

Обзор систем машинного зрения для контроля процессов рудоподготовки и обогащения

Представлен обзор исследований в области создания систем машинного зрения для контроля процессов рудоподготовки и обогащения. Приведены примеры систем оперативного анализа состава руды перед дроблением и измельчением с применением системы компьютерного зрения. Показана возможность обнаружения недробимых тел на конвейере и смещения ленты. Представлены алгоритмы определения параметров процесса сгущения на основе бинаризации изображения пульпы. Рассмотрены вопросы автоматизации процесса флотации руды на основе фотографий пены и определения ее характеристик. Показаны достоинства и недостатки систем машинного зрения для управления процессами рудоподготовки и обогащения.

Ключевые слова: машинное зрение, нейронная сеть, бинаризация, сегментация, гистограмма, размывка по Гауссу, триангуляция Вороного, регулирующее воздействие, дробление, измельчение, сгущение, флотация.

Осипова Нина Витальевна – канд. техн. наук, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий, «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», доцент кафедры информационных систем и телекоммуникаций, МГТУ им. Н. Э. Баумана, доцент кафедры математики, Финансовый университет при Правительстве РФ.

Список литературы

1. *Osipova N.V.* Investigation of the possibility of obtaining concentrate production targets based on a mathematical model of an ferrum ore processing site // CIS Iron and Steel Review. 2023. V. 25(2023). N 1. Pp. 4-9.
2. *Осипова Н. В.* Выбор параметров алгоритма управления загрузкой мельницы мокрого самоизмельчения железной руды // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 10. – С. 146–156.
3. *Осипова Н. В., Пития Д. В.* Система автоматического регулирования плотности пульпы в перемешивателе при подготовке к флотационному обогащению // Горная промышленность. – 2017. – № 3(133). – С. 92-93.
4. *Осипова Н. В., Пития Д. В.* Модель системы автоматического управления процессом перемешивания пульпы перед флотацией // Горные науки и технологии. – 2018. – № 1. – С. 108-112.
5. *В. Люшенко.* Оперативный контроль крупности руды с применением системы компьютерного зрения. <https://www.tbforum.ru>.
6. *Морозов В.В., Рапиш В. В., Дэлгэрбат Лодой, Хурлчулуун Ииген.* Развитие методик визиометрического анализа руды на ГОКе Эрдэнэт//Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 12. – С. 279-292.
7. *Ромашев А.О., Николаева Н.В., Гатиатуллин Б.Л.* Формирование адаптивного подхода с применением технологии машинного зрения для определения параметров осаждения продуктов обогащения // Записки Горного института. – 2022. – Т. 256. – С. 677-685.
8. *Олиферович Д.С.* Автоматизация технологического процесса флотации калийных руд на основе технического зрения // Доклады БГУИР. – 2009. – № 1(39). – С. 78-85
9. *Гребенешников А.Л., Курчуков А.М., Лучков Н.В., Смирнов А. О.* Применение систем технического зрения при управлении процессом флотации//Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 11. – С. 43-44.

10. Соколов С. М., Маслов В. А. Способ повышения эффективности процесса пенной флотации с использованием оптической обратной связи // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 6. – С. 321-332.
11. Затонский А.В., Варламова С.А., Малышева А.В., Мясников А.А. Использование видеографической информации для уточнения динамической стохастической модели процесса флотации калийной руды // Наукоедение. – Т. 9. – № 2. – 2017. <http://naukovedenie.ru>
12. Федосеева К.А. Усовершенствование адаптивной фильтрации тренда количества бликов с поверхности пены// Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 4. – С. 59-71.
13. Фастунов Е.А., Ладыгин М.А., Сбежнев Р.В., Седов А.В., Молодцев М.С, Бразюлис Л.А., Марухин М.П. Опыт по разработке и внедрению машинного зрения пенного продукта флотационных систем // Горная промышленность. – 2021. – № 5-2. – С. 57-61.
14. Румянцева Ю.Ю. Распознавание контуров флотационной пены в потоке // Тр. X конгресса молодых ученых Университета ИТМО. Т. 1. С.-Петербург. – 2021. – С. 213-216.

Osipova N.V. Overview of machine vision systems for ore dressing and beneficiation process control

The paper overviews the research in the field of machine vision development for ore dressing and beneficiation processes. It provides examples of the systems for fast ore composition analysis before crushing and grinding using machine vision. An opportunity of detecting uncrushable particles on the conveyor and belt displacement is shown. Algorithms for determining the thickening process parameters on the basis of liquor image binarization. Automation of flotation process on the basis of foam images and its characteristics is examined. Merits and drawbacks of machine vision systems for ore dressing and beneficiation control are discussed.

Keywords: machine vision, neural network, binarization, segmentation, histogram, Gaussian blur, Voronoi triangulation, regulatory control impact, crushing, grinding, thickening, flotation.