



**STATANLY**  
technologies



**НОРНИКЕЛЬ**

# Statanly Technologies

## АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ КАМНЕЙ В ПОТОКЕ НА КОНВЕЙЕРЕ ПО ВИДЕО

Ведущий разработчик: Румянцева Мария Юрьевна

Руководитель: Балакшин П.В., к.т.н.

Научный консультант: Фильченков А.А., к.ф-м.н.

- горно-металлургические предприятия;
- определение гранулометрического состава «на глаз»;
- ручное управление мельницей;
- замедлять при мелких, убыстрять при крупных.



Гранулометрический состав - распределение камней руды по крупности, характеризующееся процентным выходом от массы или количества кусков руды.



**Цель исследования** - выбор подходящего алгоритма или сочетания алгоритмов для распознавания и построения распределения камней по конвейеру для программного обеспечения автоматизации мельницы.

**Задачи исследования:**

1. Провести анализ существующих решений.
2. Разработать методы и программные средства для предварительной обработки кадров ленты конвейера.
3. Разработать методы и программные средства для детектирования камней на ленте.
4. Разработать методы и программные средства для отслеживания камней на видео.
5. Разработать методы и программные средства для построения распределения.

# Существующие решения

Ситовой анализ - вручную, на основе выемки 1 м<sup>3</sup> руды

Дорогостоящее  
оборудование

Рентгенорадиометрический анализ

Сканирование с использованием 3D камер

Лазерное 3D-сканирование

Двумерная видеосъемка

+ алгоритмы CV

Видео с камеры, установленной  
над конвейером

**Требования:**  
Работа в реальном времени



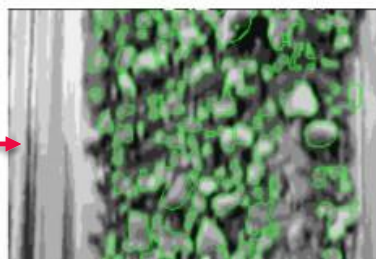
# Процесс



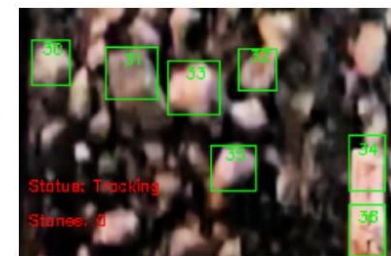
Получение  
видео



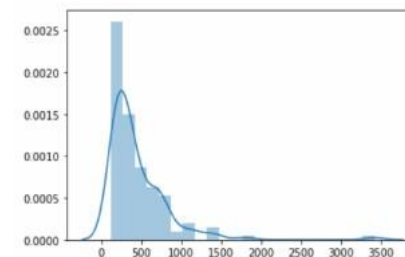
Предобработка



Определение



Отслеживание



Построение  
распределения

Цель: подготовить изображение к извлечению информации.



получение  
изображения



размытие по Гауссу



эквализация  
гистограммы

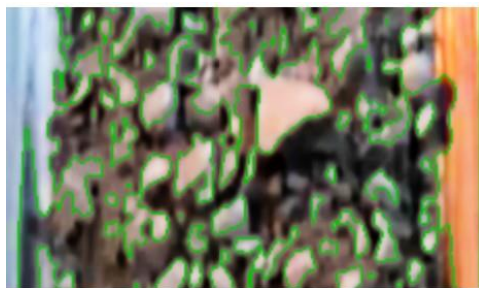


сокращение  
цветов

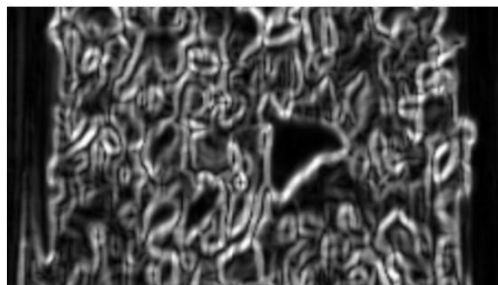
# Алгоритмы детектирования: выделение контуров

---

Цель: выделить отдельные камни



следование по границе



оператор Собеля



детектор Канни



# Алгоритмы детектирования: водораздел

## 1. Вычисление маркеров



открытие

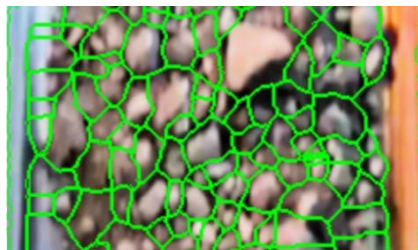


адаптивная  
бинаризация

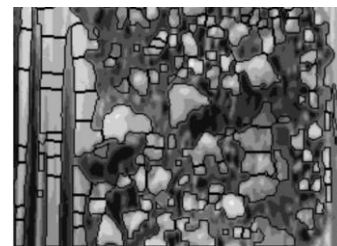


дистанционное преобразование  
локальные максимумы

## 2. Выращивание регионов



без маски



маска - оператор Собеля

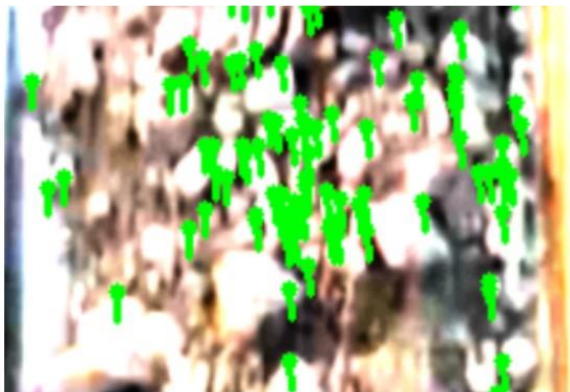
# Алгоритмы детектирования: оптический поток

---

- изображение видимого движения объектов
- распознавание движения и сегментация
- разреженный и плотный



# Алгоритмы детектирования: оптический поток



Лукаса-Канаде



Фарнэбека

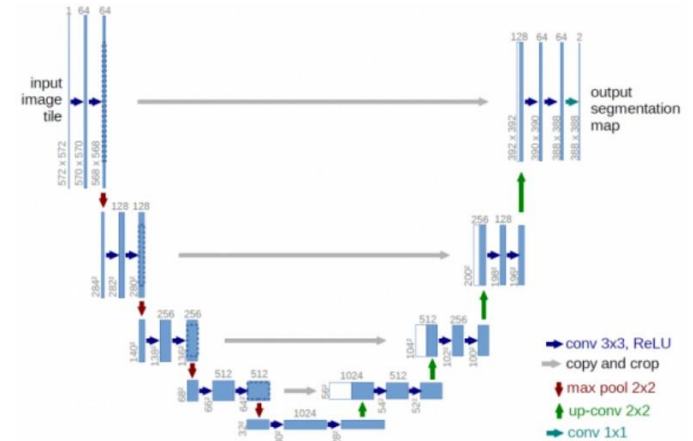


SimpleFlow

Оптический поток неэффективен для данной задачи.

# Алгоритмы детектирования: нейронная сеть Unet

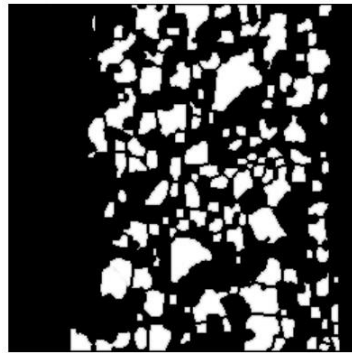
- Нейронная сеть для семантической сегментации
- Биомедицинское применения
- Более 1000 цитирований



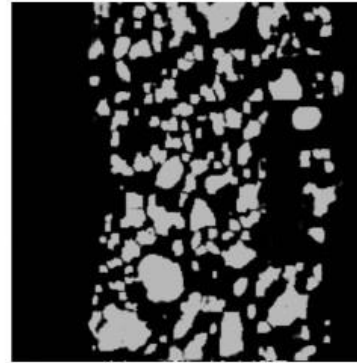
# Алгоритмы детектирования: нейронная сеть Unet



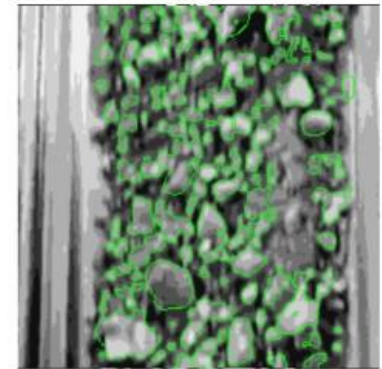
Исходный кадр



Маска для обучения



Вычисленная маска



Наложение на кадр

Цель: определить частоту детектирования

Процесс отслеживания



Ошибки отслеживания:



Корреляционный



MIL



Корреляционный +  
центроидный трекер

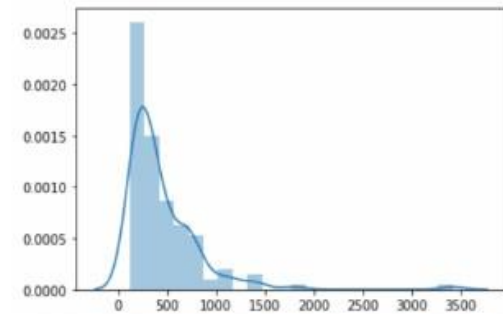
Результат:  
50 кадров

# Результаты (1)

1. Метод детектирования камней на основе нейронной сети Unet
2. Метод определения частоты расчёта распределения на основе отслеживания объектов
3. Построение распределения на основе диаметра Ферета



Диаметр Ферета



Пример построенного распределения

# Результаты (2)

Метод водораздела:

	Реальное положение		Точность	Полнота	T (1 кадр)
<b>Вычисленное</b>	Камни	Фон	60%	84%	0.04 с
<b>Камни</b>	TP = 736	FP = 490			
<b>Фон</b>	FN = 134	TN = 0			
<b>Нейронная сеть:</b>					
	Реальное положение		Точность	Полнота	T (1 кадр)
<b>Вычисленное</b>	Камни	Фон	94,4%	94,9%	0.09 с
<b>Камни</b>	TP = 947	FP = 56			
<b>Фон</b>	FN = 23	TN = 0			

CPU Xeon Processors @2.3Ghz, GPU Tesla K80 12GB VRAM, RAM 13 GB



1. Классические методы компьютерного зрения неэффективны для решения задачи гранулометрии
2. Оптический поток нецелесообразен для решения задачи гранулометрии
3. Нейросетевые методы являются наилучшим методом для определения камней
4. Отслеживание объектов можно использовать для определения частоты детектирования



**STATANLY**  
technologies



**НОРНИКЕЛЬ**

# Statanly Technologies

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ КАМНЕЙ В  
ПОТОКЕ НА КОНВЕЙЕРЕ ПО ВИДЕО

**Наши контакты:**

<http://statanly.com/>

[sergey@statanly.com](mailto:sergey@statanly.com)

+7-921-87523-96