

# Стекинг-подход к задаче прогнозирования банкротств

Д.В. Полупанов  
Башкирский Государственный  
Университет  
Уфа, Россия  
demetrious@mail.ru

С.Р. Абдюшева  
Башкирский Государственный  
Университет  
Уфа, Россия  
asr\_light@mail.ru

В.В. Галиямов  
Башкирский Государственный  
Университет  
Уфа, Россия  
tgc38m@gmail.com

**Аннотация**—В данной работе совершенствуются и расширяются стекинг-методики предсказания банкротства. Основной темой данного исследования является использование моделей разного типа: многослойных перцептронов, решающих деревьев, сетей Кохонена. В различных сочетаниях они отбираются и комбинируются в ансамбли и мета-ансамбли таким образом, чтобы учитывать сильные и слабые стороны каждого типа базовых моделей в контексте задачи.

**Ключевые слова**— банкротство корпораций, классификация, ансамбли, мета-ансамбли, многослойные перцептроны, решающие деревья, сети Кохонена, стекинг.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа продолжает исследования в области прогнозирования банкротств при помощи моделей машинного обучения [1]. Актуальность темы исследования с практической точки зрения определяется необходимостью своевременного выявления неблагоприятных тенденций в деятельности предприятий. Моделирование позволяет избежать высоких потерь и затрат вследствие возможной неплатёжеспособности заемщиков. Кроме того, своевременная оценка финансового состояния предприятия, позволит применить регулирующие воздействия, чтобы избежать негативных экономических и социальных последствий. С точки зрения инструментария актуальность обусловлена возрастающей ролью ансамблевых моделей в решении задач машинного обучения, становящихся всё более актуальными с ростом вычислительных мощностей и возможностью распараллеливания. Последние разработки в этой области связаны с нелинейным объединением прогнозов, которые ныне вызывают незатухающий интерес исследователей. Цель данной работы состоит в исследовании методик мета-ансамблирования и стекинга применительно к задаче распознавания банкротства.

## 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача прогнозирования банкротств сводится к построению математической модели, способной на основе совокупности финансово-экономических показателей предприятия с высокой точностью предсказывать метки класса («банкрот» / «не банкрот»). Модель строится на основе ретроспективных данных примерно однородной выборки предприятий.

Традиционно, модели классификации могут быть представлены в виде:

$$\hat{y} = F(x, W), x \in X \subset \mathbb{R}^n, y \in Y \subset \mathbb{R} \hat{y} \in \hat{Y} \subset C[\mathbb{R}] \quad (1)$$

где конкретная численная реализация вектора входных факторов ; – конкретная числовая реализация наблюдаемой выходной случайной величины  $Y$ ; – объективный эталон – расчетное значение  $Y$ ;  $\{W\}$  – множество весов, соответствующих базовым моделям; – множество значений вектора входных факторов, – множество декларированных значений выходной величины, – множество расчетных по (1) значений выходной величины,  $F$  - оператор ансамблевого отображения.

В нашем случае необходимо решить обратную задачу восстановления скрытой в данных зависимости вероятности банкротства  $P$  от вектора экзогенных переменных , которая оценивается с помощью логистической функции [2]:

$$P(t) = 1/[1 + \exp(-\hat{y}(x(t), t))], P \in [0,1] \quad (2)$$

где  $t$  – время; показатель экспоненты , играющий роль аргумента в (2), восстанавливается с помощью отображения (1).

## 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНСАМБЛЕВЫХ И МЕТА-АНСАМБЛЕВЫХ МЕТОДИК

Основная идея ансамбля заключается в том, что модели, имеющие различия, по-разному обрабатывают входные данные и совершают разные ошибки. Объединив прогнозы нескольких таких моделей, мы можем получить зачастую более высокое, чем у лучшей отдельной модели, качество прогнозов [3]. Искусство ансамблирования в этом контексте означает умение создать различия в моделях.

Рассмотрим многоуровневую структуру ансамбля, о котором идёт речь в данной работе. Используются следующие базовые модели: многослойный перцептрон (MLP), решающее дерево (DT) и сеть Кохонена (KCN). На первом уровне ансамбля, который оперирует базовыми моделями, различия достигаются вариацией бэггинга и его разновидностей, кросс-валидации, бустинга (например, XGBoost). На втором уровне ансамблей различия обуславливаются природой базовых моделей. Для каждого типа моделей составляется суперансамбль. Наконец, прогнозы суперансамблей объединяются мета-ансамблем, называемым также ансамблем стекинга.

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные методики прошли проверку на реальных ретроспективных данных предприятий,

размещённых на соревновательной платформе Kaggle. Модель была реализована на языке Python с использованием библиотек машинного обучения Scikit-Learn, Tensor Flow, Keras. Чтобы усилить базовые модели перед непосредственным процессом обучения, производится стандартизация входных данных и оптимизация гиперпараметров при помощи библиотеки Keras Tuner. По итогам вычислительного эксперимента можно сделать вывод, что по большинству метрик многослойный перцептрон лучше других моделей, но ничем не выделяется, дерево решений даёт стабильные, но средние прогнозы. Сеть Кохонена по основным метрикам справляется плохо, зато имеет лучшие показатели точности по не-банкротам (если классификатор назвал фирму не-банкротом, то скорее всего она действительно не-банкрот), и полноты по банкротам (находит высокую долю предприятий-банкротов). На основании этих метрик можно судить, что необходимое разнообразие моделей было достигнуто. Наконец, показатели стекинговой модели почти по всем метрикам превосходят лучшие из показателей

суперансамблей и отдельных моделей, что доказывает возможность успешного применения мета-ансамблирования для решения задач прогнозирования банкротств.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Полупанов, Д.В. Применение нейросетевых ансамблей в оценке банкротства корпораций / Д.В. Полупанов, С.Р. Абдюшева, В.В. Галлямов, С.А. Мустафина. – Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 98-104.
- [2] Гобатков, С.А. Нейросетевые математические модели оценки вероятности банкротства корпораций / С.А. Гобатков, Д.В. Полупанов // Стерлитамак: Стерлитамакский филиал БашГУ. – 2020. – С. 57-74.
- [3] Polupanov, D.V. Improving the neural network mathematical model of corporate bankruptcy / D.V. Polupanov, S.R. Abdiusheva, V.V. Gallyamov // International Conference on Information Technology and Nanotechnology. – 2021. – P. 1-9. DOI: 10.1109/ITNT52450.2021.9649280.
- [4] Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville // Adaptive Computation and Machine Learning series. – The MIT Press, 2016.