

Япония и Швейцария. Корреляция: в ЕАЭС присутствует умеренная связь у Беларуси с Арменией, Кыргызстаном и Россией. В G10 сильная связь у Германии с США, Нидерландами, и Бельгией. Результаты однофакторного дисперсионного анализа свидетельствует о том, что средние темпы прироста золотовалютных резервов внутри двух экономических союзов не различаются. Если сравнить между собой страны ЕАЭС и G10 по этому показателю, то обнаружатся статистически значимые различия. При исключении части стран G10 (Швейцария, Великобритания, Нидерланды, Германия) различия исчезают.

Выводы:

- внутри групп (ЕАЭС и G10) средние темпы прироста по всем показателям статистически не различаются, что свидетельствует о схожей динамике развития внутри экономических союзов;
- межгрупповые различия обнаружены только для золотовалютных резервов, что может объясняться различной структурой резервов и стратегиями их управления;
- корреляционный анализ выявил слабые и умеренные связи между отдельными странами, что указывает на относительную независимость их финансовых политик.

Литература

- 1 Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- 2 Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н. Ш. Кремер. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.
- 3 Андронов, А. М. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / А. М. Андронов, Е. А. Копытов, Л. Я. Гринглаз. – СПб. : Питер, 2004. – 461 с.
- 4 Уилкс, С. Математическая статистика / С. Уилкс. – М. : Наука. – 1967. – 632 с.
- 5 Терпугов, А. Ф. Математика рынка ценных бумаг / А. Ф. Терпугов. – Томск : Изд-во НТЛ, 2004. – 164 с.
- 6 The Global Economy: Счет текущих операций. – URL: <https://www.theglobaleconomy.com> (дата обращения: 14.04.2025).

Е. Г. Орешкевич, А. П. Сазанков, Я. А. Ковалева

Науч. рук. С. В. Шилько,

канд. техн. наук, доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Актуальность исследования обусловлена широким применением полимерных материалов в промышленности и необходимостью прогнозирования их эксплуатационных характеристик, особенно предела выносливости при циклическом (усталостном) нагружении [1]. Механические испытания являются длительными и трудоемкими, а существующие математические модели и расчетные методы часто оказываются недостаточно точными из-за высокой сложности и нелинейности процессов разрушения [2].

Целью работы было создание программного комплекса для прогнозирования параметров процесса разрушения полимерных материалов на основе ограниченного объема имеющихся экспериментальных данных с использованием алгоритмов машинного обучения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: сбор и обработка данных механических испытаний; разработка графического интерфейса для удобного управления данными; обучение и сравнение эффективности моделей машинного обучения XGBoost и RandomForest; оценка точности прогнозирования ключевых параметров разрушения [2, 3].

Авторами разработано специализированное программное обеспечение на языке Python с использованием библиотек tkinter, pandas и xgboost. Программа позволяет загружать необработанные тестовые данные (.raw), автоматически извлекать метаданные, обрабатывать их и строить прогнозирующие модели. Модель XGBoost использовалась для прогнозирования общего числа циклов до разрушения, а RandomForestRegressor – параметров каждого цикла (нагрузка, время, напряжение).

Проверка модели проводилась на реальных экспериментальных данных. Качество прогноза оценивалось с использованием метрик MAE, RMSE и R2. Наилучшие результаты показаны для прогнозирования параметра «время» ($R^2=0,91$). Средняя точность расчетной оценки числа циклов до разрушения составила 90 % [4, 5].

Научная новизна результатов исследования заключается в применении оригинального комбинированного подхода с использованием двух различных моделей машинного обучения для решения взаимосвязанных задач прогнозирования, а также в разработке универсального программного средства для анализа данных механических испытаний.

Практическая значимость заключается в возможности использования разработанного программно-аппаратного комплекса на стадии разработки композиционных материалов и в производственных условиях при контроле качества разнообразных полимерных деталей и конструкций, что позволяет экономить значительные материальные ресурсы [6–8].

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T25III-M-017 «Нейросетевая фрактография объемного и поверхностного разрушения полимерных композиционных материалов и конструкций»).

Литература

1 Сазанков, А. П. Модификация метода определения трещиностойкости полимерных материалов и его апробация на примере сверхвысокомолекулярного полиэтилена / А. П. Сазанков // XVIII Международная научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин» 12–14 ноября 2024 // Т 12. – № 2. – С 51–57

2 XGBoost / Официальная документация по библиотеке градиентного бустинга. – URL: <https://xgboost.readthedocs.io> (дата обращения: 16.04.2025).

3 RandomForestRegressor / Официальная документация по библиотеке для визуализации данных на Python. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestRegressor.html> (дата обращения: 16.04.2025).

4 Pandas / Официальная документация по библиотеке для анализа данных на Python. – URL: [HYPERLINK "https://pandas.pydata.org" \t "_blank" https://pandas.pydata.org](https://pandas.pydata.org) (дата обращения: 16.04.2025).

5 Numpy / Официальная документация по библиотеке для научных вычислений на Python. – URL: <https://numpy.org> (дата обращения: 16.04.2025).

6 Rueden L., Mayer S., Sifa R., Bauckhage C., Garcke J. Combining Machine Learning and Simulation to a Hybrid Modelling Approach: Current and Future Directions. In: Berthold M., Feelders A., Krempel G. Advances in Intelligent Data Analysis XVIII. IDA 2020. Lecture Notes in Computer Science, 2020. – Vol. 12080. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44584-3_43

7 Игошина, Е. Д. Алгоритмы прогнозирования свойств материалов: сравнение и анализ / Е. Д. Игошина // Теоретические и прикладные исследования: достижения, проблемы и перспективы развития : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15 сентября 2021 года. – Санкт-Петербург : Профессиональная наука, 2021. – С. 108–120.

8 Люкшин, Б. А. Дисперсно-наполненные полимерные композиты технического и медицинского назначения / Б. А. Люкшин, С. В. Шилько, С. В. Панин и др. – Новосибирск : СО РАН, 2017. – 311 с.