

Черняева Полина Денисовна

студентка

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –

МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

Алмазова Екатерина Сергеевна

аспирант

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет

науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

Панченко Вероника Юрьевна

магистр

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет

науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

Научный руководитель

Ступина Алёна Александровна

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –

МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

**ГРАФОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ РИСКОВ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ: АНАЛОГИЯ С ЦИФРОВЫМИ
ДВОЙНИКАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛИНИЙ**

Аннотация: обосновывается перенос методологии графовых нейронных сетей (ГНС), апробированной на датасете UCI AI4I 2020 для предиктивного обслуживания промышленных линий, на задачу анализа академических рисков обу-

чающихся. Производственная линия формализуется как ориентированный гетерогенный граф, а Graph Attention Network (GAT) прогнозирует вероятность «каскадных сбоев» с $F1 = 0,891$ и упреждением в 2,4 цикла. Проводится педагогическая интерпретация результатов: узлы графа соответствуют образовательным модулям, а рёбра – логическим и мотивационным зависимостям, что создаёт основу для индивидуализации сопровождения.

Ключевые слова: графовые нейронные сети, цифровые двойники, академические риски, образовательная аналитика, индивидуализация обучения, социальная адаптация.

Введение. Социальные процессы в образовательной организации обладают структурной сложностью: успеваемость обучающегося определяется не изолированными параметрами, а сетью взаимосвязей между дисциплинами, мотивационными состояниями, социальным контекстом и цифровой активностью. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов прогнозирования подтверждает преимущество последних при работе с нестационарными данными. При этом ансамблевые методы машинного обучения обеспечивают устойчивое моделирование в условиях неопределенности, а обработка сенсорных данных в режиме реального времени открывает возможности для непрерывного мониторинга.

1. **Методология:** от промышленного датасета к образовательному графу. Формализуем образовательную траекторию как ориентированный граф $G=(V,E)$, где V – учебные модули, компетенции и социальные маркеры, а E – причинно-следственные связи (логические, темпоральные, мотивационные). На промышленном датасете UCI AI4I 2020 (10 000 производственных циклов, 14 признаков, ~3,3% отказов) модель GAT достигает $F1 = 0,891$, $ROC-AUC = 0,912$, упреждения предупреждения 2,4 цикла и снижения FPR на 16,3% относительно ближайшего базового метода.

Таблица 1

Сравнение моделей прогнозирования отказов (цифровой двойник производственной линии)

Модель	Формула 1-результат	ROC-AUC	Lead Time (циклы)	FPR, %
Случайный лес	0,712	0,745	1,3	22,1
LSTM	0,758	0,781	1,7	19,4
GCN	0,823	0,847	2,1	15,8
GAT (предлагаемый)	0,891	0,912	2,4	13,1

2. *Образовательная интерпретация и социальный контекст.* Перенос методологии на образовательные данные требует учета социальной природы обучающихся: узлы графа включают в себя не только академические показатели, но и поведенческие маркеры, мотивационные профили, социальную вовлеченность. Гибридные нейросетевые модели, сочетающие рекуррентные и графовые архитектуры, демонстрируют высокую точность при работе с нестационарными процессами. Автоматизированная классификация аномалий в потоковых данных методами машинного обучения подтверждает универсальность подхода. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов демонстрирует преимущество последних при работе с данными с высокой вариативностью.

Таблица 2

Соответствие промышленных и образовательных узлов графа

Промышленный узел	Образовательный аналог	Смысл зависимости
Температура процесса	Интенсивность учебной нагрузки	Рост нагрузки повышает вероятность сбоев
Износ инструмента	Накопившееся утомление / отставание	Кумулятивный эффект
Температура воздуха	Внешний социальный контекст	Фоновое влияние
Крутящий момент / частота вращения	Мотивационная вовлеченность	Динамический показатель
Сбой в работе оборудования	Академическая неуспеваемость	Целевое событие

3. *Этические и социальные аспекты.* Внедрение глубоких нейронных сетей в образовательную среду порождает вопросы конфиденциальности и справедливости. Принципы федеративного обучения, опробованные в «умных» зданиях,

позволяют обучать модели без централизации персональных данных [9]. Функциональное моделирование образовательных процессов должно включать блок этической валидации [10].

Заключение: методология GNN предоставляет инструмент топологически осознанного анализа академических рисков; необходимы отраслевые стандарты интерпретации карт внимания и этические нормы их применения.

Список литературы

1. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов прогнозирования геоэкологических показателей горнодобывающих объектов / А.А. Ступина, М.В. Спринджук, М.В. Журавлёв, Т.И. Ашмарина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №4. – С. 125–130. – EDN ITXOMF.

2. Интеллектуальные модели анализа геоэкологических рисков горнопромышленных территорий на основе ансамблевых методов машинного обучения / Б.В. Потапов, Д.Ю. Евсюков, Т.В. Бирюкова, Т.И. Ашмарина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 108–112. – EDN SJGJHI.

3. Худякова Е. В., Пчелинцева С. В., Журавлев М. В. Прогнозирование технико-экологических показателей горно-обогатительных производств с использованием гибридных нейросетевых моделей // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 547–552. – EDN FSKMLC.

4. Применение методов машинного обучения для автоматизированной классификации магнитных аномалий Северного Кавказа по данным аэрогеофизической съемки / В.С. Тынченко, М.В. Журавлёв, Н.А. Ягудаева [и др.] // Геология и геофизика Юга России. – 2026. – Т. 16, №2. – С. 108–119. DOI 10.46698/VNC.2026.48.42.001. EDN CBGZAI

5. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов прогнозирования геоэкологических показателей горнодобывающих объектов / А.А. Ступина, М.В. Спринджук, М.В. Журавлёв, Т.И. Ашмарина // Известия

Тулского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №4. –
С. 125–130. – EDN ITXOMF.