

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В МОДЕЛЯХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Берзин Д.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – кандидат социологических наук, Чупин Р.И.<sup>1</sup>

Университет ИТМО

mail@dberzin.ru

### Введение

Ценообразование является одним из важнейших компонентов любой бизнес модели. Его характерной чертой является то, что из-за конкуренции данный процесс не имеет конечной точки и нуждается в постоянном совершенствовании. В связи с этим, необходимость оптимизации процесса ценообразования является очевидной. В настоящее время методы машинного обучения помогают эффективно изучать зависимости, влияющие на ценообразование. Проблему интерпретации полученных таким образом результатов можно решить при помощи вектора Шепли, суть применения которого состоит в том, что позволяет измерить количественный вклад каждого фактора в итоговый результат. Использование вектора Шепли уже широко применяется при интерпретировании результатов, выдаваемых моделями машинного обучения, однако данный метод не является идеальным и в случае, когда функция коррелирует с предсказанием модели, использование вектора Шепли демонстрирует ложный высокий уровень важности фактора, который может не иметь никакого отношения к функционированию модели [1].

### Основная часть

Оптимизировать процесс ценообразования предлагается при помощи реализации системы принятия решений, основанной на ML-моделировании и имитационной модели. Для достижения данной цели, предполагается адаптация инструментария теории игр.

Алгоритм моделирования устойчивости ценообразования имеет следующие этапы:

- 1) Построение количественной модели, которая будет основана на применении ML-моделирования и вектора Шепли. В результате данного этапа будет получена матрица значимости факторов ценообразования.
- 2) Оценка эволюционно устойчивого состояния, где главным методом выступает применение эволюционной теории игр. Результатом данного этапа будет определение эволюционно устойчивого состояния факторов.
- 3) Имитационное моделирование, цель которого определение вариантов устойчивости.

В общем виде алгоритм выглядит следующим образом. Имитационная модель предназначена для нахождения устойчивых точек покоя системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику системы ценообразования. В данном приближении используется модель бесконечного набора факторов ценообразования, которые взаимодействуют друг с другом в процессе подготовки данных и обучения модели, через методы класса ColumnHandler. Каждый метод класса ColumnHandler представляет собой операцию агрегации данных по определенным категориям или условиям. В коде используется экстремальный бустинг для построения модели прогнозирования. При создании экземпляра модели, указываются оптимальные гиперпараметры, найденные с помощью решетчатого поиска (GridSearchCV). Затем модель обучается на обучающих данных с помощью метода fit(), а затем используется для предсказания на тестовых данных с помощью метода predict(). После этого оценивается качество модели с помощью метрик, таких как коэффициент детерминации ( $R^2$  score), среднеквадратичная ошибка (MSE) и RMSE. В коде используются следующие коэффициенты для экстремального бустинга: learning\_rate, max\_depth, n\_estimators и

оценки применяется модифицированная характеристическая функция, основанная на анализе изменений предсказаний модели Similarity-based SHAP [2]. В качестве имитационной модели ЭБР выбрана базовая EGT.

### **Выводы**

Реализована модель прогнозирования. К данной модели был применен метод Similarity-после чего произведена оценка эффективности модели прогнозирования с применением указанного метода и без его использования.

### **Список использованных источников:**

1. Merrick L., Taly A. The Explanation Game: Explaining Machine Learning Models Using Shapley Values // Fiddler Labs, Palo Alto, USA. 2020. arXiv:1909.08128. DOI10.1007/978-3-030-57321-8\_2.
2. Létoffé O., Huang X., Marques-Silva J. Towards trustable SHAP scores // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2025. Vol. 39, No. 17, P. 18198-18206. <https://doi.org/10.1609/aaai.v39i17.34002>.