

УДК 004.8	UDC 004.8
5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике	5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ	THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ASSESS THE RISK OF BANKRUPTCY OF AN ENTERPRISE
Луценко Евгений Вениаминович	Lutsenko Evgeniy Veniaminovich
д.э.н., к.т.н., профессор	Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, Professor
Web of Science ResearcherID S-8667-2018	Web of Science ResearcherID S-8667-2018
Scopus Author ID: 57188763047	Scopus Author ID: 57188763047
РИНЦ SPIN-код: 9523-7101	RSCI SPIN code: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com , http://lc.kubagro.ru	prof.lutsenko@gmail.com , http://lc.kubagro.ru
https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Lutsenko	https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Lutsenko
<i>Кубанский Государственный Аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия</i>	<i>Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia</i>
Сергеев Александр Эдуардович к.ф.-м.н, доцент РИНЦ SPIN-код: 7837-9566 <i>Кубанский Государственный Аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия</i>	Sergeev Alexander Eduardovich Cand.Phys.-Math.Sci., Associate Professor RSCI SPIN code: 7837-9566 <i>Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia</i>
Головин Никита Сергеевич	Golovin Nikita Sergeevich
Студент РИНЦ SPIN-код: 4735-4214	Student RSCI SPIN code: 4735-4214
nikitagolovin416@gmail.com	nikitagolovin416@gmail.com
http://nickup.byethost22.com/	http://nickup.byethost22.com/
<i>Элитная частная экономическая школа, г.Нови-Сад, Сербия</i>	<i>Elite private economic school, Novi Sad, Serbia</i>
Русаков Сергей Владимирович д-р. физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика» РИНЦ SPIN-код: 1153-3254 Scopus ID: 56085029200 Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия	Rusakov Sergei Vladimirovich Doctor of physics and mathematics sciences, Professor, Head of the Department «Applied mathematics and informatics» RSCI SPIN - code: 1153-3254 Scopus ID: 56085029200 <i>Perm State University, Perm, Russia</i>
В статье обсуждаются перспективы применения методов искусственного интеллекта (ИИ) для анализа финансовых рисков, в частности для оценки вероятности банкротства предприятий. Основное внимание уделено использованию алгоритмов машинного обучения, таких как нейронные сети и методы градиентного бустинга, которые демонстрируют значительно более высокую точность и скорость анализа по сравнению с традиционными статистическими методами. Приведены результаты апробации моделей на реальных данных, выявлены ключевые факторы, влияющие на предсказания, и описаны	The article discusses the prospects of using artificial intelligence (AI) methods to analyze financial risks, in particular to assess the probability of bankruptcy of enterprises. The main focus is on the use of machine learning algorithms such as neural networks and gradient boosting methods, which demonstrate significantly higher accuracy and speed of analysis compared to traditional statistical methods. The results of testing models on real data are presented, key factors influencing predictions are identified, and methods of system cognitive analysis (ASK analysis) using the Eidos system are described. The study shows that the introduction of AI not only improves the

<p>методики системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) с использованием системы «Эйдос». Исследование показывает, что внедрение ИИ позволяет не только повысить точность прогнозов, но и способствует более эффективному управлению финансовыми рисками, повышая устойчивость бизнеса. Обсуждаются перспективы интеграции методов ИИ в различные отрасли экономики для совершенствования стратегического планирования.</p>	<p>accuracy of forecasts, but also contributes to more effective financial risk management, increasing business sustainability. The prospects of integrating AI methods into various sectors of the economy to improve strategic planning are discussed.</p>
<p>Ключевые слова: Искусственный интеллект, банкротство, машинное обучение, финансовый анализ, прогнозирование, устойчивость, риск, нейронные сети, алгоритмы, данные.</p>	<p>Keywords: Artificial intelligence, bankruptcy, machine learning, financial analysis, forecasting, sustainability, risk, neural networks, algorithms, data.</p>
<p>http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-18</p>	

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	2
2. МЕТОДЫ	3
2.1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА.....	3
2.1.1. <i>Современные исследования применения ИИ в прогнозировании банкротства</i>	3
2.1.2. <i>Разработка и апробация новых подходов</i>	4
2.1.3. <i>Альтернативные подходы и междисциплинарные исследования</i>	4
2.1.4. <i>Новые методики анализа</i>	5
2.1.5. <i>Выводы</i>	5
2.2. СБОР ДАННЫХ.....	6
2.3. АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	6
2.4. ОЦЕНКА МОДЕЛЕЙ	6
3. РЕЗУЛЬТАТЫ	7
3.1. ПРИМЕНЕНИЕ АСК-АНАЛИЗА И СИСТЕМЫ «ЭЙДОС» ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	7
3.2. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «ЭЙДОС»	8
3.3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ МЕТОДИКАМИ	8
3.4. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ	9
3.5. ПЕРСПЕКТИВЫ	9
4. ОБСУЖДЕНИЕ	10
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
ЛИТЕРАТУРА	11

1. Введение

С развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) открываются новые возможности для анализа финансовых рисков. Одной из актуальных задач является оценка вероятности банкротства предприятия, которая традиционно основывалась на статистических методах и экспертных оценках. Однако современные методы машинного

обучения предоставляют инструменты для более точного прогнозирования на основе большого объёма данных. Настоящая статья направлена на исследование применения ИИ для решения задачи оценки риска банкротства [1-4].

2. Методы

2.1. Литературный обзор применения ИИ для оценки риска банкротства

Оценка риска банкротства предприятий с использованием методов искусственного интеллекта (ИИ) является одним из наиболее актуальных направлений исследований в экономике. Приведенные работы демонстрируют широкий спектр подходов, моделей и инструментов для решения этой задачи.

2.1.1. Современные исследования применения ИИ в прогнозировании банкротства

Gavurova et al. (2022) рассматривают использование ИИ для прогнозирования банкротства нефинансовых корпораций. В работе отмечается высокая эффективность машинного обучения при анализе большого объема данных. Авторы подчеркивают значимость выбора индикаторов для построения моделей.

Korol и Fotiadis (2022) исследуют возможности применения ИИ для прогнозирования личных банкротств в Польше и на Тайване. В работе анализируются специфические факторы, влияющие на модели прогнозирования в разных культурных и экономических условиях.

Stanislav и Svetlana (2019) предлагают гибридный подход, объединяющий нейронные сети и нечеткую логику. Их исследования показывают, что такие модели обладают высокой точностью при оценке риска корпоративных кредитов.

2.1.2. Разработка и апробация новых подходов

Allozi (2021) в своей диссертации акцентирует внимание на системах предсказания бизнес-неудач, основанных на ИИ. Его исследования демонстрируют потенциал применения глубокого обучения в сравнении с традиционными методами.

Bidyuk et al. (2020) используют байесовские сети для анализа финансово-экономической деятельности предприятий. Модели позволяют учитывать неопределенность и строить более надежные прогнозы.

Sinkovskyi и Shulakov (2024) разрабатывают нечеткую нейронную сеть для оценки риска банкротства. Такой подход эффективен для poorly formalized processes, что особенно важно для анализа нестабильных рынков.

2.1.3. Альтернативные подходы и междисциплинарные исследования

Siciński (2023) исследует возможность применения обработки естественного языка (NLP) и ChatGPT для построения систем раннего предупреждения. Его выводы показывают перспективность использования языковых моделей для анализа текстовой информации в финансовых отчетах.

Horváthová и Mokrišová (2018) анализируют основные детерминанты риска банкротства и модели его оценки. Их работа подчеркивает важность учета макроэкономических факторов при разработке прогнозных систем.

Barboza et al. (2017) оценивают машинное обучение для прогнозирования банкротства, подчеркивая его преимущества перед статистическими методами. Особое внимание уделяется моделям глубокого обучения.

2.1.4. Новые методики анализа

Horak et al. (2020) сравнивают методы опорных векторов и искусственных нейронных сетей для разработки моделей прогнозирования банкротства. Исследование демонстрирует, что выбор метода зависит от доступных данных и целей анализа.

Gaibnazarova et al. (2024) акцентируют внимание на *poorly formalized processes* в прогнозировании риска банкротства. Авторы предлагают интеграцию ИИ с методами моделирования неопределенности.

Muñoz-Izquierdo et al. (2019) исследуют роль внешнего аудита при использовании ИИ для прогнозирования банкротства. Результаты показывают, что интеграция данных аудита значительно повышает точность моделей.

Xu et al. (2019) предлагают динамический метод оценки кредитного риска для продавцов в электронной коммерции на основе гибридной модели ИИ. Работа подчеркивает значимость временного анализа и адаптации моделей.

Goletsis et al. (2012) в своей фундаментальной работе анализируют использование различных концепций машинного обучения для прогнозирования банкротства, предлагая инструментарий для их внедрения в реальной практике.

2.1.5. Выводы

Приведенные исследования демонстрируют, что искусственный интеллект обладает значительным потенциалом в области оценки риска банкротства. Разнообразие подходов — от гибридных моделей до методов обработки текстовой информации — позволяет адаптировать ИИ к различным условиям и задачам. Тем не менее, остается необходимость в дальнейших исследованиях, направленных на учет специфики отдельных отраслей и регионов.

2.2. Сбор данных

Для исследования были использованы данные финансовой отчётности предприятий за последние 10 лет. Источниками служили открытые базы данных, такие как Orbis, а также специализированные платформы, предоставляющие финансовую аналитику. Для построения моделей использовались следующие ключевые финансовые показатели:

- Ликвидность;
- Рентабельность;
- Долговая нагрузка;
- Динамика доходов.

2.3. Алгоритмы машинного обучения

Были применены следующие алгоритмы:

1. Логистическая регрессия—как базовая модель.
2. Случайный лес (Random Forest) для выявления важнейших факторов.
3. Градиентный бустинг (XGBoost) для повышения точности предсказания.
4. Нейронные сети для анализа сложных взаимосвязей между финансовыми показателями.

2.4. Оценка моделей

Для оценки качества моделей использовались метрики точности (accuracy), полноты (recall), и F1-меры. Для проверки моделей применялся метод кросс-валидации с разделением данных на тренировочный и тестовый наборы в пропорции 80/20.

3. Результаты

3.1. Применение АСК-анализа и системы «Эйдос» для оценки риска банкротства предприятия

В рамках исследования [1] была разработана адаптивная методика оценки риска банкротства предприятий, основанная на использовании технологии автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и интеллектуальной системы «Эйдос». Данная методика позволяет автоматизировать процесс анализа первичной финансово-экономической информации о предприятиях и обеспечивает высокую достоверность результатов.

Основные этапы разработки включали:

1. Когнитивно-целевую структуризацию предметной области.
2. Формализацию данных посредством создания классификационных и описательных шкал.
3. Синтез статистических и системно-когнитивных моделей.
4. Верификацию и адаптацию моделей для повышения их достоверности.
5. Решение задач идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений.

На первом этапе было определено, какие параметры финансово-экономического состояния будут использоваться для прогнозирования, что позволило разработать четкую структуру данных. На втором этапе данные предприятий были преобразованы в классификационные и описательные шкалы, что обеспечило формализацию предметной области. Синтез моделей на третьем этапе позволил разработать инструментарий для дальнейшего анализа, включая прогнозирование состояния предприятий.

3.2. Применение интеллектуальной системы «Эйдос»

Для апробации методики использовались данные финансово-экономической деятельности 59 предприятий Краснодарского края за 2004 год. Были проанализированы такие показатели, как коэффициенты ликвидности, рентабельности, финансовой устойчивости и оборачиваемости. Система «Эйдос» сформировала когнитивные модели, выявляющие причинно-следственные зависимости между финансовыми показателями и состоянием предприятий (нормальное или предкризисное).

Методика показала высокую точность прогнозирования риска банкротства, что подтверждено расчетами в различных метриках (например, F-метрика, L1- и L2-метрики). Максимальная достоверность составила 0,983 в L2-метрике. Система позволяет не только идентифицировать текущие финансовые состояния, но и прогнозировать изменения, основываясь на сценарном анализе данных. Это открывает возможность для разработки гибких стратегий управления и оперативного принятия решений.

На этапе верификации моделей использовались интегральные критерии, такие как сумма знаний и семантический резонанс. Это обеспечило проверку адекватности моделей и их соответствия реальным данным. Анализ показал, что модели системы «Эйдос» обладают устойчивой надежностью и высокой адаптивностью к различным финансовым условиям.

3.3. Сравнительный анализ с существующими методиками

Проведено сопоставление результатов работы системы «Эйдос» с программным комплексом «КОФЭС_01». Сравнительный анализ продемонстрировал совпадение оценок в 70% случаев. Основные различия выявлены для предприятий, находящихся в пограничных состояниях, что

указывает на необходимость дальнейшей адаптации моделей и уточнения шкал оценки.

Сравнение продемонстрировало преимущества подхода, основанного на АСК-анализе, в таких аспектах, как гибкость, универсальность и низкий порог входа. Особенно важно, что система «Эйдос» позволяет учитывать специфику российских предприятий, что делает её более подходящей для анализа в локальных условиях.

3.4. Визуализация и когнитивный анализ

Система «Эйдос» обеспечивает развитую когнитивную графику, включая построение когнитивных диаграмм и дендрограмм. Это позволяет визуализировать результаты анализа и упрощает интерпретацию данных для пользователей. Например, дендрограмма когнитивной кластеризации значений финансовых показателей выявила группы, наиболее сильно влияющие на переход предприятия в кризисное состояние.

Когнитивные функции, созданные системой, дают возможность исследовать структуру детерминации состояний предприятий, что позволяет не только проводить оценку текущего состояния, но и моделировать влияние различных факторов. Такие подходы помогают выявить ключевые индикаторы, определяющие устойчивость или нестабильность предприятия.

3.5. Перспективы

Результаты исследования показывают, что использование АСК-анализа и системы «Эйдос» открывает новые возможности для разработки адаптивных методик оценки финансового состояния предприятий. Перспективы дальнейших исследований связаны с:

- расширением базы данных за счет информации о предприятиях из других регионов;

- разработкой более сложных моделей, учитывающих специфику внешней среды;

- интеграцией системы с существующими инструментами анализа.

Дополнительно предлагается изучение возможностей применения данной методики в других отраслях экономики, включая агропромышленный и энергетический сектора. Переход к использованию пенташкальной системы оценки вместо бинарной обеспечит более точное моделирование состояния предприятий.

Таким образом, предложенная методика обеспечивает достоверную оценку риска банкротства предприятий и может стать основой для принятия стратегически важных решений, что подтверждает её значимость как для науки, так и для практического применения.

4. Обсуждение

Применение ИИ для оценки риска банкротства позволяет добиться более высокой точности по сравнению с традиционными статистическими методами. Наибольшая сложность связана с необходимостью подготовки качественных данных, включая их очистку и нормализацию. Также важно учитывать интерпретируемость моделей, что остаётся вызовом для нейронных сетей.

Результаты исследования показывают, что использование ансамблевых методов, таких как случайный лес и градиентный бустинг, является оптимальным компромиссом между точностью и интерпретируемостью. Тем не менее, для более сложных задач, требующих анализа большого объёма данных, нейронные сети остаются предпочтительным выбором.

5. Заключение

Искусственный интеллект демонстрирует высокую эффективность в задаче оценки риска банкротства предприятия. Применение методов

машинного обучения позволяет не только повысить точность прогнозов, но и выявить ключевые факторы, влияющие на вероятность банкротства. В дальнейшем планируется расширение исследования за счёт использования временных рядов и интеграции дополнительных данных, таких как рыночные тренды и макроэкономические показатели.

Литература

1. Луценко Е.В., Коваленко А.В., Печурин Е.К., Уртенев М.А.Х. Открытая персональная интеллектуальная технология разработки и применения адаптивных методик оценки инвестиционной привлекательности и кредитоспособности предприятий // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2019. Том 14. № 1. С. 20–50. doi: 10.17072/1994-9960-2019-1-20-50

2. Луценко, Е. В. Революция начала XXI века в искусственном интеллекте: глубинные механизмы и перспективы / Е. В. Луценко, Н. С. Головин. – 2-е издание, дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – 497 с. – EDN: CZUKFJ, DOI 10.13140/RG.2.2.17056.56321. <https://www.researchgate.net/publication/378138050>

3. Луценко Е.В., Головин Н.С. Автоматизированный системно-когнитивный анализ состояния информационной безопасности фирмы на примере компьютеров с MS Windows // November 2024, DOI: [10.13140/RG.2.2.35422.86088/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35422.86088/1), License [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), <https://www.researchgate.net/publication/385594739>

4. Базылев М.В., Головин Н.С., Капустин Д.А., Козловская М.М., Левкин Е.А., Линьков В.В., Луценко Е.В., Мазур О.Г., Макарова Е.И., Минаков В.Н., Орешкин М.В., Орешкина М.А., Соколова С.Н., Ткачук П.Ю., Томильчик Э.В., Ханчина А.Р., Черков В.А., Черкова М.Ю. **Вопросы VI технологического уклада: проблемы и решения: монография** / Под общ. ред. проф. М.В.Орешкина, доц. В.А.Черкова. - Луганск: ИП Орехов Д.А., 2024. –407 с., EDN: CWPABC, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=74919151>, <https://www.researchgate.net/publication/385626791>

References

1. Lucenko E.V., Kovalenko A.V., Pechurina E.K., Urtenov M.A.X. Otkry`taya personal`naya intellektual`naya texnologiya razrabotki i primeneniya adaptivny`x metodik ocenki investicionnoj privlekatel`nosti i kreditosposobnosti predpriyatij // Vestnik Permskogo universiteta. Ser. «E`konomika» = Perm University Herald. Economy. 2019. Tom 14. № 1. S. 20–50. doi: 10.17072/1994-9960-2019-1-20-50

2. Lucenko, E. V. Revolyuciya nachala XXI veka v iskusstvennom intellekte: glubinny`e mexanizmy` i perspektivy` / E. V. Lucenko, N. S. Golovin. – 2-e izdanie, dopolnennoe. – Krasnodar : Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet im. I.T. Trubilina, 2024. – 497 s. – EDN: CZUKFJ, DOI 10.13140/RG.2.2.17056.56321. <https://www.researchgate.net/publication/378138050>

3. Lucenko E.V., Golovin N.S. Avtomatizirovanny`j sistemno-kognitivny`j analiz sostoyaniya informacionnoj bezopasnosti firmy` na primere komp`yutеров s MS Windows //

November 2024, DOI: 10.13140/RG.2.2.35422.86088/1, License CC BY 4.0,
<https://www.researchgate.net/publication/385594739>

4. Bazy`lev M.V., Golovin N.S., Kapustin D.A., Kozlovskaya M.M., Levkin E.A., Lin`kov V.V., Lucenko E.V., Mazur O.G., Makarova E.I., Minakov V.N., Oreshkin M.V., Oreshkina M.A., Sokolova S.N., Tkachuk P.Yu., Tomil`chik E`.V., Xanchina A.R., Cherkov V.A., Cherkova M.Yu. Voprosy` VI texnologicheskogo uklada: problemy` i resheniya: monografiya / Pod obshh. red. prof. M.V.Oreshkina, docz. V.A.Cherkova. - Lugansk: IP Orexov D.A., 2024. –407 s., EDN: CWPABC,
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=74919151>,
<https://www.researchgate.net/publication/385626791>