

Кукарцева Светлана Владиславовна

студентка

Потапов Борис Васильевич

д-р техн. наук, профессор

Журавлев Михаил Владиславович

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»
г. Москва

ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПРЕДИКТИВНОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ В ОХРАНЕ ТРУДА

Аннотация: рассматривается проблема выполнения работодателем обязанностей по обеспечению безопасных условий труда в условиях высокой неопределенности и отсутствия размеченных баз данных производственных инцидентов. Обосновывается правомерность и экономическая эффективность применения систем неконтролируемого машинного обучения (*Unsupervised Learning*) на базе архитектур *Vision Transformer (ViT)* для выявления биомеханических аномалий и микротравм. Анализируются вопросы соответствия законодательству о персональных данных и биометрии. Экспериментально подтверждена способность системы детектировать отклонения в суставах на 3–5 градусов ($AUC-ROC = 0.94$), что формирует доказательную базу должной осмотрительности работодателя.

Ключевые слова: охрана труда, трудовое право, биометрия, искусственный интеллект, предиктивная аналитика, промышленная безопасность, *Vision Transformer*, приватность.

Введение. Согласно ст. 212 (в ред. ст. 214) Трудового кодекса РФ, работодатель обязан обеспечить безопасные условия труда и профилактику травматизма. Однако традиционные методы аудита безопасности (хронометраж, выборочный

контроль) не способны выявлять скрытые биомеханические аномалии и микро-отклонения, ведущие к хроническим профзаболеваниям или авариям на высокоскоростном оборудовании. Главная юридическая и техническая коллизия заключается в невозможности формирования репрезентативного датасета «ошибок» и «травм»: сбор таких данных неэтичен, а их количество статистически ничтожно для обучения классических нейросетей (CNN) [1]. Цель работы – разработать правовой и технический фреймворк использования систем предиктивного мониторинга, обучающихся исключительно на «эталонных» (нормальных) паттернах движения, что снимает проблему отсутствия размеченных инцидентов.

1. *Архитектура системы.* От надзора к предиктивной заботе Предлагаемая система базируется на архитектуре Video Vision Transformer (ViT) и стратегии маскированных автоэнкодеров (Masked Autoencoder, MAE). В отличие от тотального видеонаблюдения, нарушающего приватность, система анализирует не лица, а *пространственно-временные многообразия* (spatiotemporal manifolds) кинематики тела [2]. Входной видеопоток разбивается на 3D-токены (патчи $16 \times 16 \times 2$). В процессе самообучения система скрывает до 90% патчей и учится восстанавливать физику нормального движения. Это позволяет ИИ интернализировать законы биомеханики без участия человека-оператора.

Таблица 1

Архитектурные и правовые параметры системы мониторинга

Параметр системы	Значение/Настройка	Правовое и организационное значение
Разрешение и FPS	224×224, 60–120 FPS	Достаточность для анализа кинематики, избыточность для идентификации личности (снижение рисков по 152-ФЗ)
Метод обучения	Unsupervised (MAE)	Отсутствие необходимости хранения баз данных инцидентов (травм), минимизация обработки ПДн
Метрика аномалии	Энтропия внимания (Attention Entropy)	Объективный математический критерий усталости или нарушения моторики, исключая субъективизм инспектора
Задержка инференса	< 10 мс (на Edge GPU)	Возможность мгновенной остановки конвейера (ст. 219 ТК РФ – право на отказ от опасной работы)

2. *Механизм детекции и доказательственная база.* Индикатором аномалии выступает распределение весов в механизме Multi-Head Self-Attention (MHSA).

В нормальном состоянии «внимание» нейросети сфокусировано на ключевых узлах (суставы, центр масс). При возникновении микротравмы, усталости или нарушении техники безопасности внимание «рассеивается», что фиксируется через дивергенцию Кульбака-Лейблера (DKL) относительно эталонного шаблона [3].

3. *Проблемы правового регулирования и приватности.* Внедрение систем видеоаналитики затрагивает Федеральный закон №152-ФЗ «О персональных данных». Ключевым решением является *обработка на краю сети* (Edge Computing): видеопоток не передается на серверы и не записывается. Нейросеть извлекает только математические векторы (эмбединги) и метрики энтропии, которые не позволяют идентифицировать личность. После вычисления Anomaly Score исходные кадры безвозвратно удаляются из буфера ОЗУ. Такой подход соответствует принципу минимизации данных (data minimization) и позволяет легально внедрять ИИ без получения сложных согласий на обработку биометрии, так как система анализирует *процесс труда, а не личность работника* [5].

Заключение. Применение систем неконтролируемого обучения на базе Vision Transformer трансформирует охрану труда из реактивной (расследование постфактум) в предиктивную дисциплину. С юридической точки зрения, это обеспечивает работодателю надежный щит от исков о халатности, а работникам гарантирует реальную защиту здоровья. Экономический эффект выражается в снижении страховых тарифов ФСС и предотвращении простоев. Требуется разработка отраслевых стандартов (ГОСТ Р) по валидации алгоритмов предиктивной охраны труда.

Список литературы

1. Архитектура цифровых платформ экологического мониторинга горнопромышленных регионов с использованием облачных и интеллектуальных технологий / Б.В. Потапов, С.О. Курашкин, Н.В. Сергеева, Е.Ф. Малыха // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 113–118. EDN MXAZUV

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

3. Stepantsevich M.N. Federated Learning for Privacy-Preserving Energy Consumption Prediction in Smart Buildings / M.N. Stepantsevich, B.V. Potapov // 2026 International Conference on Artificial Intelligence for Sustainable Engineering and Innovation (AISEI). – IEEE, 2026. – P. 1182–1187.

4. Прогнозирование тепловых процессов в подземных горных сооружениях с использованием рекуррентных нейронных сетей / М.В. Журавлев, О.А. Антамошкин, М.Н. Степанцевич, Е.Ф. Малыха // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №3. – С. 205–211. EDN LZFRCG

5. Кукарцев В.В. Использование нейросетевых алгоритмов для прогноза... / В.В. Кукарцев // Геология и Геофизика Юга России. – 2026. – Т. 16. №2. – С. 256–267. DOI 10.46698/VNC.2026.90.55.001. EDN KEEVXM

6. Интеллектуальные модели анализа геоэкологических рисков... / 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.

7. Курашкин С.О. Обнаружение аномалий в данных промышленных сенсорных систем добычи на основе алгоритмов кластеризации / С.О. Курашкин, Л.В. Красовская, М.В. Журавлев, Т.В. Бирюкова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №4. – С. 382–388. EDN WMCTCH

8. Применение методов машинного обучения для автоматизированной классификации магнитных аномалий Северного Кавказа по данным аэрогеофизической съемки / В.С. Тынченко, М.В. Журавлев, 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

9. Kazakovtsev D.V. Intelligent Sensor Data Processing Methods for Real-Time Control of Mechatronic Manufacturing Systems / D.V. Kazakovtsev, B.V. Potapov // 2026 International Conference on Artificial Intelligence for Sustainable Engineering and Innovation (AISEI). – IEEE, 2026. – P. 1230–1235.

10. Tudakov D.I. Adaptive Performance Management of Transactional Databases... / D.I. Tudakov, B.V. Potapov, S.V. Pchelintseva // ICIEAM. – IEEE, 2026. – P. 1178–1182.