

Доведення ефективності ультразвукового контролю чавунних виливків в умовах українських промислових підприємств для підвищення якості та конкурентоспроможності вітчизняного чавунного лиття.

Список літератури

1. **Л.В. Воронкова** Ультразвуковой контроль чугуновых отливок. – М.: 1998.
2. **Разумов-Раздолов К.Л.** Неразрушающий контроль в промышленности // «РИТМ» (Ремонт Инновации Технологии Модернизация). – 2010. - №9 С.36-39.
3. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник / Под ред. **Г.С. Самойловича**-М.: Машиностроение, 1976.
4. **Амелина А.И.** Новые методы контроля и дефектоскопии в машиностроении и приборостроении.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.926: 34.16

С.Л. ЦВИРКУН, ст. преподаватель, Криворожский национальный университет

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ КРУПНОКУСКОВОЙ РУДЫ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЕ

Рассмотрена автоматическая система сопровождения крупнокусковой руды на конвейерной ленте, в которой применена пороговая сегментация изображения для определения крупности руды, а также фильтр Калмана, для определения местоположения крупнокусковой руды на конвейерной ленте. В системе используется контроллер для сортировочного устройства на основе нечеткой логики.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, нечеткая логика, нечеткая база знаний, сортировка, функций принадлежности.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Сопровождение движущихся объектов - это один из составляющих компонентов многих систем реального времени таких, как системы слежения, анализа видео и других. Входными данными любого алгоритма сопровождения является последовательность изображений (кадров видео) с нарастающим объемом информации, которую необходимо обрабатывать и анализировать.

Алгоритмы для сопровождения объектов можно применять также и в горнодобывающей промышленности. Особенно стоит отметить применение алгоритма видеослежения за крупнокусковой рудой на конвейерной ленте.

Задача сопровождения состоит в том, чтобы построить траектории движения кусков руды на входной последовательности кадров.

Допустим, что положение кусков руды на изображении обозначается номером. Тогда траекторией движения объекта называется последовательность его положений, где - номер первого кадра, на котором был обнаружен объект - количество кадров последовательности, где наблюдается объект. Заметим, что в зависимости от метода сопровождения положение объекта может определяться по-разному (координаты и размер сторон окаймляющего прямоугольника, координаты центра масс контура и т.п.).

Анализ исследований и публикаций. Методы сопровождения объектов можно разделить на несколько категорий: методы сопровождения особых точек (point tracking).

В таких методах принимается, что положение объекта определяется расположением набора характерных точек. Один и тот же объект на последовательных кадрах представляется наборами соответствующих пар точек.

Данная группа методов разделяется на две подгруппы: детерминистские методы используют качественные эвристики движения (небольшое изменение скорости, неизменность расстояния в трехмерном пространстве между парой точек, принадлежащих объекту), по существу задача сводится к минимизации функции соответствия наборов точек; вероятностные методы используют подход, основанный на понятии пространства состояний (считается, что движущийся объект имеет определенное внутреннее состояние, которое измеряется на каждом кадре). Чтобы оценить следующее состояние объекта, требуется максимально обобщить полученные измерения, т.е. определить новое состояние при условии, что получен набор измерений для

состояний на предыдущих кадрах.

Типичными примерами таких методов являются методы на базе фильтра Кальмана [8, 9] и фильтра частиц (particle filter) [10]. Методы сопровождения компонент (kernel tracking). Под компонентой понимается форма объекта. В простейшем случае компонента может быть представлена шаблоном прямоугольной или овальной формы, в более сложных - трехмерной моделью объекта, спроецированной на плоскость изображения.

Как правило, методы данной группы применяются, если движение определяется обычным смещением, поворотом или аффинным преобразованием. На практике реализуется с использованием сдвига среднего (mean shift) [4] и его непрерывной модификации (Continuous Adaptive Mean Shift, CAM Shift) [4]. Методы сопровождения силуэта (silhouette tracking). Силуэт может быть задан контуром, либо набором связанных простых геометрических примитивов. Задача трекинга силуэта состоит в том, чтобы на каждом кадре определить область, в которой находится объект, с использованием модели его силуэта, построенной на основании предшествующих кадров.

Можно выделить две группы методов: *методы сопоставления и сопровождения* фрагментов изображения, содержащих объект.

При сопоставлении естественным образом должна быть введена мера сходства пары областей, ограниченных контуром. Определение положения фрагмента на следующем кадре последовательности выполняется посредством вычисления оптического потока для внутренних точек области. *Методы сопровождения контура*. Позволяют прогнозировать положение контура на следующем кадре.

Первый подход состоит в использовании моделей пространства состояний (по типу фильтра Кальмана), второй - в минимизации функции энергии контура с использованием прямых техник таких, как градиентный спуск.

Цель исследования. Задачей выполненных исследований является разработка структурно-функциональной схемы системы сопровождения крупнокусковой руды в потоке на конвейерной ленте, которая включает для идентификации движущихся кусков руды - процесс сегментации и для автосопровождения кусковой руды модель фильтра Калмана [].

Также рассматривается подсистема, основанная на нечеткой логике для непосредственной сортировки руды.

Изложение материала и результаты. Предлагаемая структурно-функциональная схема системы слежения за подвижными кусками руды на конвейерной ленте показана на рис. 1.

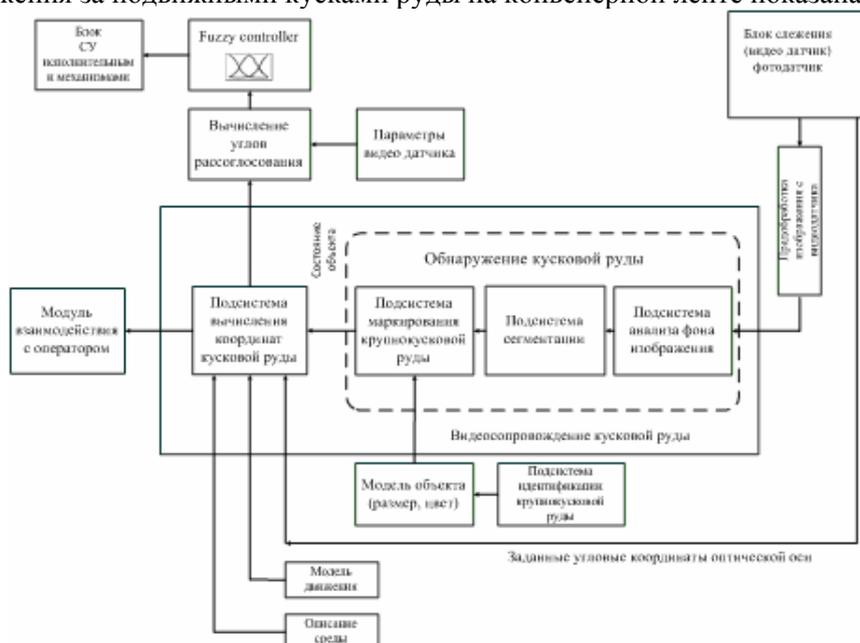


Рис. 1. Структурно-функциональная схема системы сопровождения крупнокусковой руды

Структура автоматизированной системы автосопровождения крупнокусковой руды в потоке на конвейерной ленте, основанная на видеонаблюдении, включает фотокамеру, видеокамеру,

блок обработки видеoinформации, устройство хранения и устройство отображения видеoinформации.

Блок обработки видеoinформации такой системы состоит из двух подсистем: подсистема идентификации крупнокусковой руды и подсистема автосопровождения движущихся кусков руды.

Подсистема автоматической идентификации крупнокусковой руды с помощью фотодатчика предполагает предварительную обработку фотокадров, выделение пикселей движущегося объекта, постобработку. Основной задачей этапа предобработки изображения с видеодатчика является повышение, по некоторому критерию, качества входного изображения.

Критерий качества изображения выбирается в соответствии с предназначением системы и дальнейшими этапами обработки (например, для улучшения зрительных характеристик изображения, подчеркивание существенных деталей и особенностей изображения).

В данной работе, предлагается в качестве детектора крупнокусковой руды использовать алгоритм сегментации. Так как данный алгоритм опирается на выделении контуров изображения с использованием пороговой сегментации, то необходимо улучшить качество изображения для повышения качества алгоритма сегментации и устранить шум.

Подсистема автоматического сопровождения предполагает захват видеопотока, захват видеокadra, предварительную обработку видеокadров, выделение движущейся крупнокусковой руды, постобработку.

Использование видеодатчиков, является удобным относительно дешевым способом для захвата и более рациональным решение поставленной задачи. К задачам подсистемы сопровождения объектов можно отнести: локализация кусков руды - по множеству пикселей переднего плана выделяется множество кусков руды; сопровождение объектов - межкадровое связывание (прослеживание от кадра к кадру) сегментированных движущихся областей руды путем предсказания положения куска руды на текущем кадре по известному положению на предыдущем кадре.

Результатами данного этапа так же могут являться такие характеристики движущегося объекта, как траектория движения, координаты куска руды, угол рассогласования между куском руды и оптической областью видеодатчика или другие цифровые параметры.

Интеллектуальность системы заключается в автоматической идентификации, локализации, сопровождении кусков руды, определении момента появления движущегося куска (кусков) руды в области сортировки руды и выдачи управляющего сигнала на сортировку.

Фильтр захвата видеопотока вводит данные в поток. Эти данные он может получать из файла или какого-либо устройства захвата. Фильтр захвата видеокadra выделяет из потока один кадр.

Для доступа к данным к фильтру захвата видеокadra необходимо присоединить объект обратного вызова, в котором можно производить обработку кадра, а затем передать обработанный кадр следующему в цепочке фильтру.

В качестве модели формирования изображения, получаемого с помощью видеодатчика, можно использовать пространственно-временную модель, описанную в статье [1].

Рассмотрим только пространственную информацию, тогда, опуская номер кадра, данную модель можно записать в следующем виде

$$l(i, j) = h(i, j) r(i, j) + g(i, j)(1 - r(i, j)) + \xi(i, j), \quad i = 0, N_x - 1, j = 0, N_y - 1, \quad (1)$$

где N_x, N_y - высота и ширина кадра; $l(i, j)$ - наблюдаемое изображение; $g(i, j)$ и $h(i, j)$ - неизвестные функции, значения которых являются яркостями точек фона и объекта соответственно; $\xi(i, j) \approx N(0, \sigma_\xi^2)$ - шум видеодатчика.

Функция $r(i, j)$, которая определяет расположение объекта на изображении, задается правилом: $r(i, j) = 1$, если в точку (i, j) кадра находится объект, иначе 0.

Для сопровождения движущихся объектов на видео последовательности, используется модификация предложенного алгоритма в [7] и фильтр Калмана [5].

Основной отличительной особенностью модифицированного алгоритма является применение минимаксной функции схожести при поиске движущихся фрагментов в обрабатываемых кадрах.

В системе сопровождения крупнокусковой руды используется фильтр Калмана в плоскости изображения.

В ходе видеослежения за кусками руды (в установленном режиме) прогноз положения

куска руды с использованием фильтра Калмана по известному закону обновленной модели x_k

$$\tilde{x}_k^+ = \tilde{x}_k^- + K_k (z_k - H_k \tilde{x}_k^-) \quad (2)$$

позволяет определить окно поиска искомого куска руды на конвейерной ленте в следующем кадре, а также может определить приблизительный размер. Таким образом, это позволит сократить время для обнаружения только тех кусков руды, размер которых соответствует критерию отбора крупнокусковой руды.

На этапе обнаружения на изображении кадров видеопоследовательности получают зашумленные и ошибочные измерительные информации о состоянии объекта, в том числе местоположение отобранных кусков руды. Эти ошибки можно устранить с помощью добавления этапа фильтрации.

В результате работы алгоритма видеослежения получаем в текущий момент времени множество кусков руды на конвейерной ленте отобранных по заданному критерию с текущими координатами положения.

Далее вычисляется угол рассогласования между координатами центра куска руды и оптической осью видео датчика, чему будут посвящены дальнейшие исследования.

Когда все действия, связанные с анализом угла рассогласования завершены и система имеет шаблон действия объекта, необходимо выбрать соответствующую для данного шаблона реакцию блоком системы управления исполнительными механизмами системы сортировки.

Введение элементов интеллекта в САУ позволяет принимать управляющие решения на основе первоначально заложенных и накопленных формализованных знаний о целесообразном функционировании систем сортировки при том или ином угле рассогласования.

Одним из путей решения указанной задачи является использование теории нечетных множеств, позволяющей реализовать лингвистический подход к управлению [3,4].

Нечеткий лингвистический подход дает возможность управлять объектами с нелинейной динамикой, функционирующих в условиях неопределенности, за счет использования качественного описания процесса.

Применение теории нечетких множеств позволяет реализовать слабо формализуемые алгоритмы управления.

Нечеткая логика в алгоритмах управления может быть применена в том случае, когда, в силу природы объекта, информация носит не только количественный, а и качественный характер.

Применение нечеткого подхода существенно расширяет возможности адаптивных систем, когда отсутствует точное знание структуры системы, невозможно учесть влияние всех факторов на изменение ее параметров и дать строгое аналитическое описание сложной модели или процесса.

Одним из решений при построении рассматриваемых систем является возможность совместного применения адаптивного подхода и методов управления, использующих нечеткую логику, что позволит создавать адаптивные нечеткие системы, содержащие в качестве адаптивного регулятора экспертную систему с нечеткой логикой.

Для адаптивной системы управления процессом сортировки можно использовать одноуровневую структуру контроллера (рис. 2) и не иерархическую структуру правил.

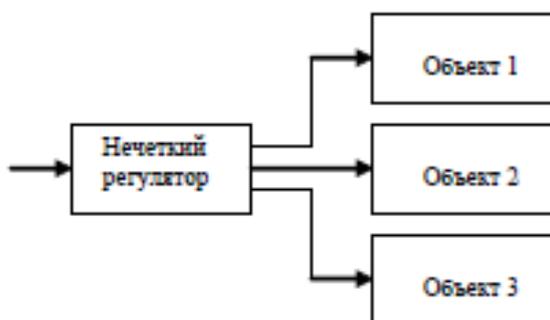


Рис. 2. Структура нечеткой системы управления комплексом исполнительных механизмов

Для такой системы управления применяется нечеткий алгоритм с фиксированной последовательностью операций, включая методы нечеткого вывода, фаззификации и дефаззификации.

Структура модели системы автоматического определения кусков руды в потоке с использованием контроллера на основе нечеткой логики представлена на рис. 3 [6].

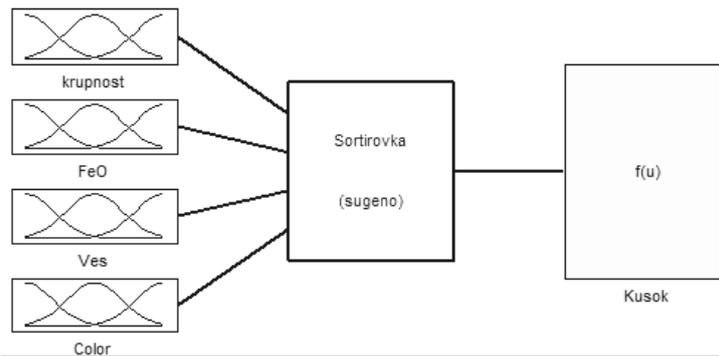


Рис. 3. Структурная схема системы автоматического определения кусков руды в потоке

Реализация модели системы автоматического определения кусков руды на конвейерной ленте с использованием контролера на основе нечеткой логики (Fuzzy Logic Controller) была произведена с помощью Simulink (рис.4).

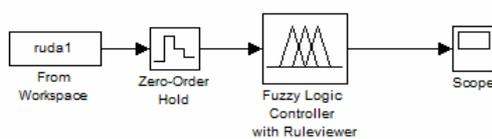


Рис. 4 Модель системы автоматического определения крупнокусковой руды

Результатом моделирования ANFIS модели по алгоритму Сугено (рис. 5) является определение кусков руды, которые находятся в зоне расположения устройства для сортировки крупнокусковой руды.

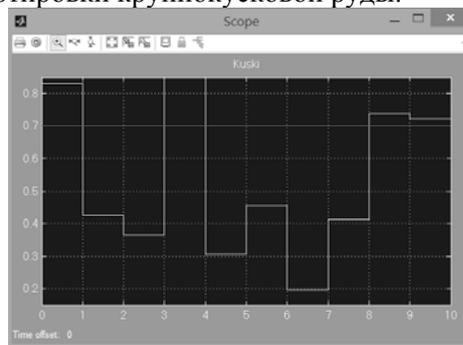


Рис. 5 Результаты моделирования ANFIS модели

Выводы. При разработке системы сопровождения крупнокусковой руды применяется пороговая сегментация изображения для определения крупности руды, а также фильтр Калмана, для определения местоположения крупнокусковой руды на конвейерной ленте, что повысило быстродействие задачи обнаружения и сопровождения.

Кроме этого временное обновление фильтра Калмана позволяет определить местоположение куска руды при полном перекрытии его вовремя движения по конвейерной ленте.

При этом ставят ограничения на скорость перемещения кусков руды в плоскости изображения.

Применение нечеткой логики для определения сортируемого куска руды не заменяет обычную технику управления, а дополняет ее высокоэффективной методологией реализации стратегий многосвязного управления.

Список литературы

1. Алпатов Б. А., Блохин А. Н., Муравьев В. С. Алгоритм обработки изображений для систем автоматического сопровождения воздушных объектов // Цифровая обработка сигналов, 2010. - № 4. - С. 12–17.
2. Кирик В.В. Організація структури систем автоматичного регулювання напруги на основі нечітких логічних контролерів // Технічна електродинаміка, 2004. - №5. - С. 18-22.
3. Прикладные нечеткие системы / Под ред. Т.Тэрано. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Кирик В.В. и др. FUZZY- системи – новий технологічний інструмент управління // Технічна електродинаміка, 2001.- №3.- С. 17-20.
5. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Изд. д. Вильямс, 2004. - 465 с.
6. Цвиркун С.Л. Применение нечеткой логики для определения крупнокусковой руды // Вісник Криворізького національного університету, 2012. - № 33. - С. 215-219.
7. Baldini, G. A simple and robust method for moving target tracking / G. Baldini, P. Campadelli, D. Cozzi // The

Internet 2010 [www.macs.hw.ac.uk/bmvc2006/papers].

8. **Dan S., Baojun Zh., Linbo T.** A Tracking Algorithm Based on SIFT and Kalman Filter // In Proceedings The 2nd International Conference on Computer Application and System Modeling, 2012. – P.1563-1566.

9. **Isard M., Blake A.** Condensation - conditional density propagation for visual tracking // Int. J. Comput. Vision, 1998. - V.29. - № 1. - P. 5-28.

10. **Salarpour A., Salarpour A., Fathi M., Dezfoulian MirHossein** Vehicle tracking using Kalman filter and features // Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ), 2011. - V.2. - №2.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

УДК 669.162.21

В.В. БОЧКА, д-р техн. наук; Р.В. КУПРИКОВ, аспирант;

Е.И. СУЛИМЕНКО, канд. техн. наук, Национальная металлургическая академия Украины

В.М. СЕРВЕТНИК, канд. техн. наук, Криворожский национальный университет

РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПОДГОТОВКИ АГЛОМЕРАТА К ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

Рассмотрена зависимость качества агломерата от механической обработки его спека в специальном устройстве.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Эффективность выплавки чугуна в современных доменных печах в значительной степени определяется качеством агломерата, как основного компонента железорудной части шихты. Получение такого агломерата на фабриках окускования предполагает сочетание рациональной технологии процесса его спекания с применением эффективных схем обработки спека, основной задачей которых есть получение высококачественного агломерата по прочности (барабанная проба-68-75 %) и гранулометрическому составу (содержание мелочи (0-5 мм) не более 5%).

На аглофабриках Украины производится агломерат, который характеризуется более низким качеством по физическим свойствам. Содержание мелочи в нем колеблется в пределах 14-17 %. При транспортировке такого агломерата от аглофабрик до бункеров бункерной эстакады доменных печей содержание мелочи в нем возрастает на 2-5 %. Это свидетельствует, прежде всего, о недостаточно эффективной технологии обработки спека на наших аглофабриках.

Анализ исследований и публикаций. Анализ литературных данных показал, что наиболее высокие результаты доменной плавки достигаются при использовании в шихте агломерата с ограничением как верхних, так и нижних размеров кусков [1]. Так, при загрузке в печь агломерата крупностью 5-50 мм ее производительность возрастает а удельный расход кокса снижается, соответственно, на 0,4-0,7 % на каждый процент уменьшения содержания мелочи в шихте.

Такой агломерат называют материалом стабилизированным по крупности и прочности.

В общем виде стабилизацию агломерата можно представить как процесс приведения его физических свойств к постоянному, устойчивому состоянию. Этот процесс как раз и должен быть реализован на стадии обработки спека как неоднородного по структуре, прочности и напряженному состоянию материала, а также продуктов его разрушения. Теоретические основы процесса разрушения спека под воздействием ударных и истирающих нагрузок достаточно полно изучены Базилиевичем С.В., Вегманом Е.Ф., Коршиковым Г.В. и др. [3-5]. Результаты этих исследований были использованы при разработке технологических схем обработки спека на агломерационных фабриках. В настоящее время для получения стабилизированного по крупности агломерата (крупностью 5-50 мм) предлагается 4-5-ти стадийная схема обработки спека, включающая дробление на многоцелевых аппаратах “дробилка-грохот-охладитель” нового типа с рассевом возврата и агломерата на грохотах с неоднородным синтетическим полем траекторий [2]. Следует подчеркнуть, что указанная схема наряду с достоинствами имеет и свои недостатки: громоздкость, значительное количество различных типов оборудования, потребляющего большое количество электроэнергии, недостаточно высокая степень стабилизации агломерата по крупности и прочности и др.

Изложение материала и результаты исследований. В Национальной металлургической академии Украины предложена технологическая схема обработки спека, которая позволяет