изображений являются эффективными для построения систем контроля формы в технологическом процессе литья пластмассы под давлением.

#### **Литература**

1. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением: пер. с англ. / Р.А. Мэллой. – СПб.: Профессия, 2006. - 512 с.
2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение: пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с.
3. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс] // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» [Официальный сайт]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info> (дата обращения: 1.03.2015).
4. Шлеймович, М.П. Контроль литья изделий из пластмассы на основе машинного зрения / М.П. Шлеймович, М.В. Медведев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015). Том 1: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. С. 244-248.
5. Райченко, Б.В. Практическое применение методов ключевых точек на примере сопоставления снимков со спутника «Канопус-В» / Б.В. Райченко, В.В. Некрасов // Геоматика. - 2013. - № 2. - С. 52 - 58.