

- 03 ноября 2022 года. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 85–90. – EDN DJDABA.
10. Ефремов, А. Ю. Применение технологии UWB для высокоточного определения местоположения поездов / А. Ю. Ефремов // Железные дороги мира. – 2023. – № 1. – С. 52–56. – EDN SUHBNA.

УДК 658.5

## МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Совина А. Р., асс.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Реферат.** В статье рассматриваются возможности применения методов машинного обучения на производствах легкой промышленности на примере конкретных задач цифровизации производства. Автор затрагивает международный опыт данной темы. Предполагается, что цифровые преобразования способствуют реализации идеи «Фабрики будущего».

**Ключевые слова:** машинное обучение, цифровизация, легкая промышленность, «Фабрика будущего».

Тенденции применения технологически-инновационных решений в промышленности стали неотъемлемыми показателями успешной деятельности предприятия, легкая промышленность не исключение. Концепция «Индустрія 4.0» включает в себя полномасштабное цифровое развитие предприятия: автоматизацию и роботизацию производственных и бизнес-процессов, создание цифровых двойников, а также повсеместное внедрение искусственного интеллекта, в том числе машинного обучения, в технологические процессы [1]. Такое развитие задает векторы развития технологических инноваций в легкой промышленности.

В данном исследовании рассмотрим машинное обучение в качестве одного из нескольких передовых инструментов для обеспечения перехода текстильной и легкой промышленности к «Индустріи 4.0». С точки зрения отрасли данная концепция предполагает цифровизацию и интеграцию технологических, производственных и бизнес-процессов по вертикали в рамках всего предприятия, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием в процессе эксплуатации [2].

Китайские ученые исследуют вопрос применения машинного обучения в легкой промышленности довольно глубоко. Объясняется ростом числа онлайн-покупок, в 2018 году учеными из Китая была предложена [3] модель для оценки подгонки одежды с использованием технологии машинного обучения (рис. 1). В качестве входных данных для модели было предложено взять данные о давлении одежды на различные части тела, полученные с помощью 3D-моделирования одежды в САПР, а выходным параметром – прогнозируемый результат посадки одежды (сидет или не сидет). Результаты тестирования показали, что давление, оказываемое одеждой на тело, является более точным показателем, чем запас на свободу облегания, для оценки посадки одежды, а данные метод оценки посадки одежды на основе машинного обучения обеспечивают более высокую точность прогнозирования.

Другими китайскими исследователями был представлен [4] вероятностный подход определения наиболее продаваемых товаров в индустрии модной одежды, основанный на порядковой логистической регрессии.

Исследования Д. Партида показали, как машинное обучение может быть применимо на производствах при оценке ткани, например, определяя длину тонких, толстых и штапельных волокон, точно распределяя их с помощью искусственной нейронной сети. Для обнаружения дефектов ткани используется ИИ «мудрый глаз», соединенные с двигателем станка осветительная LED-система и камера [5].

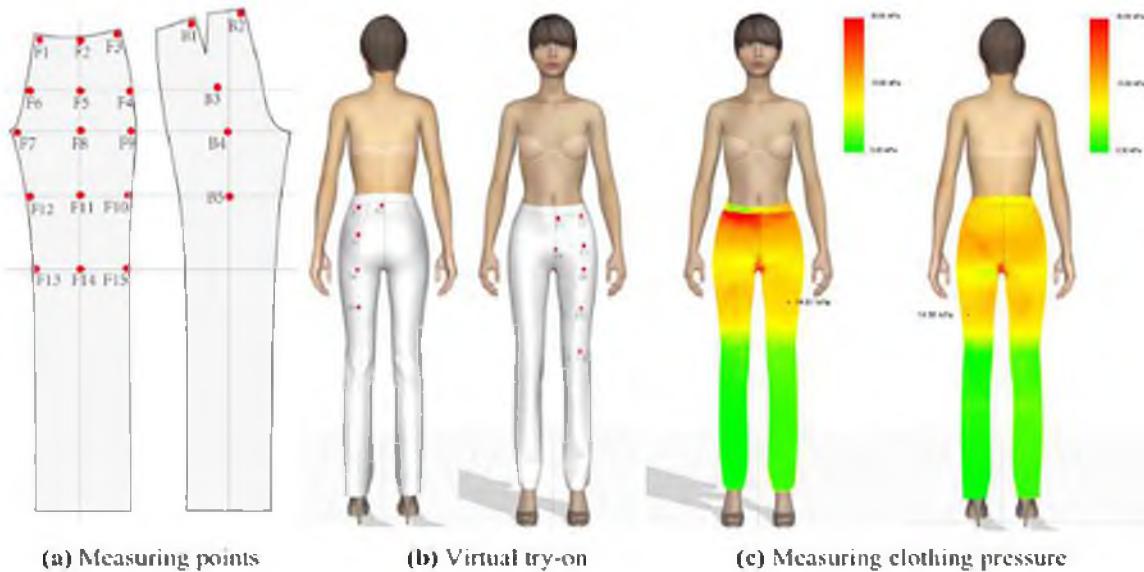


Рисунок 1 – Оценка подгонки одежды с использованием технологии машинного обучения

Источник [3]

Предлагается рассмотреть две задачи цифровизации предприятий легкой промышленности, используя методы машинного обучения.

С помощью методов машинного обучения можно определить готовность предприятия к новому оборудованию.

Использование таких параметров, как средний возраст оборудования, объем продаж, наличие поточных линий, количество рабочих и тип производства, может влиять на готовность предприятия к новому оборудованию. В зависимости от данных, модель и определяет возможность обновления (рис. 2–4).

Выберите предприятия из списка:	
1: Компания ID: W2056, Средний возраст оборудования: 5 лет, Объем продаж: 10000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 120 человек, Тип производства: Швейное	
2: Компания ID: T55234, Средний возраст оборудования: 15 лет, Объем продаж: 25000 штук в год, Наличие поточных линий: Нет, Количество рабочих: 80 человек, Тип производства: Текстильное	
3: Компания ID: W28947, Средний возраст оборудования: 10 лет, Объем продаж: 18000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 150 человек, Тип производства: Швейное	
4: Компания ID: T34567, Средний возраст оборудования: 20 лет, Объем продаж: 30000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 200 человек, Тип производства: Текстильное	
5: Компания ID: W23456, Средний возраст оборудования: 3 лет, Объем продаж: 8000 штук в год, Наличие поточных линий: Нет, Количество рабочих: 60 человек, Тип производства: Швейное	
6: Компания ID: T66321, Средний возраст оборудования: 8 лет, Объем продаж: 15000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 300 человек, Тип производства: Текстильное	
7: Компания ID: T34521, Средний возраст оборудования: 12 лет, Объем продаж: 28000 штук в год, Наличие поточных линий: Нет, Количество рабочих: 90 человек, Тип производства: Швейное	
8: Компания ID: T22345, Средний возраст оборудования: 4 лет, Объем продаж: 9000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 80 человек, Тип производства: Текстильное	
9: Компания ID: W45123, Средний возраст оборудования: 18 лет, Объем продаж: 28000 штук в год, Наличие поточных линий: Нет, Количество рабочих: 170 человек, Тип производства: Швейное	
10: Компания ID: T67890, Средний возраст оборудования: 6 лет, Объем продаж: 12000 штук в год, Наличие поточных линий: Да, Количество рабочих: 110 человек, Тип производства: Текстильное	

Рисунок 2 – Фрагмент исходных данных для работы модели «Предприятие»

```
Введите номер предприятия: 5

== Предсказание готовности предприятия ==
Компания ID: W23456
Средний возраст оборудования: 3 лет
Объем продаж: 8000 штук в год
Наличие поточных линий: Нет
Количество рабочих: 60 человек
Тип производства: Швейное
Готово ли предприятие к новому оборудованию? Нет
Вероятность готовности предприятия к новому оборудованию: 0.12
```

Рисунок 3 – Результат работы модели  
«Предприятие» № 5

```
Введите номер предприятия: 2

== Предсказание готовности предприятия ==
Компания ID: T55234
Средний возраст оборудования: 15 лет
Объем продаж: 25000 штук в год
Наличие поточных линий: Нет
Количество рабочих: 80 человек
Тип производства: Текстильное
Готово ли предприятие к новому оборудованию? Нет
Вероятность готовности предприятия к новому оборудованию: 0.23
```

Рисунок 4 – Результат работы модели  
«Предприятие» № 2

Например, на предприятии номер 5 относительно новое оборудование, рабочих мест на предприятии всего 60, и объем продаж не такой большой. Исходя из данных, данная модель посчитала, что предприятие не готово к обновлению оборудования.

В данных примерах используется логистическая регрессия, которая является моделью классификации, часто применяемой для предсказания вероятности наступления события. В

контексте данного примера модель предсказывает, готово ли предприятие к приобретению нового оборудования. Показателями, влияющими на результат, можно назвать: качество и разнообразие данных, параметры модели, например, максимальное количество итераций (max\_iter) влияет на то, насколько хорошо модель может найти оптимальные веса, и масштабируемость данных.

Следующей задачей в рамках рассматриваемого вопроса станет прогноз производительности сотрудника. Исходными данными в этом случае могут стать: стаж работы сотрудника общий и отдельно в компании, тип оборудования, на котором работает сотрудник, сложность выполняемой работы, средний объем работы за последние три года, количество дней, пропущенных по болезни (то есть как часто сотрудник болеет) и по неуважительной причине, количество дней отпуска и его период, наличие профильного образования и наличие детей (рис. 5–7).

```
Выберите сотрудника из списка:  
1: ID: Ш00054, Стаж работы общий: 10 лет, Стаж работы в компании: 8 лет, Средний объем работы: 130 изделий/день  
2: ID: Ш00055, Стаж работы общий: 5 лет, Стаж работы в компании: 4 лет, Средний объем работы: 100 изделий/день  
3: ID: Ш00056, Стаж работы общий: 15 лет, Стаж работы в компании: 12 лет, Средний объем работы: 60 изделий/день  
4: ID: Ш00057, Стаж работы общий: 7 лет, Стаж работы в компании: 5 лет, Средний объем работы: 80 изделий/день  
5: ID: Ш00058, Стаж работы общий: 12 лет, Стаж работы в компании: 10 лет, Средний объем работы: 225 изделий/день
```

Рисунок 5 – Фрагмент исходных данных для работы модели «Сотрудник»

```
Введите номер сотрудника: 3  
  
== Предсказание для сотрудника ==  
ID сотрудника: Ш00056  
Общий стаж работы: 15 лет  
Стаж работы в компании: 12 лет  
Тип оборудования: 3  
Сложность работы: сложный  
Средний объем работы за последние три года: 60 изделий/день  
Количество пропущенных дней по болезни: 6 дней/год  
Отпускные дни: 12 дней/год  
Пропущенные дни по неуважительной причине: 8 дней/год  
Профильное образование: Да  
Наличие детей: Да  
  
Предсказанная производительность: 58.72 изделия в день  
Стоимость одного изделия: 30 рублей  
Предсказанная сдельная оплата: 1761.63 рублей в день
```

Рисунок 6 – Результат работы модели «Сотрудник» № 3

```
Введите номер сотрудника: 3  
  
== Предсказание для сотрудника ==  
ID сотрудника: Ш00055  
Общий стаж работы: 5 лет  
Стаж работы в компании: 4 лет  
Тип оборудования: 2  
Сложность работы: умеренный  
Средний объем работы за последние три года: 100 изделий/день  
Количество пропущенных дней по болезни: 2 дней/год  
Отпускные дни: 10 дней/год  
Пропущенные дни по неуважительной причине: 1 дней/год  
Профильное образование: Нет  
Наличие детей: Нет  
  
Предсказанная производительность: 92.26 изделия в день  
Стоимость одного изделия: 25 рублей  
Предсказанная сдельная оплата: 2306.57 рублей в день
```

Рисунок 7 – Результат работы модели «Сотрудник» № 2

Таким образом, сотрудник 3, имея в анамнезе большой стаж работы, образование, небольшое количество пропущенных дней, а также высокую сложность работы, изготовит 58 изделий в день и получит 1760 руб. Оплата сотрудника рассчитывается на основе его предсказанной производительности и уровня сложности работы. Каждому уровню сложности соответствует своя стоимость за изделие.

В данной модели используется метод случайного леса, который использует несколько деревьев решений предсказания, в данном случае, производительности сотрудников на основе их характеристик. Такая модель создается и обучается с использованием обучающих данных. Она строит несколько деревьев решений на случайных подвыборках данных, чтобы предсказать производительность. После обучения принимает данные о конкретном сотруднике, стандартизирует их и использует обученную модель для предсказания производительности.

В данном случае результат работы модели зависит от следующих факторов: качество данных, их количество и разнообразие, грамотный выбор признаков, статистика и случайность, то есть случайные признаки помогают избежать переобучения и делают модель более устойчивой.

Очевидно, что обе модели представляют собой тестовые варианты. Это связано с ограниченным объемом данных и числом признаков, а также с экспериментальным характером самих моделей. Для повышения точности и надежности предсказаний необходимо увеличить объем данных, учитывать более разнообразные факторы, а также проводить дополнительные тестирования и валидацию моделей.

Также предлагается обучить модели для следующих задач: прогнозирование продаж каждого артикула; аналитика потребностей покупателей; разработка изделия, эскизного проекта и технического рисунка, технического описания; оптимизация разработки технологической последовательности изготовления изделия; расчет износостойкости материалов и узлов готового изделия на основе соответствующих данных предыдущих испытаний.

Такие цифровые трансформации помогут реализовать концепцию «Фабрики будущего».

Тем самым развивая современное производство для дальнейшего изготовления конкурентоспособной и кастомизированной продукции, а также способствуя поддержке отечественного технологического суперинженеритета.

#### Список использованных источников

1. Совина, А. Р., Державина, А. Д. Значение профессиональной ориентации и кадрового обеспечения новых профессий для легкой промышленности// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. – 2024. – № 3. – С. 55–62.
2. Левин, Ю. А., Полетаева, Л. П. Инновационное развитие хозяйственных систем: формирование цифровой экономики // Инновации и инвестиции. – № 11, – 2017. – С.7–10.
3. Liu, K., Zeng, X., Bruniaux, P., Tao, X., Kamalha, E., Wang, J. Garment Fit Evaluation Using Machine Learning Technology. In: Thomassey, S., Zeng, X. (eds) // Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era. Springer Series in Fashion Business. Springer, Singapore. 2018. – pp 273–288.
4. Fallah Tehrani, A., Ahrens, D. Enhanced Predictive Models for Purchasing in the Fashion Field by Applying Regression Trees Equipped with Ordinal Logistic Regression. In: Thomassey, S., Zeng, X. (eds) // Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era. Springer Series in Fashion Business. Springer, Singapore. 2018. – pp 27–45.
5. Завельская, Ю. Применение ИИ в производстве одежды. – URL: <https://lp-magazine.ru/lpmagazine/2023/3/1230>. – Дата доступа: 07.12.2024.

УДК 681.5

## РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕРЕНОСА ЖИДКОСТИ НА ТРИКОТАЖЕ И ТКАНЯХ

**Науменко А. М., доц., Тёмкин Д. А., асп., Коронкевич Д. А., маг.**  
Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

**Реферат.** В статье рассмотрены вопросы разработки измерительного преобразователя лабораторной установки для определения динамических свойств переноса жидкости в текстильных материалах с использованием измерения электрического сопротивления.

**Ключевые слова:** сенсор, перенос жидкости, сопротивление, измерение.

Современные текстильные технологии активно развиваются, отвечая на растущие запросы к функциональности материалов, особенно в сегментах спортивной, медицинской и профессиональной экипировки. Ключевым требованием к таким тканям становится способность к интенсивному влагоотведению и ускоренному испарению пота, что напрямую коррелируется с терморегуляцией организма, гигиеной и производительностью пользователя. Эти свойства достигаются за счет инновационных решений, включая капиллярные структуры волокон, пористые мембранны, а также биоинженерные покрытия, которые обеспечивают направленную транспортировку влаги от тела во внешние слои ткани.

В спортивной индустрии такие материалы минимизируют накопление пота на коже, предотвращая перегрев и снижая риск теплового удара во время высокointенсивных тренировок.