



НОРНИКЕЛЬ

Система оперативного анализа процесса обогащения на основе алгоритмов машинного зрения

Результаты и перспективы развития



STATANLY
technologies

11.12.2020

ООО «СТАТАНЛИ ТЕХНОЛОДЖИС»

Биржевая линия, 16, 214, Санкт-Петербург, Россия

<https://statanly.com/>

- Постановка задачи
- Схема решения
- Модули системы
- Подготовка данных - описание того, какие есть пузыри, что именно мы определяем
- Подготовка данных - как работает
- Выделение контуров - что делает
- Выделение контуров - как работает, картинки
- Выделение контуров - как обучалась модель
- Трекинг пузырей - что делает, картинки
- Трекинг пузырей - как работает
- Подсчет площади - что делает, картинки
- Подсчет площади - как работает
- Оценка цветности - что делает, картинки
- Другие подходы
- Общие выводы
- Перспективы
- Команда

ПАО ГКМ «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» — одна из ведущих российских горно-металлургических компаний. Следуя важнейшему приоритету компании — постоянному улучшению качества сервиса и оптимизации ресурсов, компания постоянно использует возможность современных технологий анализа данных и искусственного интеллекта с целью улучшения качества и оптимизации различных процессов компании.

Направления работ:

Октябрь - ноябрь 2020 г.
Пилотный проект:
Разработка системы
оперативного анализа
процесса обогащения

Ноябрь- декабрь 2020 г.
Получены первые
результаты, проведена
оценка точности
реализованных моделей

2021 г.
Полноценный
программный комплекс—
система оптимизации
процесса обогащения

Постановка задачи

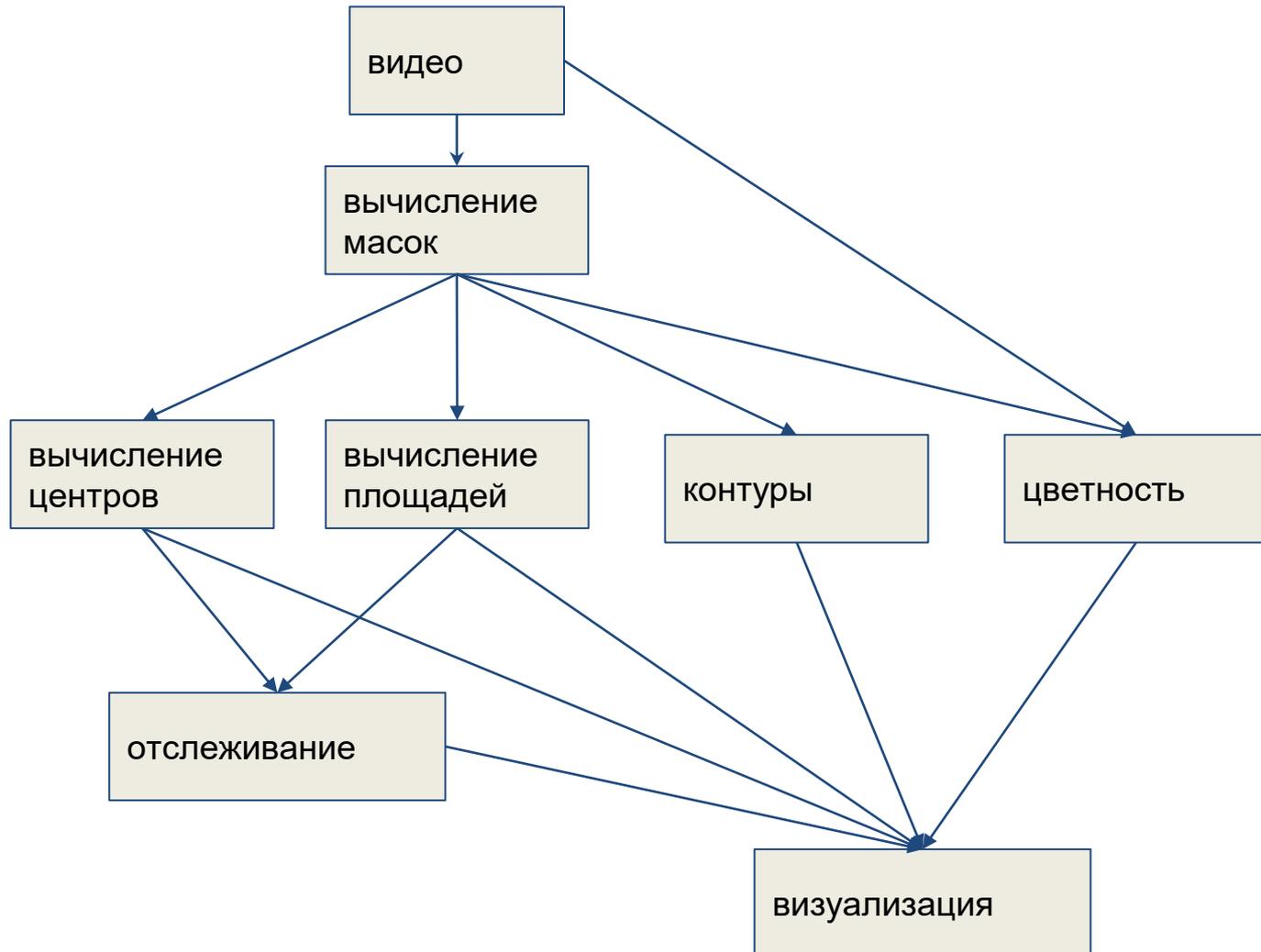


На основании предоставленных Заказчиком информационных материалов, которые должны быть в формате, описанном в разделе “Требования к данным” Исполнитель обязуется оказать услуги по созданию программного обеспечения «Система оперативного анализа процесса обогащения на основе алгоритмов машинного зрения».

В качестве входных параметров системы используется видеопоток/видеофайл/набор фотографий с таймкодами, результат будет сформирован в виде распределения пузырьковых образований по размерам, форме, скорости движения, времени жизни и другим признакам, окончательный список которых будет определен на этапе формирования технического задания. Кроме того, будут определены рекомендации по оптимальному качеству и fps (частоте) видеоматериалов, для построения управляющих моделей на следующем этапе проекта.

Информационные Материалы предоставляются в виде ссылки на архив в формате «.zip» на электронные адреса Ответственных лиц Исполнитель, с помощью электронного носителя или любого иного способа передачи информации.

Работа алгоритмов



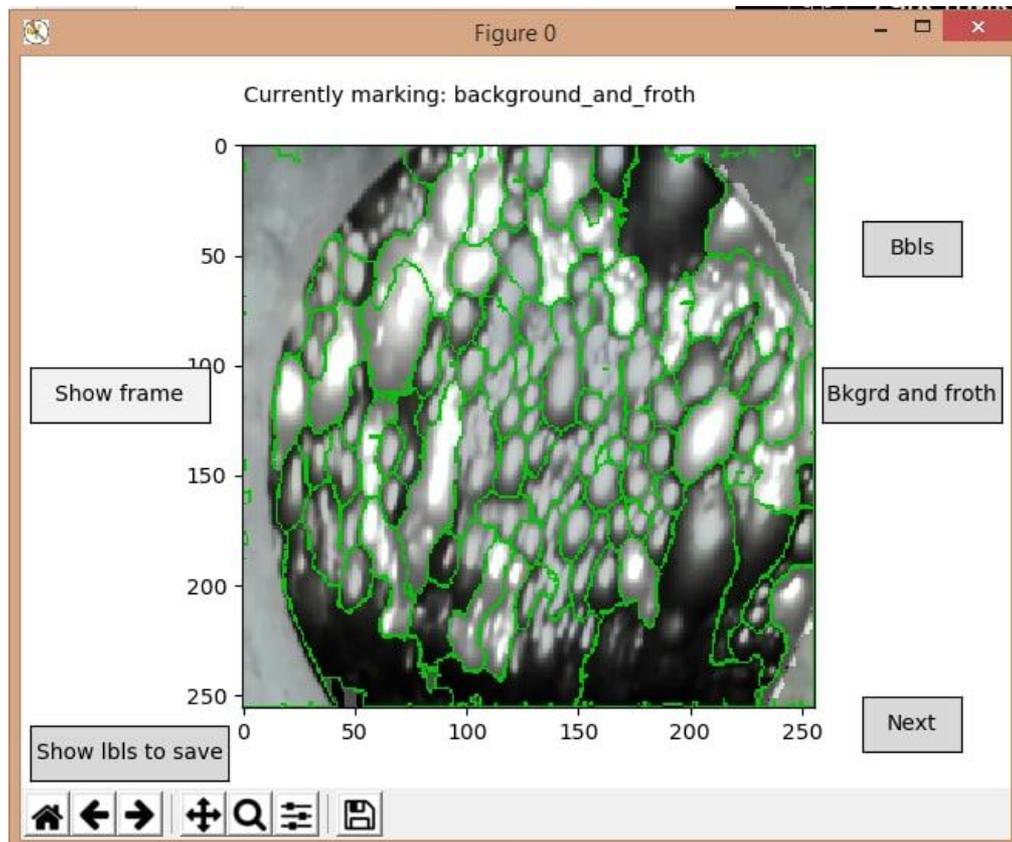
В рамках проекта были реализованы следующие модули системы анализа процесса обогащения:

- Модуль подготовки видео
 - Преобразует сырые данные, полученные с камер на флотационных машинах, в данные, пригодные для распознавания контуров пузырей
- Модуль для распознавания контуров пузырей
- Модуль для отслеживания и подсчета площадей пузырей пены
- Модуль для отслеживания изменений цветности пены

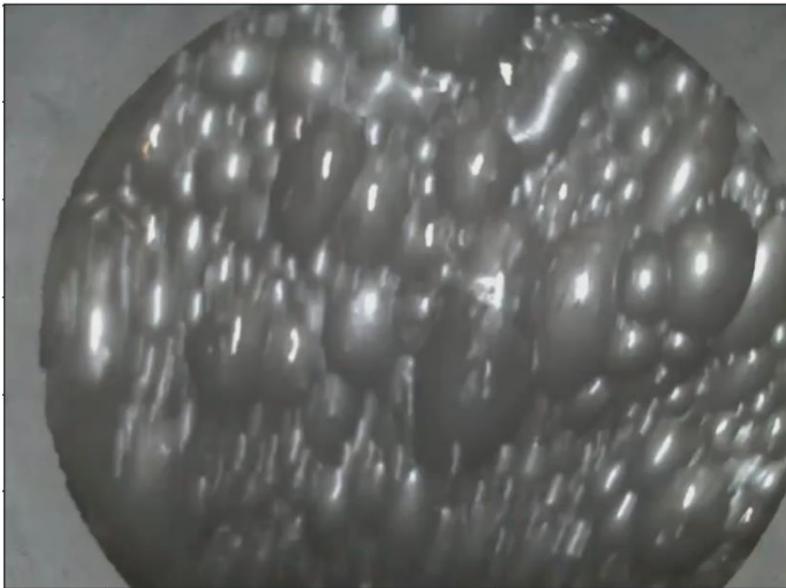
- Для обучения модели был подготовлен новый набор данных, ранее не известный разработчику.
- Для проведения разметки был написан программный код предоставляющий пользовательский интерфейс для разметки кадра с использованием контуров, выделенных алгоритмом водораздела. Было размечено порядка 300 изображений, собранных из разных видео, записанных на разных камерах, отображающих различные типы флотационной пены. Выборка расширена с помощью аугментации.

Подготовка данных 2

- разметка данных на пена / ненужные данные



В процессе анализа предоставленных данных, были обнаружены следующие особенности, влияющие на конечные результаты

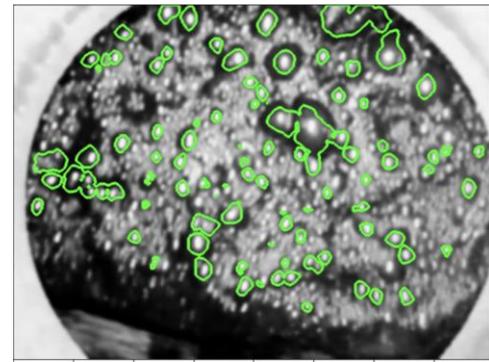
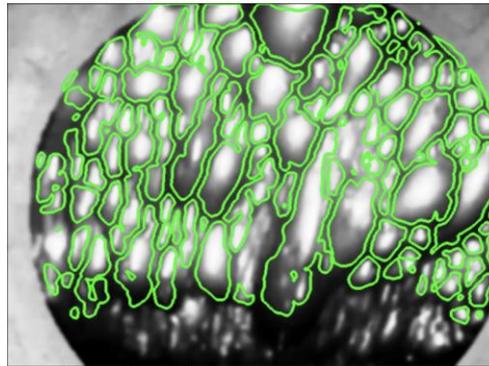
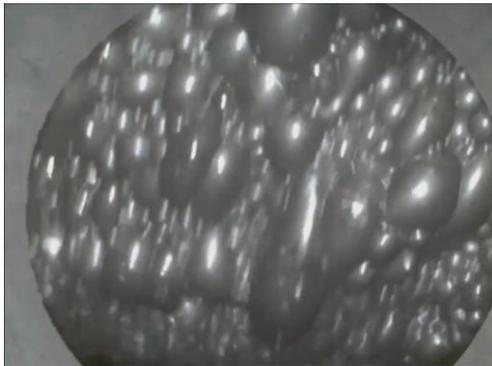


кадр с крупной пеной



кадр с мелкой пеной

Выделение контуров 1



исходное изображение

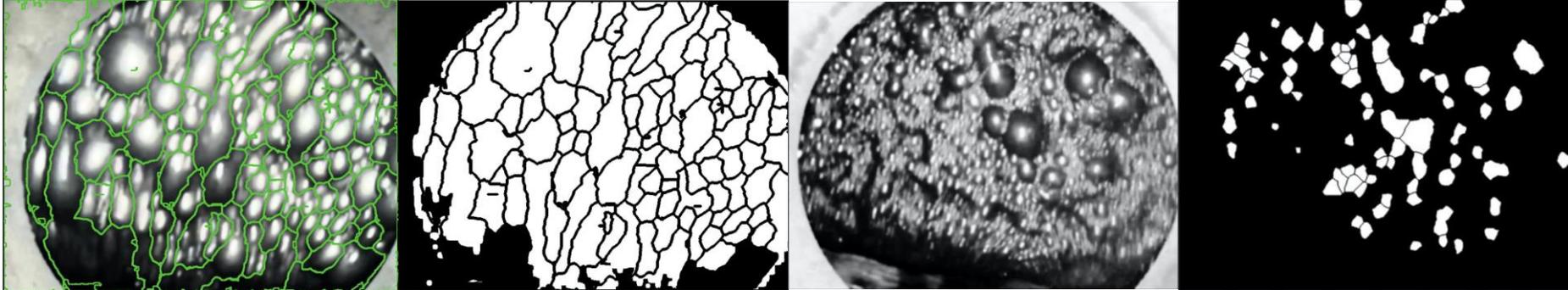
вычисленные контуры

сегментационные карты:

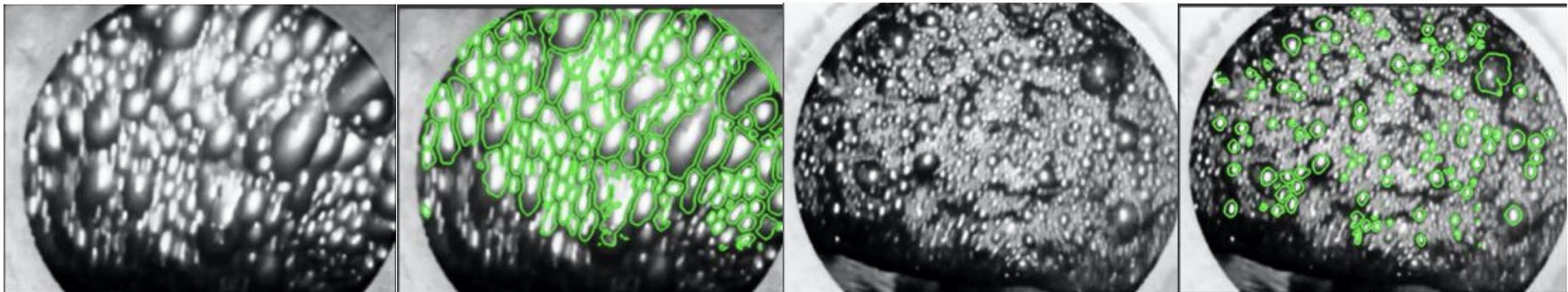
- для построения размеров
- для отслеживания
- для оценки цветности именно пузырей

Выделение контуров 2

Шаг 1: создание обучающей выборки с помощью метода водораздела



Шаг 2: обучение нейронной сети U-net для детекции только крупной пены



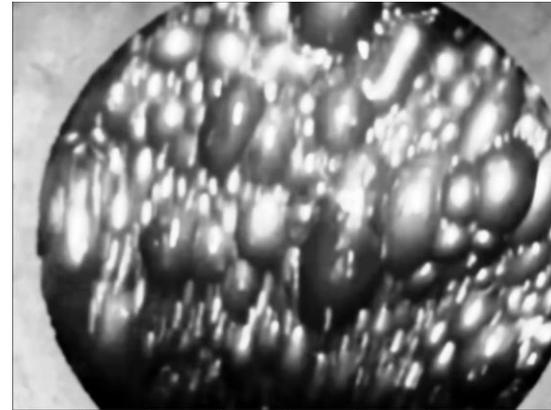
Выделение контуров 3



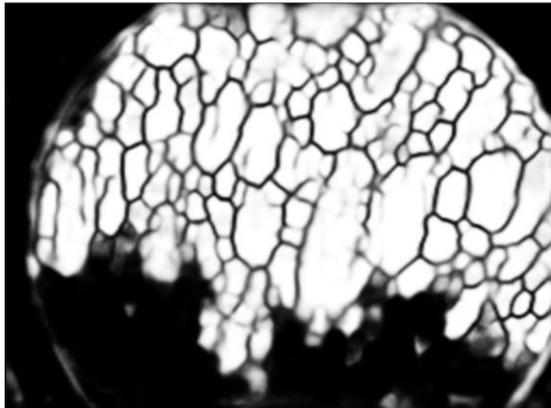
STATANLY
technologies



исходное изображение



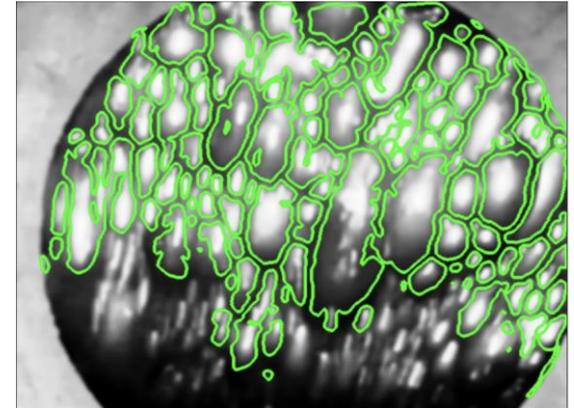
предобработанное
изображение



вычисленная маска



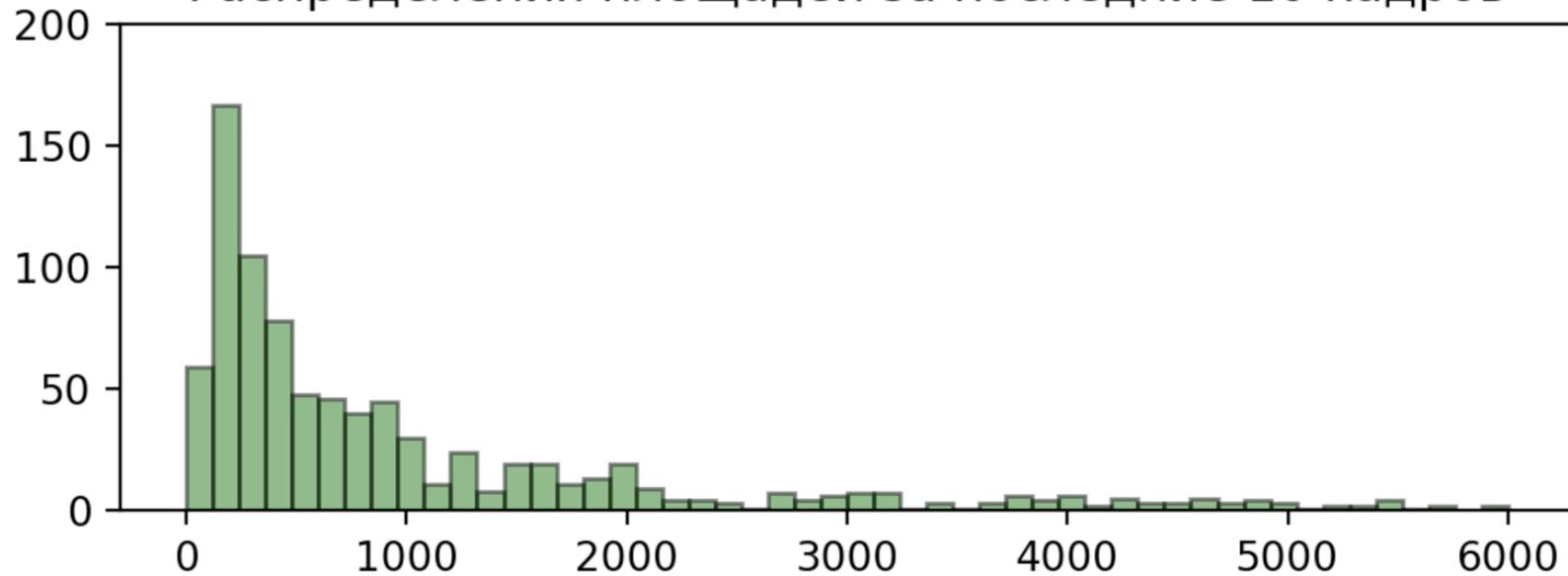
обработанная маска



наложение контуров

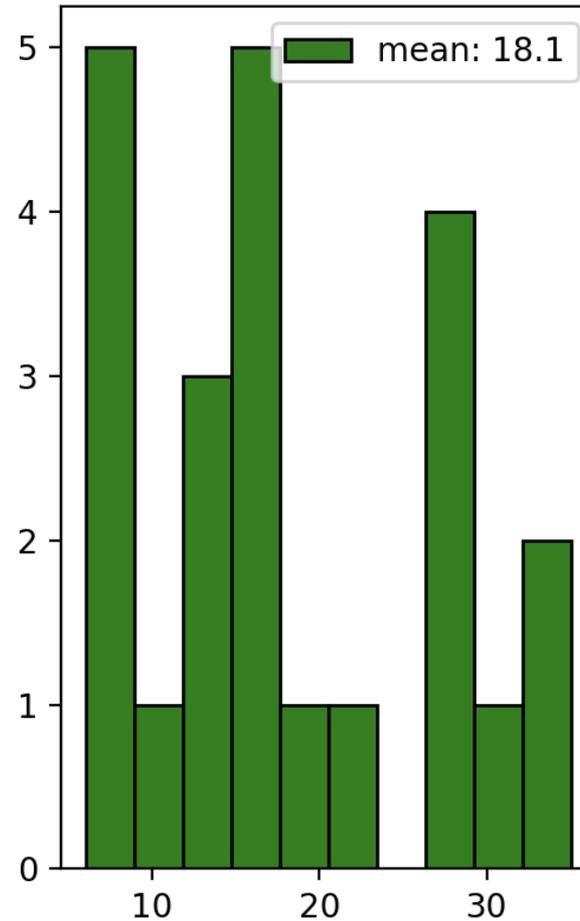
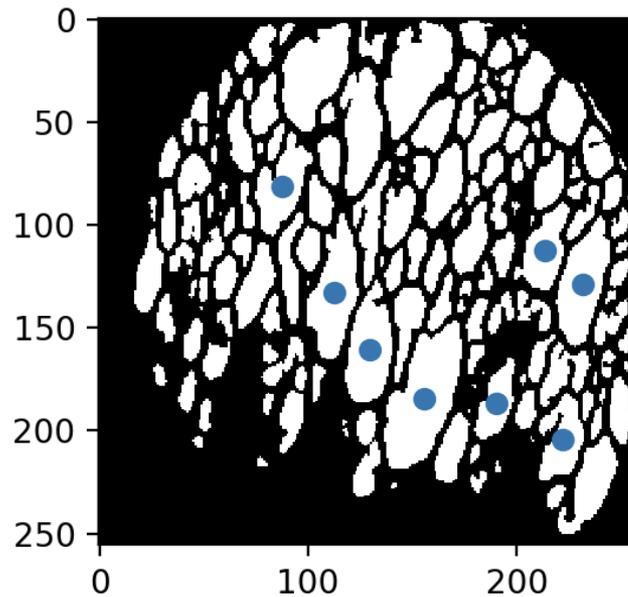
- Подсчет площади происходит алгоритмом поиска в ширину по бинаризованным сегментационным картам
- Подсчет центров пузырей осуществляется путем вычисления их центров масс
- Расстояние между пузырями зависит от их площади, координат центров и некоторых гиперпараметров
- Трекинг осуществляется путем нахождения ближайших пузырей со следующего кадра относительно функции расстояния между пузырями
- Если минимальное расстояние для конкретного пузыря больше трешхолда – считаем, что он прекратил существование

Распределения площадей за последние 10 кадров

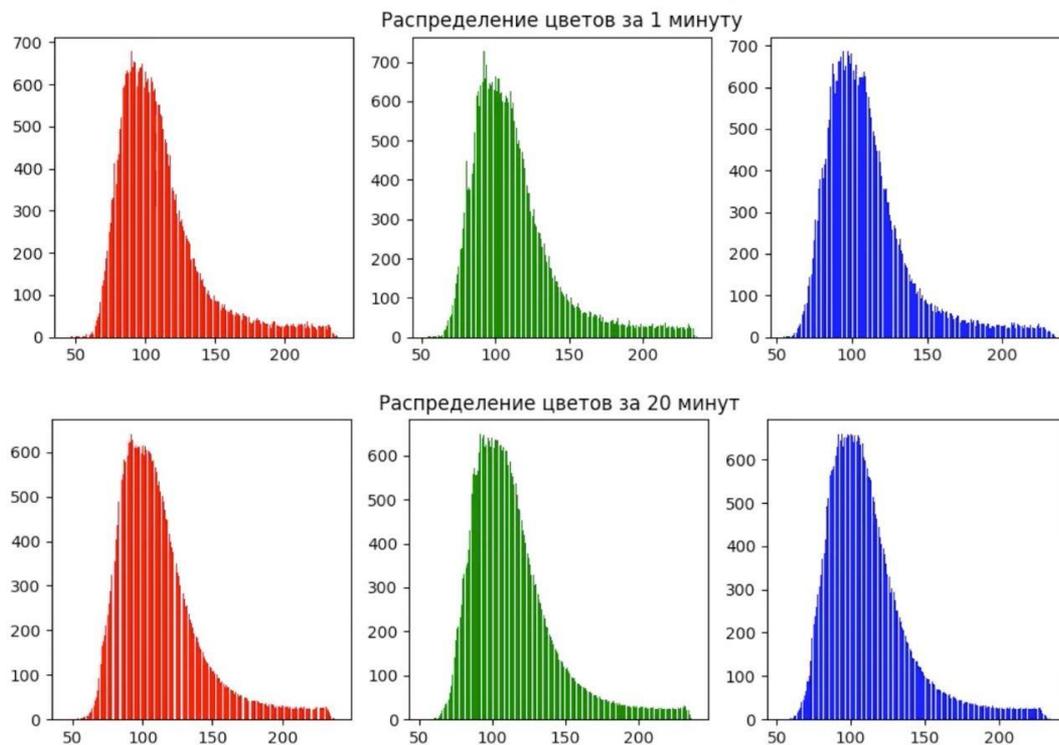


Трекинг пузырей

Вр. жизни, умершие в последние 10 кад



- Алгоритм осуществляет покадровый замер цветности, обновляя на основе полученных данных статистику по последней минуте и последним k минутам видео. Параметр k задаётся при запуске обработчика.



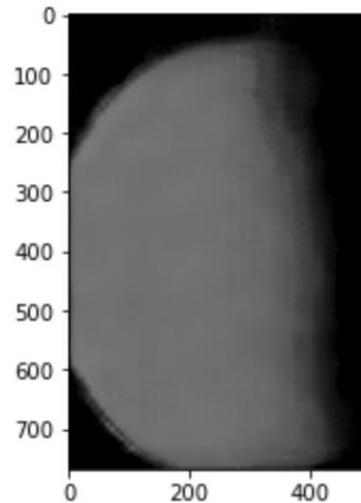
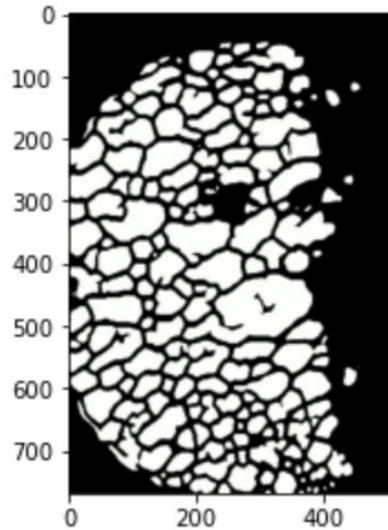
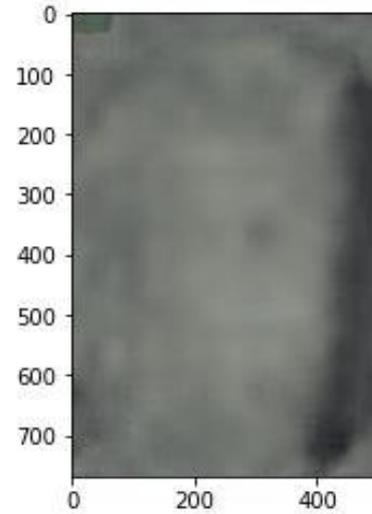


- Обучались как на сырых видео, так и на сегментационных картах
- Были реализованы следующие архитектуры:
 - Классические автоэнкодеры
 - VAE
 - BetaH-VAE
 - BetaB-VAE
- На сырых видео автокодировщики не пытаются восстанавливать детали, а лишь примерно восстанавливают цвета
- На сегментационных картах они ориентированы на выучивание именно деталей, но не способны дать хорошей ошибки реконструкции (миним. $MSE=0.16$)

Другие подходы (автоэнкодеры)



STATANLY
technologies



- Разработана программная библиотека для подготовки, анализа и обработки данных с камер
- Размечен датасет для обучения моделей на видео с разными типами пены.
- Разработаны алгоритмы детекции пузырей и контуров.
- Разработаны алгоритмы отслеживания пузырей, оценки их площади. Также реализована оценка цветности пены по пузырям.

* Весь программный код, скомпилированные библиотеки и полная документация по работе с ними передается заказчику в полном объеме и может быть использована для дальнейшей разработки и построения полноценной прогнозной системы

Разработанная модель позволяет для различных типов пены выделять следующие параметры

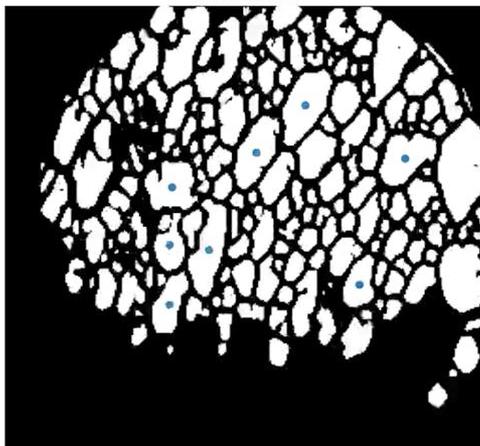
- Выделение пузырей, пригодных для последующего анализа, с детекцией их контуров
- Детекция и трекинг пузырей в кадре, используемые для оценки времени жизни пузырей в пене
- Подсчёт площадей пузырей
- Вычисление статистики распределения интенсивности цветов на выделенных пузырях

Результаты

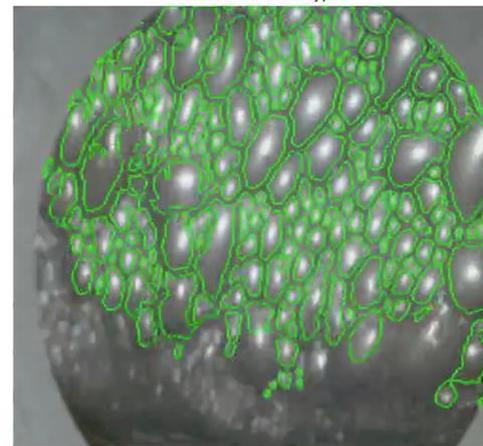
Исходное изображение



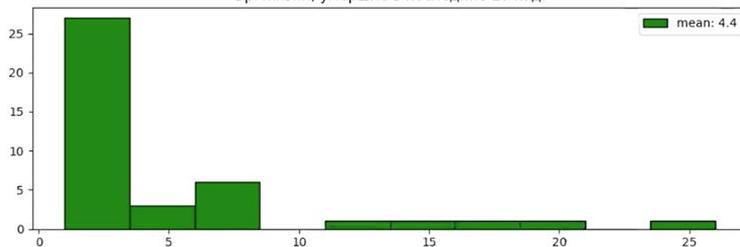
Отслеживание



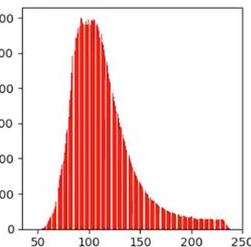
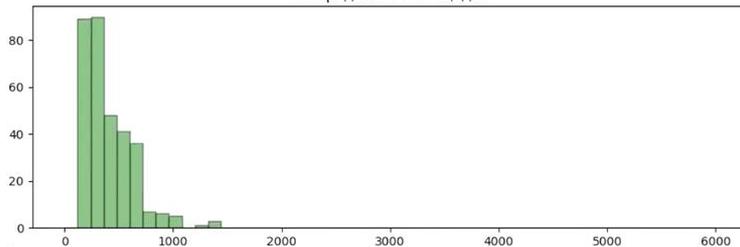
Рассчитанные контуры



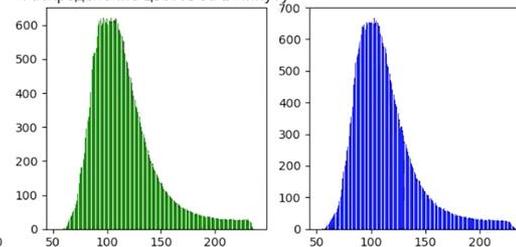
Вр. жизни, умершие в последние 10 кад.



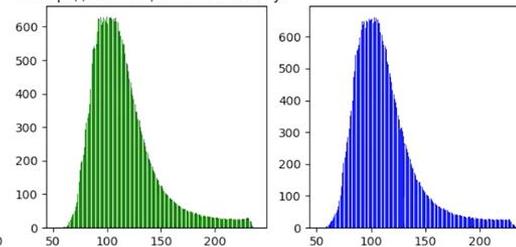
Распределения площадей



Распределение цветов за 1 минуту



Распределение цветов за 20 минут



- Изучение практики использования алгоритмов на производстве для определения дальнейших способов оптимизации метрического представления пены
- Улучшение качества алгоритмов
- Система оптимизации процесса обогащения на базе реализованных на первом этапе алгоритмов

~ 3-5 месяца

Участники проекта



Андрей Фильченков

СТО Statanly Technologies,
к. ф.-м. наук, руководитель лаборатории машинного
обучения Университета ИТМО
Руководитель проекта



Егор Крашенинников

Специалист в области анализа данных и
машинного обучения,
ML-Разработчик



Мария Румянцева

Специалист в области анализа
данных и машинного обучения,
ML-Разработчик



Сергей Федоров

Менеджер проекта



Максим Каширин

Специалист в области анализа
данных и машинного обучения,
ML-Разработчик



НОРНИКЕЛЬ

Система оперативного анализа процесса обогащения на основе алгоритмов машинного зрения

Результаты и перспективы развития



STATANLY
technologies

11.12.2020

ООО «СТАТАНЛИ ТЕХНОЛОДЖИС»

Биржевая линия, 16, 214, Санкт-Петербург, Россия

<https://statanly.com/>