

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
Филиал «Котельники»

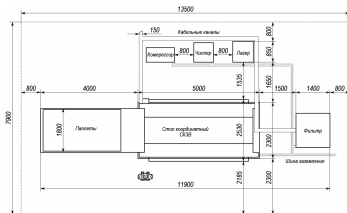
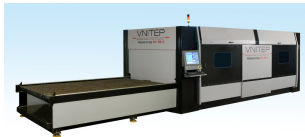
Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему:

Прогнозирование сбоев в работе станков лазерной резки на основе методов интеллектуального анализа данных

Студент:
Глубоков Д.В., группа ИВТ-41

Научный руководитель:
д.т.н., Артамонов Ю.Н.

Станок Навигатор КС-12В



VNITEP
ADVANCED LASER CUTTING TECHNOLOGY



Актуальность

Актуальность работы обуславливается отсутствием системы автоматического прогнозирования неисправностей для станков Навигатор.

Кроме этого, в целом существует область прогнозирования неисправностей различных устройств. Данная область также является актуальной и быстроразвивающейся.

Цель

Цель: разработка системы для прогнозирования и обнаружения неисправностей на станках лазерной резки Навигатор КС-12В компании ВНИТЭП

Объект: станок лазерной резки Навигатор КС-12В.

Предмет: система прогнозирования и обнаружения неисправностей для станка.

Задачи:

- анализ показателей и их краевых значений, предоставляющих сведения о неисправностях станка Навигатор;
- анализ существующих решений и подходов для прогнозирования неисправностей в устройствах;
- обработка и анализ накопленных данных со станка Навигатор;
- обоснование и выбор методов для прогнозирования и обнаружения неисправностей;
- разработка модели прогнозирования и программного модуля;
- введение разработанного модуля в эксплуатацию.

Существующие решения

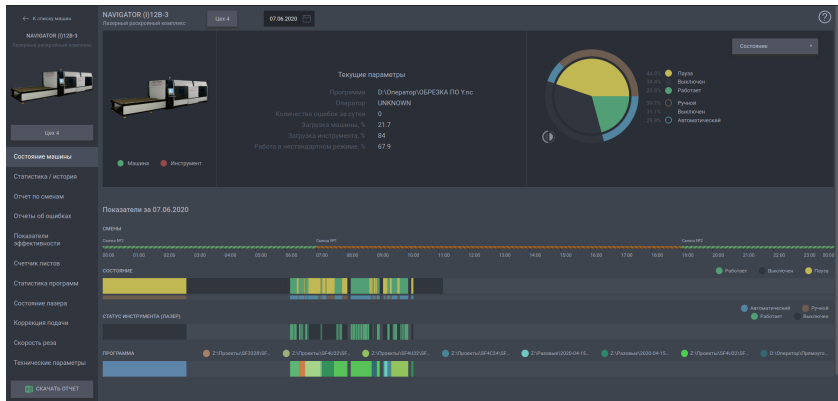
Неисправности:

- выход из строя лазерной головы станка;
- выход из строя оси XYZ;
- ошибки операторов.

Существующие подходы к выявлению неисправностей:

- мониторинг ошибок оператором;
- мониторинг на основе показателей системы Omnicube;
- мониторинг программного обеспечения ЧПУ.

Мониторинг показателей и ошибок



Проблема и гипотеза

Проблема: Отсутствие автоматизированной системы прогнозирования и выявления потенциальных неисправностей на станках Навигатор, позволяющая сохранить ресурсы пользователей станка.

Гипотеза: Предполагается, что использование методов интеллектуального анализа данных может помочь в решении обозначенной проблемы.

Используемые методы и подходы в задачах прогнозирования и определения неисправностей в различных устройствах:

- анализ временных рядов;
- методы машинного обучения: классификация, регрессия и кластеризация;
- нейронные сети различных архитектур: рекуррентные, сверточные и другие;
- методы теории фильтров и динамических систем: фильтры Калмана, адаптивные фильтры.

Входные и выходные данные

Входные данные:

- температура лазера;
- мощность лазера;
- установленная мощность лазера;
- время в Unix формате (мировое время).

Выходные данные:

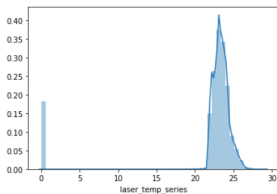
- отчет о состоянии станка.

Тестирование на нормальность

laser_temp_series

Эксцесс (острота пика распределения): 4.319019244019009

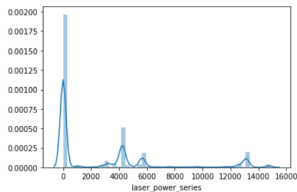
Ассиметрия (искаженность данных): -2.4806179934401724



laser_power_series

Эксцесс (острота пика распределения): 1.5045682121592465

Ассиметрия (искаженность данных): 1.5639472853029839



laser_temp_series

Данные не порождены нормальным распределением:

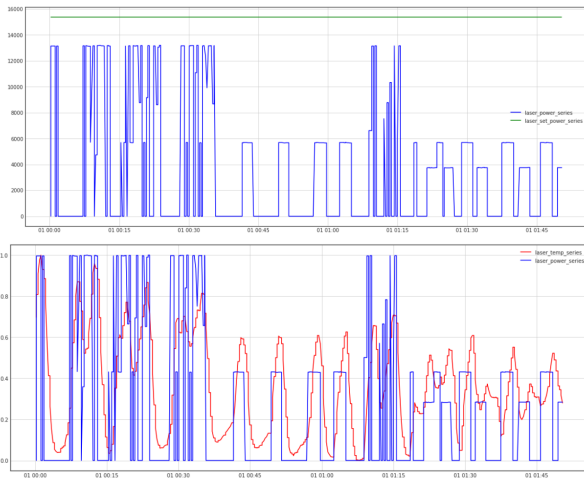
stat=460049.0790975577, p-value=0.0

laser_power_series

Данные не порождены нормальным распределением:

stat=247273.96052036807, p-value=0.0

Свойства параметров температуры и мощности



Тестирование на стационарность

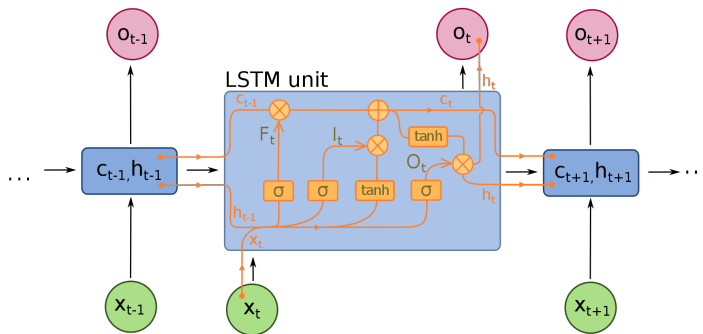


Результаты теста Дики-Фуллера

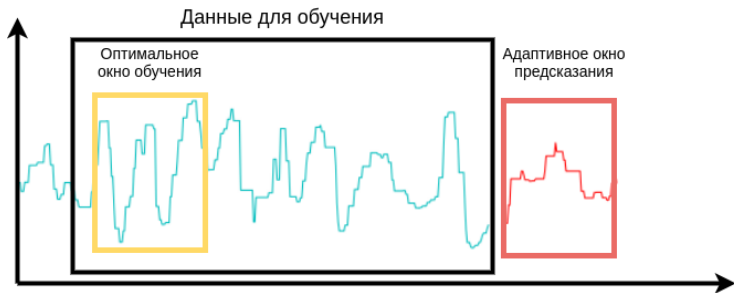
Test Statistic	-5.048146
p-value	0.000018
#Lags Used	0.000000
Number of Observations Used	131.000000
Critical Value (1%)	-3.481282
Critical Value (5%)	-2.883868
Critical Value (10%)	-2.578677

dtype: float64

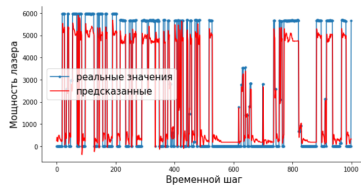
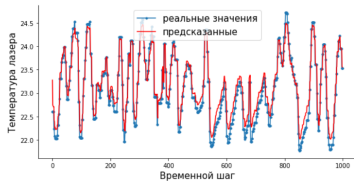
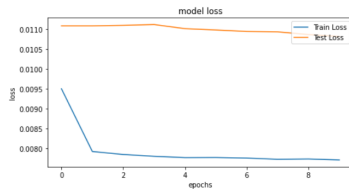
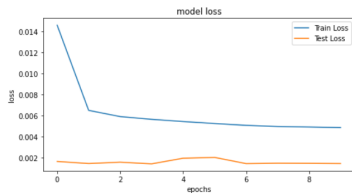
Прогнозирование на основе LSTM



Оптимальные окна

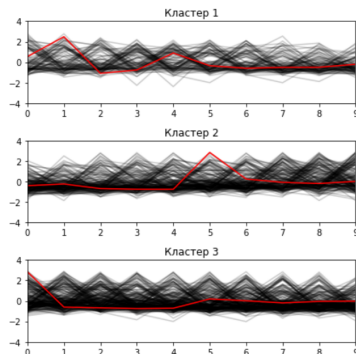


Результаты предсказания



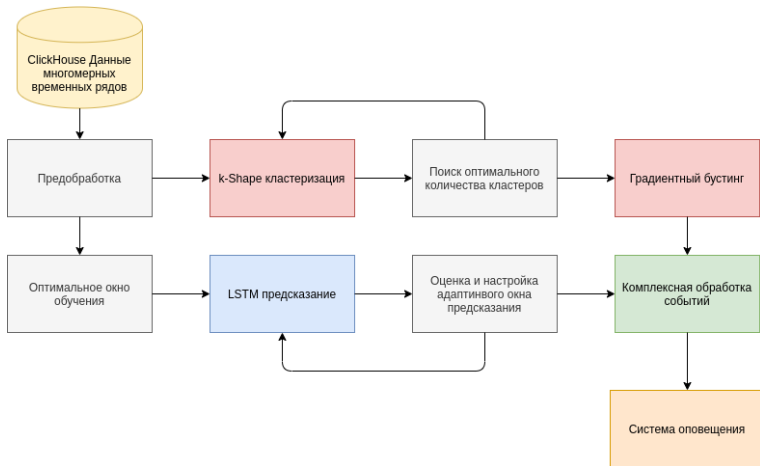
Кластеризация на основе алгоритма k-Shape

```
def k_shape(x, k):  
    iter = 0, idx = []  
    centroids = [0,...,0]  
    for i in range(100):  
        old_idx = idx  
        for j in range(k):  
            centroids[j] = extract_shape(  
                idx, x, j, centroids[j])  
            distances = (1 - sbd(centroids[j], x))  
        if old_idx == idx:  
            break
```

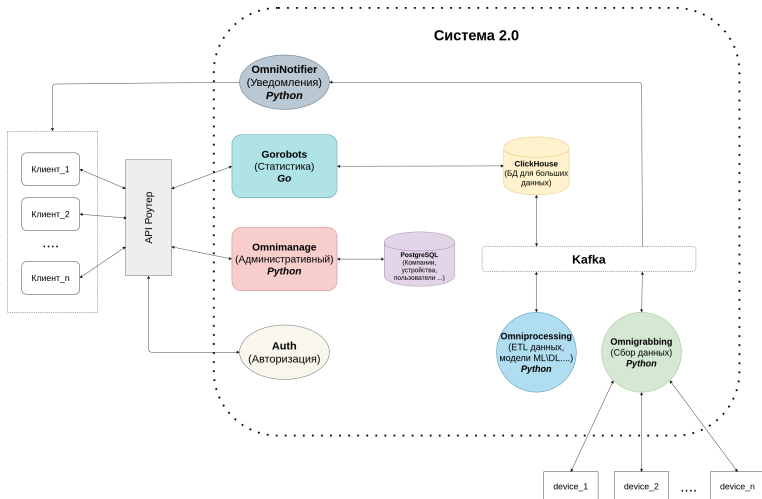


$$SBD(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - \max \left(\frac{CC(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\sqrt{R_0(\mathbf{x}, \mathbf{x}) \cdot R_0(\mathbf{y}, \mathbf{y})}} \right)$$

Архитектура



Внедрение в эксплуатацию



Заключение