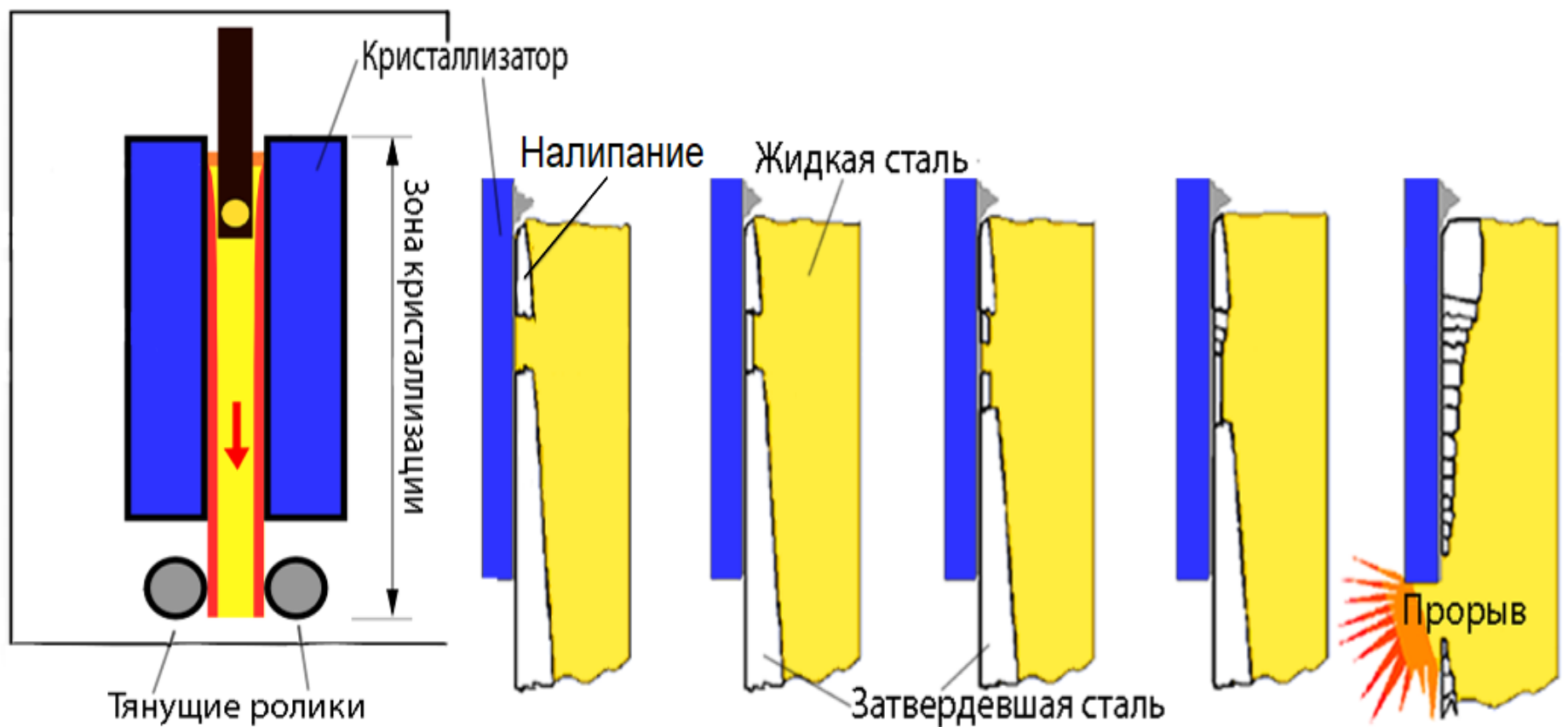


Разработка системы определения налипания в процессе непрерывного литья на основе использования нейронной сети

- Автор: А.Р. Файзуллин,
студент группы КЭ-220
- Научный руководитель: М.Л. Цымблер,
кандидат физ.-мат. наук, доцент
- Рецензент: Д. Лифтухт,
PhD, начальник отдела разработки,
SMS group GmbH (Германия)

Налипание во время разливки стали



Налипание



Прорыв



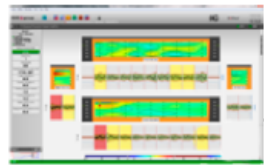
Ущерб €250 000

Мониторинг разливки стали

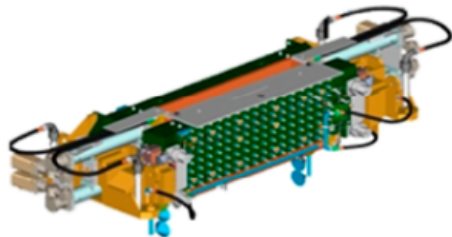
HD mold



Управляемые приводы
литейной машины



APM оператора



Кристаллизатор

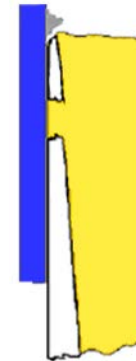
Сервер

Система
определения
налипаний

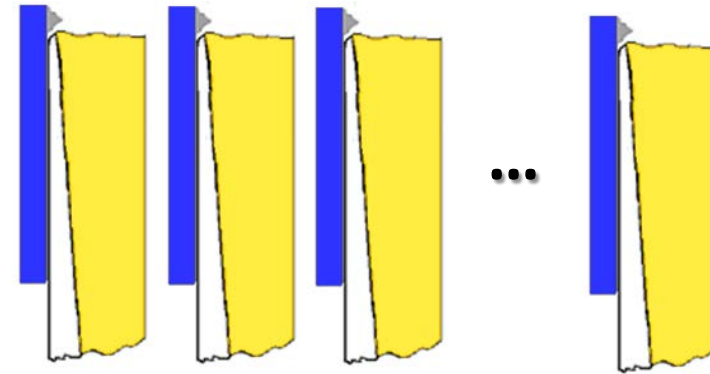


Breakout
Prevention
System (BPS)

Реальное срабатывание



Ложные срабатывания



Ущерб €10 000

(в каждом случае)

Цель и задачи

Цель: разработать систему определения налипаний в реальном времени на основе сверточной нейронной сети

Задачи:

1. Провести обзор существующих решений по определению налипаний
2. Спроектировать систему определения налипаний, включая проектирование сверточной нейронной сети
3. Реализовать систему определения налипаний на основе сверточной нейронной сети
4. Провести эксперименты для оценки эффективности реализованной системы

Обзор работ

Авторы, название	Краткое содержание
Y. Liu et al. "Visual detection based on computer vision for sticker breakout in slab continuous casting", <i>Ironmaking and Steelmaking</i> vol. 42, 2015. (Q2)	Проанализированы данные о 64 налипаниях, полученные с помощью термопар. Выделены характерные признаки для визуального определения налипаний, алгоритм распознавания на основе этих признаков не представлен.
B. Zhang et al. "Breakout prediction for continuous casting using genetic algorithm-based back propagation neural network model", <i>Int. J. Model. Identif. Control</i> , vol. 16, no. 3, 2012. (Q2)	В работе рассмотрены методы распознавания на основе генетического алгоритма с применением нейронной сети обратного распространения. Результаты работы алгоритма не представлены из-за недостаточной мощности обучающей выборки.
Meng Q. et al. Using GA-BP Neural Network for Sticking Breakout Prediction in Continuous Slab Casting. 2017.	Разработан метод определения налипаний на основе генетического алгоритма с применением нейронной сети обратного распространения. Для обучения использовали 120 примеров реальных налипаний и получили 2 ложных срабатывания на 400 примеров штатной работы.

Структура системы

Система определения налипаний (Sticker Detection System, SDS)

Модуль подготовки

- Подготовка обучающей выборки
- Обучение сверточной нейронной сети

SMS  group

Рабочий модуль

- Анализ данных в реальном времени
- Уведомление о налипаниях

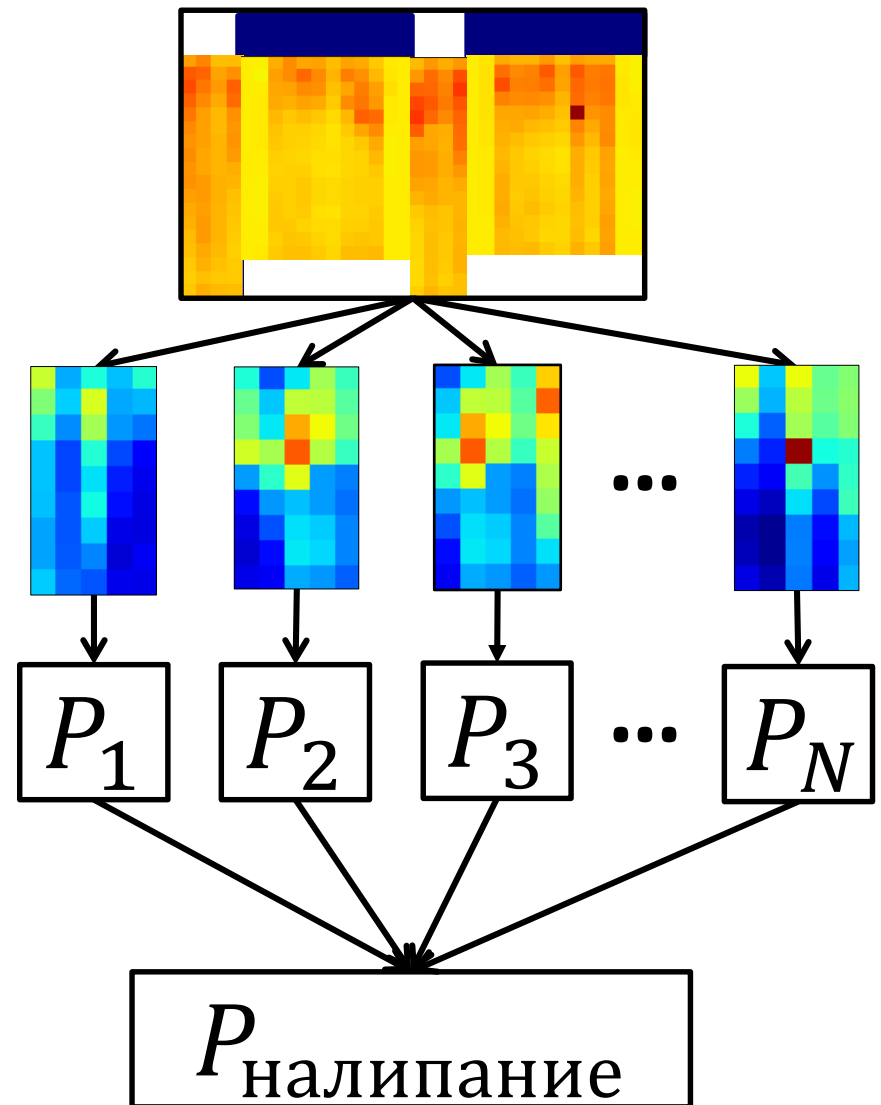
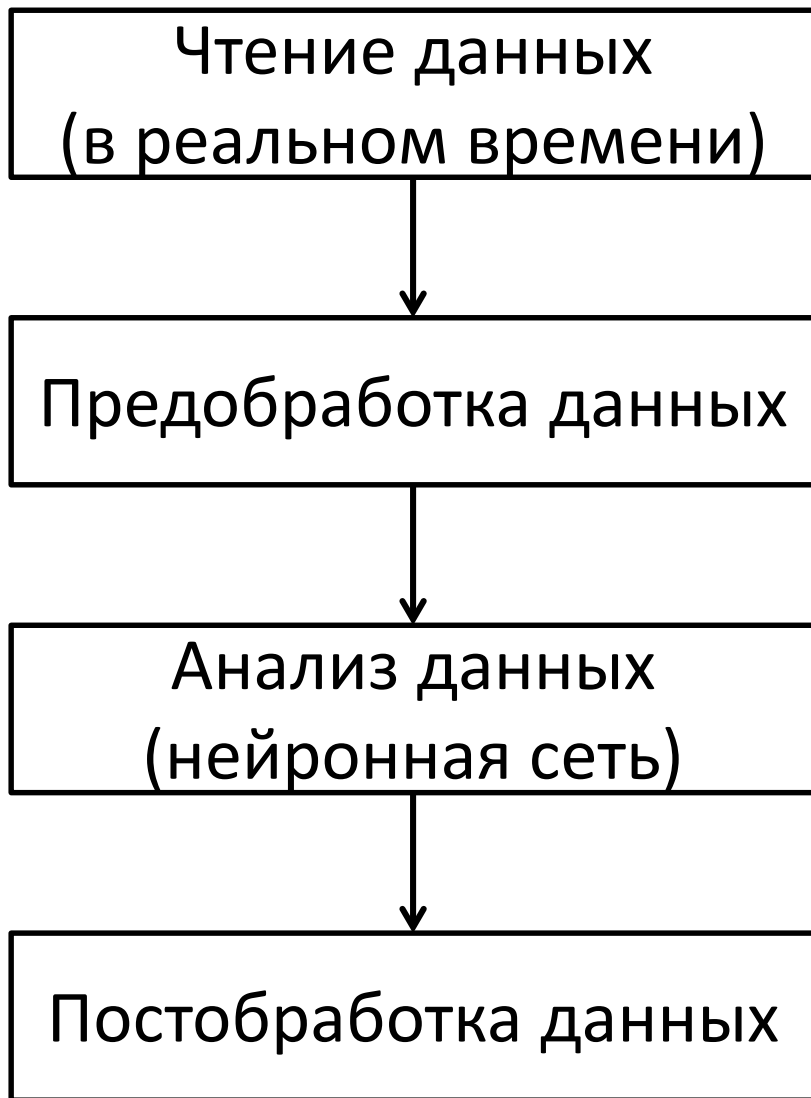


Обучение

СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

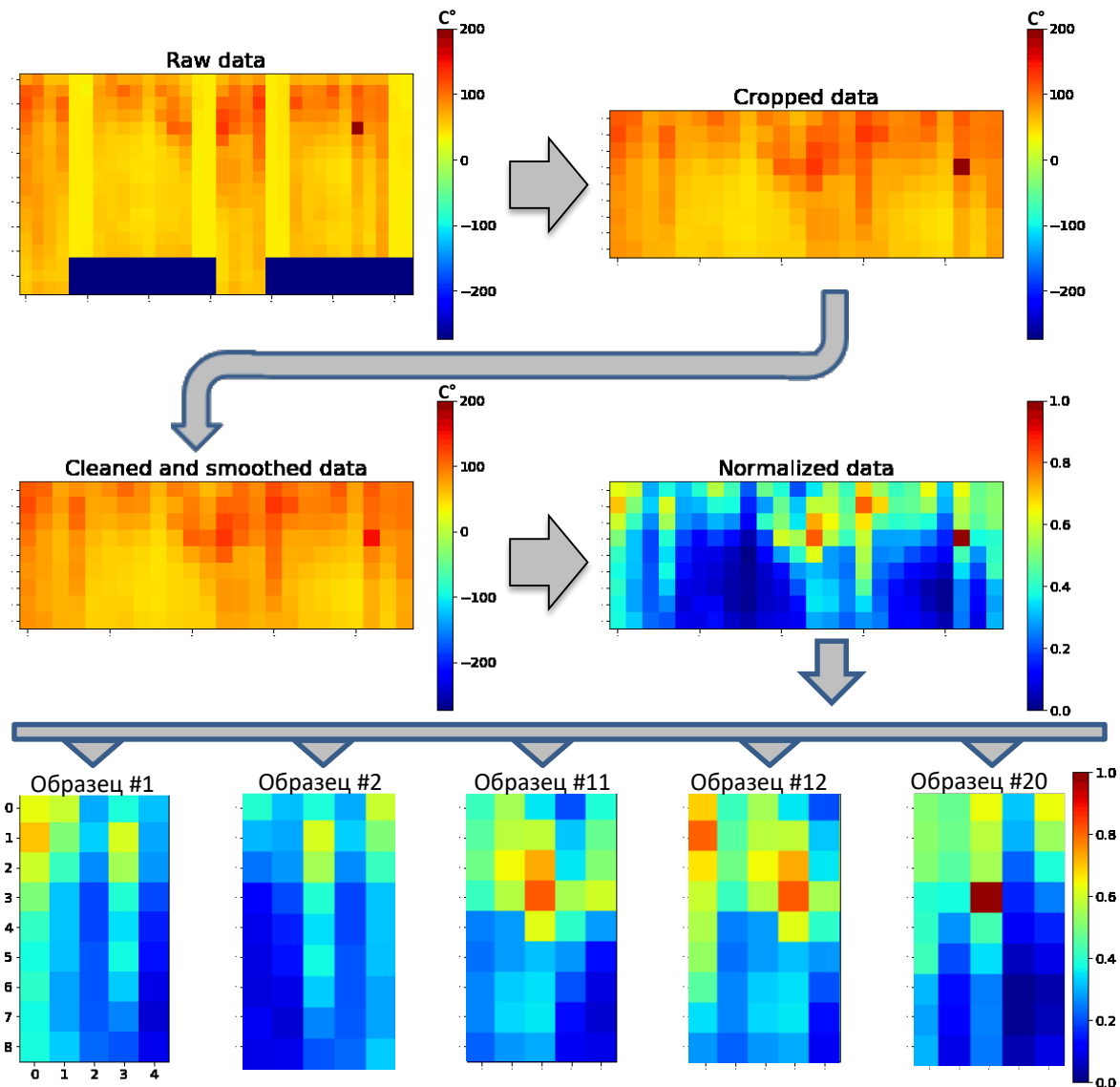
Анализ

Обработка данных

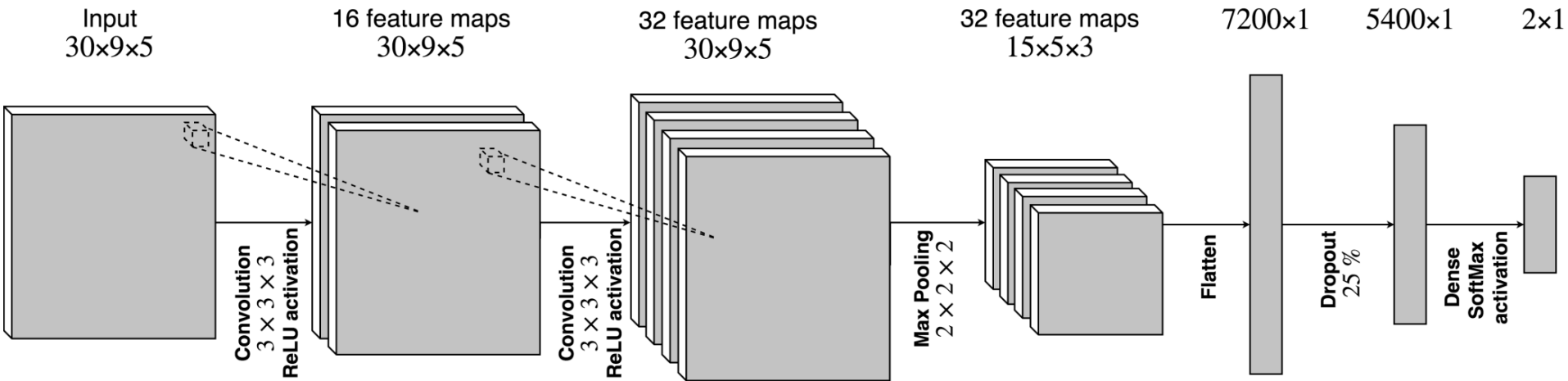


Предобработка данных

1. Преобразовать данные в соответствии с реальным положением датчиков
2. Отбросить данные неактивных датчиков
3. Очистить и сгладить значения температур
4. Нормализовать данные
5. Сформировать фрагменты для подачи на вход нейронной сети

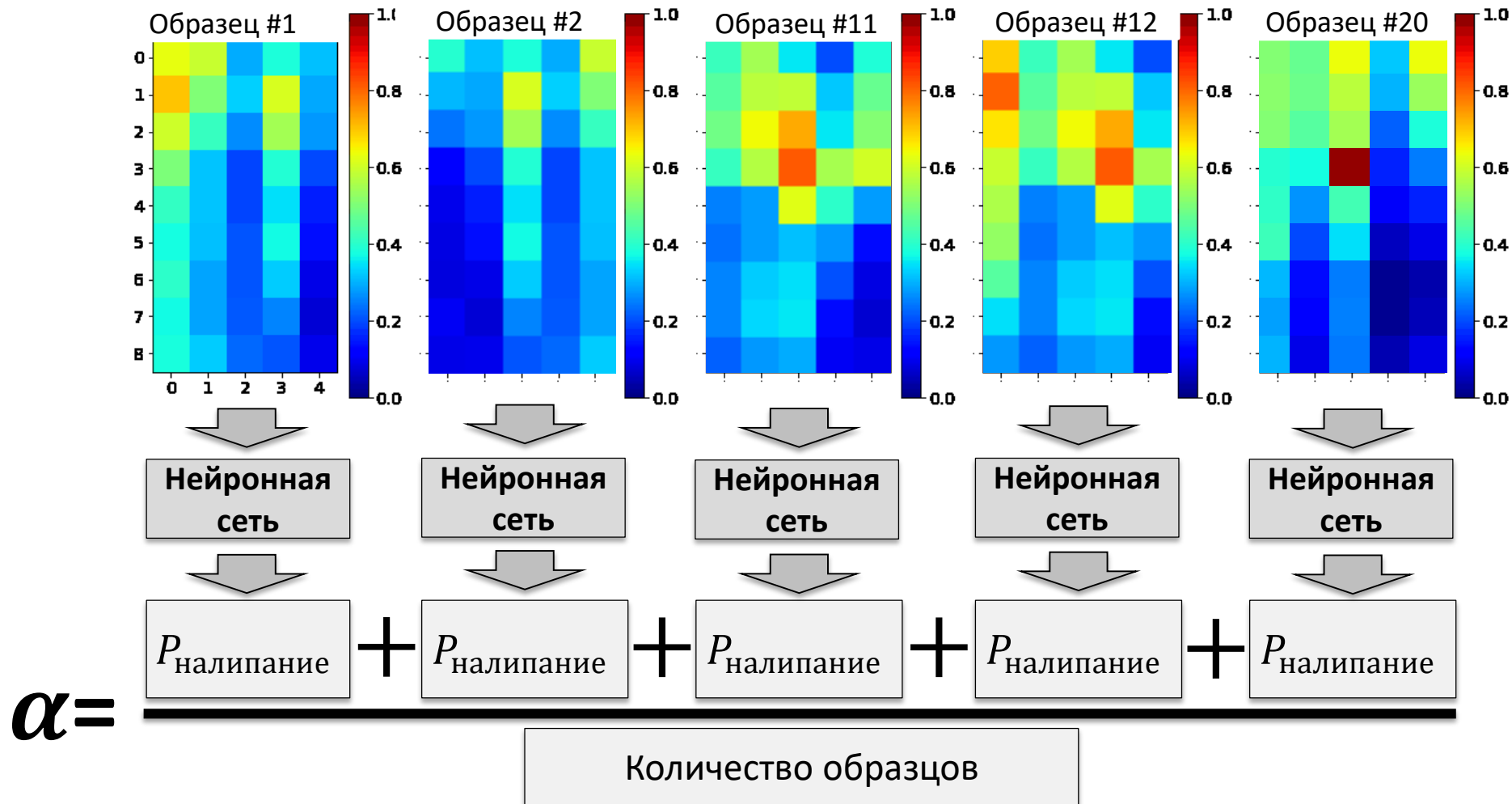


Структура нейронной сети



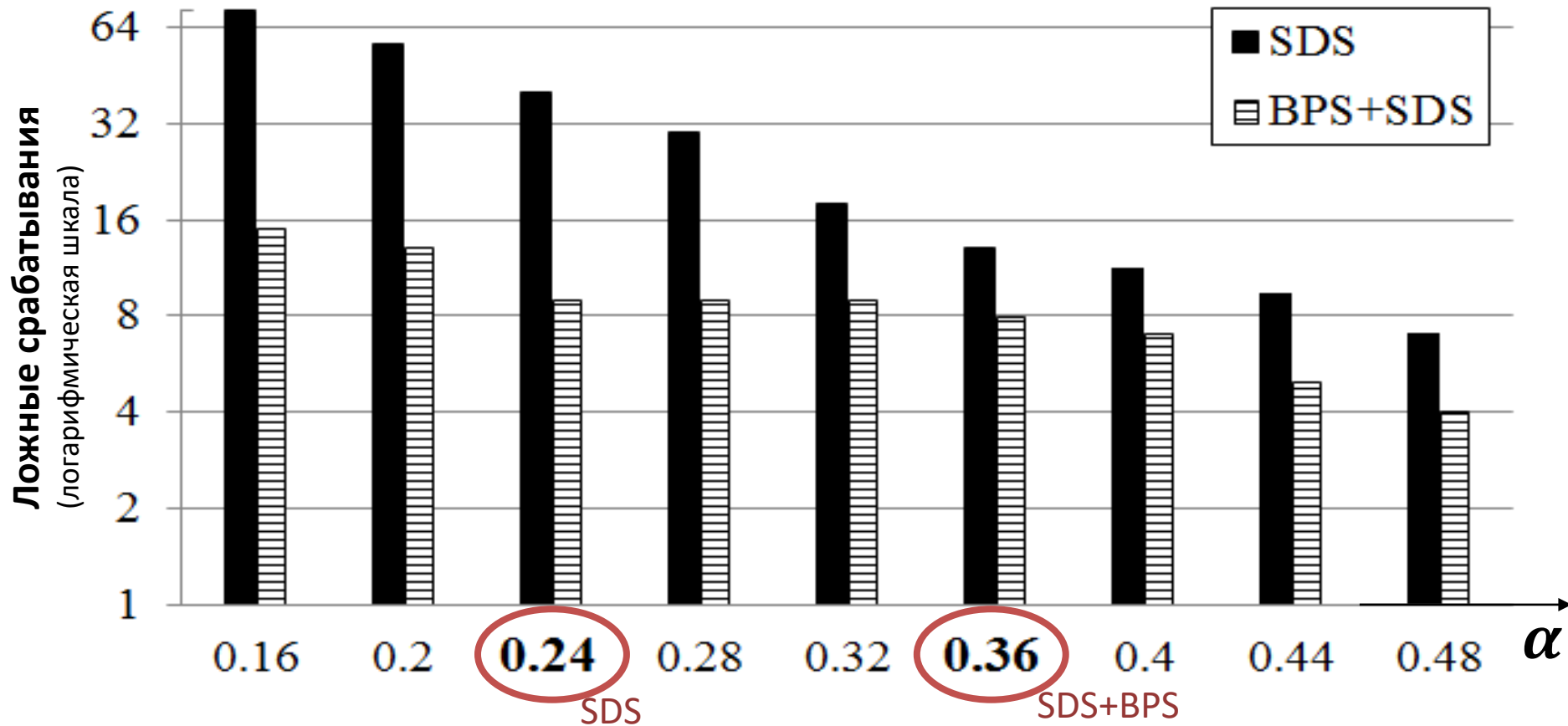
- Вход – предобработанные данные за 7.5 секунд литья
- Выход – вероятности событий «налипание» и «не налипание»

Постобработка результатов



Если $\alpha > \alpha_{threshold}$, то обнаружено налипание

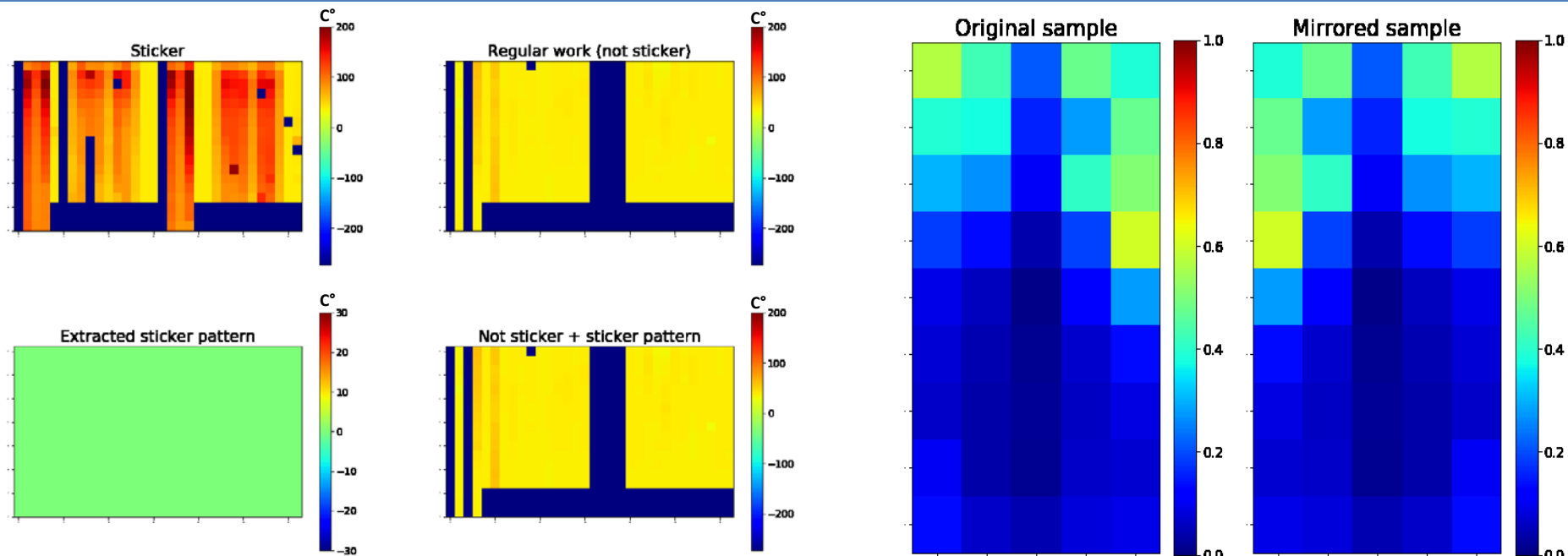
Выбор значения $\alpha_{threshold}$



Требования к значению $\alpha_{threshold}$:

- Все налипания обнаружены
- Наименьшее количество ложных срабатываний

Аугментация обучающей выборки



Перенос паттерна налипания

Отражение

	До аугментации	После аугментации
Налипание	11	~25 000
Не налипание	~12 000	~37 000

Эффективность системы

Характеристика	BPS+SDS	BPS
Налипаний обнаружено	3	3
Налипаний пропущено	0	0
Количество ложных срабатываний	8	15

Тестовая выборка:

- 3 реальных налипания
- 15 ложных срабатываний
- 9 567 примеров обычной работы

Расчетная экономия от внедрения системы **€50 000 в год.**

Технологии и оборудование

Python:

- Keras with Tensorflow backend
- Google Colab (NVIDIA Tesla K80, время обучения 3 часа)

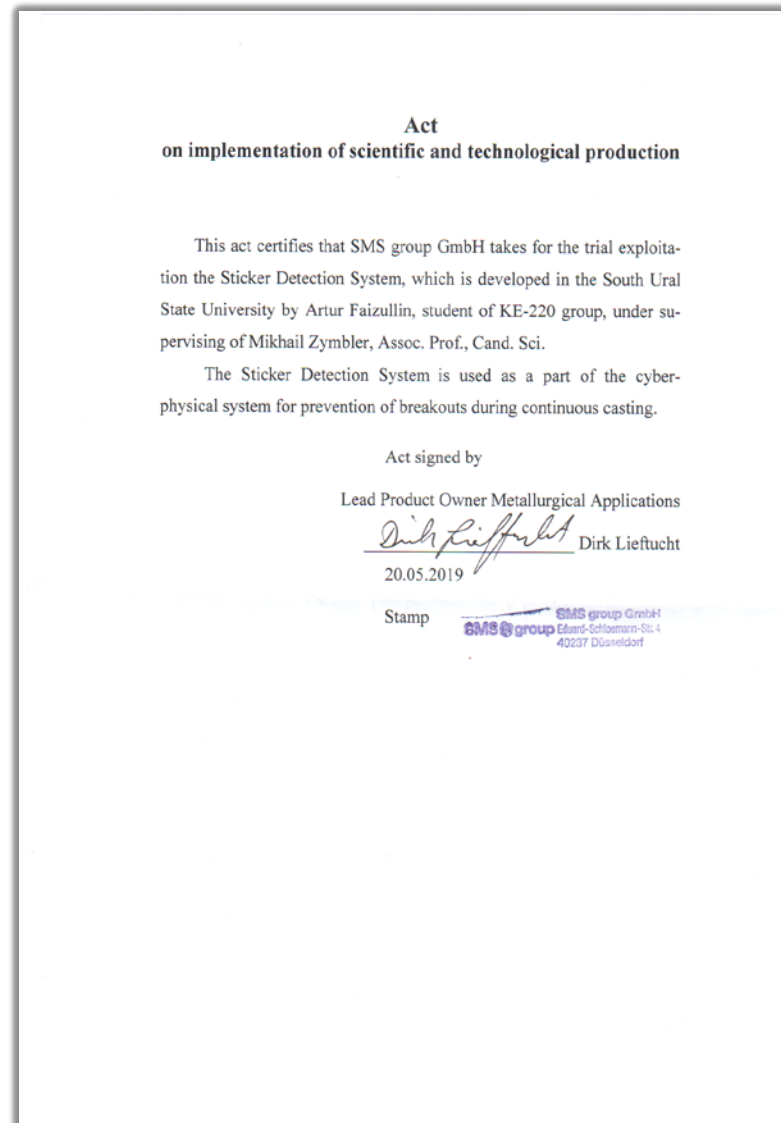
MATLAB:

- MATLAB Deep Learning Toolbox
- MATLAB OPC Toolbox
- NVIDIA GTX 1060, время обучения 2.5 часа

Время определения налипания: 150 мс.

Внедрение

- SMS group GmbH (Германия)
- Опытная эксплуатация с 1 февраля 2019
- Ложные срабатывания отсутствуют



Основные результаты

1. Проведен обзор существующих методов и алгоритмов определения налипаний
2. Выполнено проектирование системы определения налипаний, в т.ч. проектирование нейронной сети
3. Реализована система определения налипаний на основе сверточной нейронной сети
4. Проведены эксперименты по оценке эффективности реализованной системы

Опубликована статья в научном издании из индекса Scopus:

Faizullin A., Zymbler M., Lieftucht D., Fanghänel F. Use of Deep Learning for Sticker Detection During Continuous Casting // Proceedings of 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018, Chelyabinsk, Russia, November 13–15, 2018. IEEE, 2018. Article no. 8570155.

Сделан доклад на международной научной конференции

2018 Global Smart Industry Conference, 13-15 ноября 2018, Челябинск, Россия.