

УДК 66.931, 004.42

Д.Ю. Кирин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ОКОМКОВАННОГО МАТЕРИАЛА

Описана методика построения системы технического зрения для определения геометрических размеров железорудных окатышей. Приводятся разработанный алгоритм цифровой обработки изображений и результаты испытаний системы. Результаты работы позволяют повысить точность измерений размеров окатышей, а также дают возможность построения систем непрерывного автоматического регулирования процессом. Статья рассчитана на специалистов в областях технического зрения и обогатительных процессов.

Ключевые слова: металлургическая промышленность, шихтоподготовка железорудных окатышей, окомкованный материал.

Для металлургической промышленности всегда актуально сокращение материальных и энергетических ресурсов. Такой задачей, например, является экономия компонентов шихтоподготовки железорудных окатышей и сокращение брака при их окомковании. Решение данной проблемы связано с определением и поддержанием с помощью системы управления наиболее оптимального режима работы чашевого или барабанного окомкователей. В свою очередь, это заставляет разрабатывать новые измерительные приборы с многофункциональными свойствами, с повышенной точностью, надежностью и быстродействием. Наиболее полно всем этим требованиям удовлетворяют приборы на основе систем технического зрения.

В настоящее время благодаря бурному прогрессу в области микроэлектроники и вычислительной техники системы технического зрения получают все более широкое применение в различных областях науки и промышленности. Наибольшим достоинством таких систем является бесконтактный способ измерения интере-

сующих параметров изучаемых объектов. Данное обстоятельство обеспечивает таким приборам надежность и долговечность. Применение систем технического зрения в горной промышленности позволяет проводить визуальное разделение руд, микроскопную оценку минералов и оптическое измерение размеров различных объектов. В частности, актуальной задачей является построение систем технического зрения для определения размеров сырых железорудных окатышей.

Актуальность данной задачи подтверждает значительное количество публикаций и патентов, посвященных ее решению [1-7]. Однако, несмотря на многообразие предлагаемых методов, ни один из них не удовлетворяет в полной мере всем требованиям, предъявляемым к таким системам. Например, в [1, 4, 7] описывается метод оценки распределения размеров окатышей, позволяющий определять только интегральную характеристику (средний размер) наблюдаемых окатышей. В [3] описан способ растривания видеоизображения окомкованного или гранулированного материала и определение из

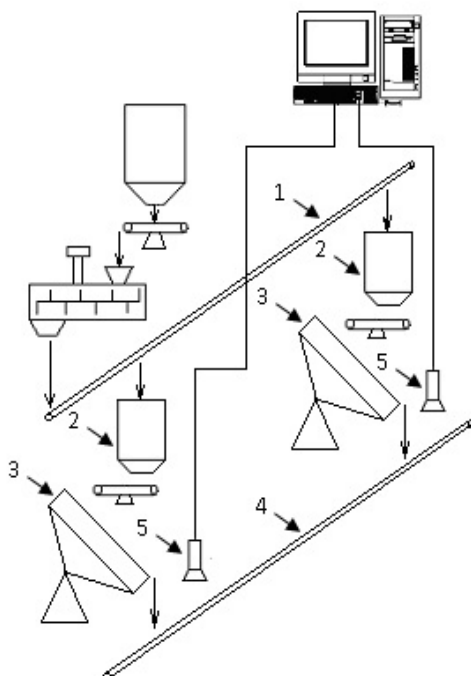


Рис. 1. Установка для производства окатышей из железной руды

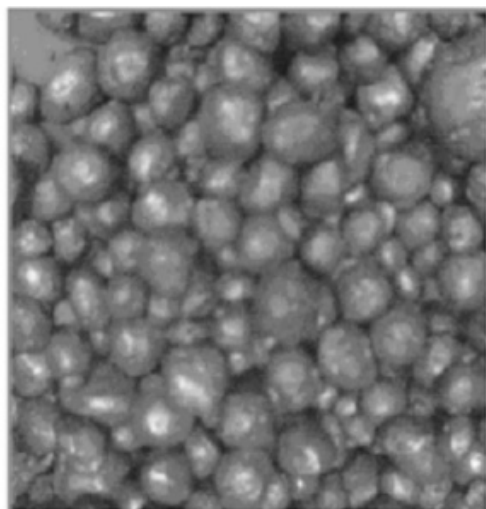


Рис. 2. Изображение сырых железорудных окатышей, расположенных на движущемся транспортере

структуры раstra геометрических размеров частиц. Такой метод оказывается не достаточно точным. В [5,6] предлагается определять геометрические размеры частицы, движущейся в монослое, путем их проектирования на светочувствительный экран. Однако в реальном технологическом процессе реализация такого метода не представляется возможным.

В данной статье представлены результаты работ по созданию программно-аппаратного комплекса «Гранулометр», предназначенного для определения распределения геометрических размеров движущихся окомкованных или гранулированных материалов. В состав комплекса входят устройства считывания видеоизображения и компьютер, в котором установлен модуль преобразования аналогового телевизионного кадра в цифровое изображение и реализованы программные блоки, с помощью которых рассчитываются размеры окомкованных или гранулированных частиц и производится их статистическая обработка (рис. 1).

Подлежащая окомкованию смесь из железной руды и бентонита подается через ленточный транспортер 1 и накопитель материала 2 на тарельчатый окомкователь 3. Окомкованный материал отводится через ленточный транспортер 4. С помощью устройства считывания видеоизображения 5 производится съемка исходного изображения сырых окатышей, лежащих на ленточном транспортере (рис. 2).

Съемка производилась при помощи аналоговой телевизионной камеры на ПЗС-матрице с электронным затвором и с 12 мм F 1.4 объективом. Скорость движения транспортера около 1 м/с. Расстояние от объектива телевизионной камеры до верхнего слоя окатышей составляет около 40 см.

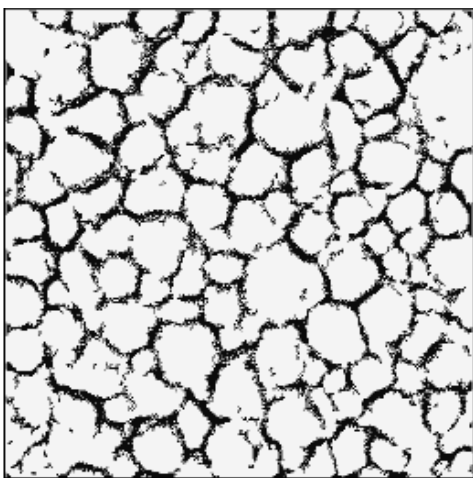


Рис. 3. Контурное изображение видимого слоя окатышей

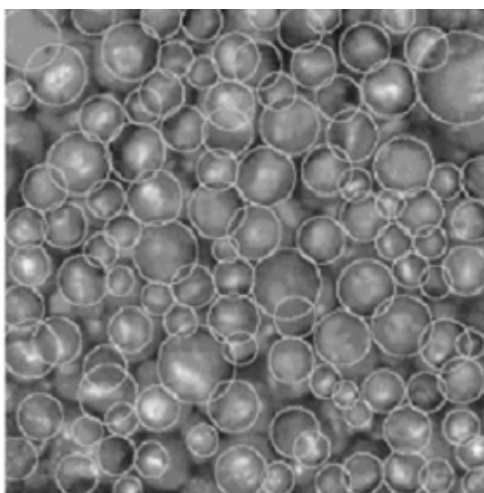


Рис. 4. Результаты работы алгоритма

Анализ приведенного телевизионного кадра позволяет построить простую модель телевизионного изображения верхнего слоя окатышей. Анализируемые объекты (окатыши) имеют приблизительно сферическую форму, а в распределении интенсивности отраженного излучения хорошо прослеживаются максимумы и минимумы

интенсивности, которые соответствуют вершинам и видимым краям окатышей соответственно.

Идея предлагаемого метода для определения геометрических размеров окомкованных или гранулированных частиц заключается в следующем. Первоначально (рис. 3) при помощи алгоритма выделения края [8] строится контурное изображение видимого слоя окатышей.

На втором шаге определяются центры максимумов в распределении интенсивности отраженного излучения, которые представляют собой центры масс видимых окатышей. Определяя расстояние между центрами максимумов и минимумами интенсивности (соответствующими контурными линиями) по восьми или шестнадцати направлениям, рассчитывают возможные значения радиусов соответствующих окомкованных или гранулированных частиц. Определение радиуса окатышей по восьми или шестнадцати направлениям оказывается наиболее подходящим компромиссом между требованием измерения в малом количестве направлений, чтобы уменьшить до минимума вычислительные затраты, и требованием измерения в возможно большем количестве направлений для получения наиболее точного изображения частиц [9]. Как показывает практика, при приблизительно шаровой форме частиц повышение количества направлений, в которых определяют расстояние между максимумами и минимумами интенсивности, не приводит к заметному улучшению точности при определении геометрических размеров частиц. На основе полученных значений рассчитывается наиболее вероятный радиус каждого отдельного окатыша. На рис. 4 приведены результаты работы данного алгоритма.

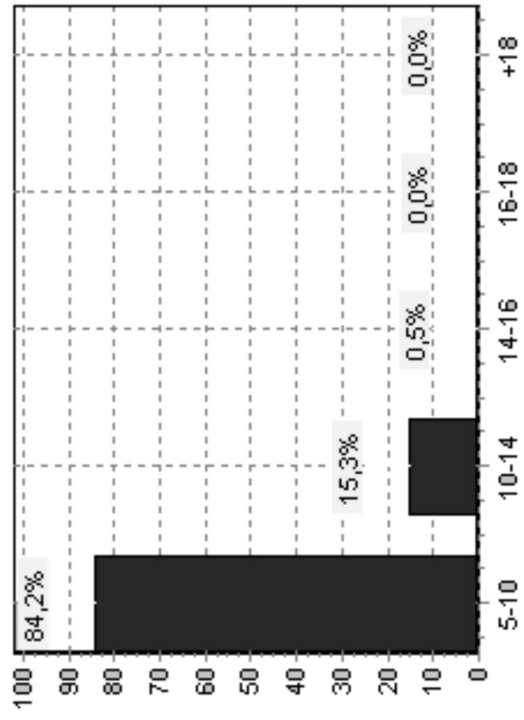


Рис. 5 Гистограммы распределения геометрических размеров окатышей системы «Гранулометр». Первая проба

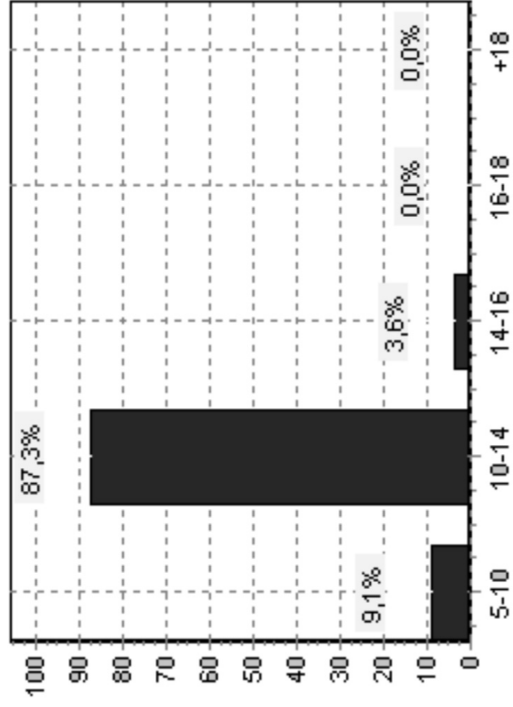


Рис. 6 Гистограммы распределения геометрических размеров окатышей системы «Гранулометр». Вторая проба


После вычисления радиусов для всех видимых окатышей на нескольких телевизионных кадрах строится итоговое распределение, на основании которого можно проводить оценку качества работы окомкователя.

Для иллюстрации точностных характеристик работы системы «Гранулометр» на рис. 5 и 6 приведены гистограммы распределения геометрических размеров окатышей для двух проб. В первой пробе распределение окатышей после ситового анализа составило: класс (5-10) мм – 87.5 %,

класс (+10-14) мм – 12.5 %. Во второй пробе: класс (5-10) мм – 10.5 %, класс (+10-14) мм – 85 %, класс (+14-16) мм – 4.5 %.

Система «Гранулометр» проходила промышленные испытания на Лебединском ГОКе. Измерение распределения окатышей проводилось на ленточном конвейере. Сравнение результатов измерений с рассеиванием отобранных проб на ситах показали их удовлетворительное совпадение. Относительная погрешность по классу (+10-14) мм не превышала 6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрин А.А., Сафонов А.Е. Гранулирование железных руд и концентратов // Сб. трудов ин-та «Уралмеханобр». Свердловск, 1976, №3, С.133-135.
2. Arai O., Yamamoto A., Joko T., Inada K., Yumoto S. The quality control system of sintering plant at Kashima Steel Works // Autom. Mining, Miner and Metal Process: Proc. 4th IFAC Symp. Helsinki, 22-25 Aug., 1983. Oxford e. a., 1984. P. 347- 355.
3. Steven G. Grannes. Determining size distribution of moving pellets by computer image processing // Appl. Comput. And Oper. Res. Miner. Ind.:19th Int. Symp., University Park, Pa, 14-16 Apr. 1986. Littleton, Colo, 1986. P. 545-552.
4. Pat. JP 57059143. Measuring method for grain size of granular material. 1982.
5. Pat. GB 2012948 A. Investigation of Particle Size Distribution. 1978.
6. Pat. EP 0198670 A2. Measurement of sizes of particles in fallingstate. 1986.
7. Pat. EP 0391530 B1. Method of measuring average particle size of granular material. 1990.
8. Pratt W.K. Digital Image Processing, Wiley and Sons, 1978, New York, pp. 471-513.
9. Лисиенко В.Г., Крулов В.Н., Кирич Д.Ю. Способ и система для определения геометрических размеров частиц окомкованного и/или гранулированного материала. Патент RU №2154814, 20.08.2000. 

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Кирич Дмитрий Юрьевич – старший преподаватель кафедры «Автоматизированные системы управления», Радиотехнический институт Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, kdu@rbcsmail.ru

