



6. Mahadevan V., Li W., Bhalodia V., Vasconcelos N. Anomaly Detection in Crowded Scenes // In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Francisco, CA, 2010.

М.П. Шлеймович, М.В. Медведев

КОНТРОЛЬ ЛИТЬЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

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

В настоящее время практически во всех сферах человеческой деятельности применяются средства машинного зрения. Особенно актуально их использование в системах управления технологическими процессами. Это связано с тем, что в таких системах можно в значительной степени автоматизировать процессы обработки информации и принятия решений, сводя к минимуму ошибки человека-оператора.

Одним из направлений разработки методов и алгоритмов машинного зрения является анализ изображений, получаемых в реальном времени в процессе изготовления изделий из пластмассы.

К самым распространенным методам изготовления пластмассовых изделий относится литье под давлением [1]. Он 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:

- 1) заполнение формы расплавом;
- 2) уплотнение расплава;
- 3) выдержка под давлением;
- 4) охлаждение;
- 5) выталкивание изделия.

Данный процесс можно описать следующим образом. После смыкания формы, расплав поступает из впрыска литьевой машины (термопласт-автомата) в относительно «холодную» формующую полость по литниковой системе. 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 специаль-



ной системы выталкивания (съемка). Продолжительность цикла литья под давлением в значительной степени зависит от конструкции изделия.

Последняя стадия процесса литья под давлением – выталкивание изделия из формы. Идеальным является случай, когда извлечение отлитого изделия происходит без его повреждения или деформации. Однако на практике это условие выполняется не всегда. Поэтому 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. Однако ввиду присущих ему ограничений актуальна разработка дополнительных средств. Одним из них может служить система машинного зрения, в которой выполняется цифровая обработка изображений, полученных от видеокамеры.

Процесс обработки изображений при контроле формы в общем виде можно представить следующим образом:

1. Регистрируется изображение пустой формы до начала стадии ее заполнения расплавом (эталонное изображение);
2. Регистрируется изображение формы после окончания стадии выталкивания изделия (проверяемое изображение);
3. Выделяются характеристики изображений и осуществляется их сопоставление;
4. В случае обнаружения значительных различий изображений процесс литья останавливается и выполняется оповещение оператора.

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 без излишне сложных процедур.

Поскольку отверстия 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.

Простейший (и при этом достаточно эффективный) вариант построения системы контроля основывается на преобразовании эталонного и проверяемого изображений (или их областей) в полутоновую форму, их вычитании и сравнении результата с заранее заданным порогом.

Однако при разработке систем машинного зрения необходимо учитывать несовершенство условий регистрации изображений. В рассматриваемом случае это связано с неоднородностью освещения, цветом изделий, движением формы,



механических колебаний и др. Поэтому одной из основных проблем является выбор устойчивых признаков изображений.

При анализе изображений используются признаки цвета, текстурные признаки, признаки формы, признаки объектов и их отношений [2]. 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.

Один из подходов к получению устойчивых признаков для анализа изображений при контроле процесса литья может быть построен на основе выделения и описания особых точек. Соответствующие признаки 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].

Эффективный алгоритм выделения особых точек основан на применении вейвлет-преобразования [4]:

1. Выполнить вейвлет-преобразование изображения до n -ого уровня детализации;

2. Начиная с n -го уровня для каждого вейвлет-коэффициента с большим значением рекурсивно выполнять:

2.1. Для каждого пикселя исходного изображения, расположенного в k -ой строке и l -ом столбце n -го уровня детализации вычислить значение веса по формуле:

$$C_n(k, l) = \sqrt{dh_n^2(k, l) + dv_n^2(k, l) + dd_n^2(k, l)}, \quad (1)$$

где $dh_n(k, l)$, $dv_n(k, l)$, $dd_n(k, l)$ – горизонтальный, вертикальный и диагональный коэффициенты вейвлет-преобразования пикселя;

2.2. Выполнить рекурсивный переход на $(n - 1)$ -й уровень детализации;

2.3. Скорректировать вес особой точки в соответствии с формулой:

$$\begin{aligned} W_{n-1}(k, l) &= W_n(x, y) + C_n(k, l), \\ 2x &\leq k \leq 2x + 1, \\ 2y &\leq l \leq 2y + 1; \end{aligned} \quad (2)$$



3. Задать пороговое значение;

4. Пометить в качестве точечных особенностей пиксели, веса которых превышают заданный порог.

Описание каждой выделенной особой точки осуществляется с помощью набора вейвлет-коэффициентов области заданных размеров в ее окрестности.

Результаты описанных алгоритмов позволяют получить признаковые описания изображений, сопоставляя которые можно сделать вывод о степени их сходства или различия. Один из подходов здесь основан на определении количества соответствующих друг другу особых точек на изображениях. Если это количество выше заданного порога, то изображения принимаются 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 алгоритмы:

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 – из рассмотрения исключаются точки, для которых результаты преобразования не совпадают с координатами соответствий.

Результаты проведенных исследований показали эффективность применения алгоритмов выделения и сопоставления особых точек для сравнения изображений. Данные результаты позволяют использовать представленные подходы в системе 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» [Офиц. сайт]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info> (дата обращения: 1.03.2015).



4. Ляшева, С.А. Распознавание объектов на местности в системе управления БЛА / С.А. Ляшева, М.В. Медведев, М.П. Шлеймович // Известия вузов. Авиационная техника. - 2014. - №3. - С. 64 - 66.

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.