

Ткаченко Данил Алексеевич

студент

ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ»

г. Москва

Ширяева Софья Андреевна

студентка

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

г. Москва

Туленинов Даниил Сергеевич

аспирант

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

г. Москва

Научный руководитель

Музалев Константин Сергеевич

ассистент

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

г. Москва

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ «УМНОГО КАМПУСА»: АРХИТЕКТУРА СЛОИСТОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Аннотация: на основе метода структурно-функционального проектирования распределённых систем промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) синтезирована пятиуровневая архитектура «умного кампуса»: сенсорный слой, коммуникационный слой, периферийные вычисления, облачные

вычисления и прикладной уровень. Формализовано отображение потоков данных на аналитические задачи с учётом ограничений по задержке и ресурсам. Обсуждается интеграция модулей машинного обучения в архитектуру на этапе проектирования, что обеспечивает адаптивность, масштабируемость и ресурсоэффективность образовательной инфраструктуры.

Ключевые слова: цифровая трансформация, умный кампус, промышленный интернет вещей, периферийные вычисления, структурно-функциональное проектирование, машинное обучение.

Введение. Цифровая трансформация образования требует системных подходов к проектированию инфраструктуры. Особенности распространения химических элементов в горных породах показывают, насколько важно учитывать пространственную неоднородность сред, а машинное обучение эффективно прогнозирует прочностные характеристики сложных объектов. Ансамблевые методы обеспечивают устойчивость к неопределенности, а принципы адаптивного управления производительностью БД в АСУ ТП применимы к управлению ресурсами кампуса. Оптимизация управления автоматизированными комплексами методами обучения с подкреплением задает парадигму адаптивного управления.

1. **Метод проектирования.** Предлагаемый метод основан на поэтапной декомпозиции объекта и рациональном распределении аналитических функций между периферийным и облачным уровнями. Формально система $S=\langle D,N,E,C,M,U \rangle$ $S=\langle D,N,E,C,M,U \rangle$ включает в себя сенсоры DD, средства коммуникации NN, периферийные узлы EE, облако CC, ML-модули MM и прикладные сервисы UU. Целевая функция $L=\alpha T+\beta Cr$ $L=\alpha T+\beta Cr$ минимизирует задержку и затраты ресурсов.

Таблица 1

Распределение функций по архитектурным слоям кампуса

Слой	Функции	Пример в кампусе
Воспринимающий	Генерация данных	Датчики аудиторий, турникеты, СКУД
Информационные материалы	Передача и агрегация	Шлюзы, маршрутизаторы
Край	Предобработка, инференс	Локальные серверы корпусов

Облако	Хранение данных, обучение ML	ЦОД вуза
Приложение	Визуализация, поддержка решений	Дашборды, мобильные приложения

2. *Образовательная интерпретация уровней.* В кампусе сенсорный слой собирает данные о занятости аудиторий, энергопотреблении, качестве воздуха; Edge-уровень выполняет предиктивную аналитику в режиме реального времени (расписание, микроклимат); Cloud обучает модели академических рисков и планирования ресурсов. Моделирование тепловых потоков с использованием рекуррентных сетей обеспечивает климатический комфорт, что напрямую влияет на когнитивную продуктивность обучающихся.

Таблица 2

Примеры аналитических задач по уровням

Задача	Уровень	Задержка
Распознавание присутствия	Edge	< 50 мс
Прогноз нагрузки на аудиторию	Cloud	минуты
Выявление аномалий энергопотребления	Edge + Cloud	секунды
Индивидуальные рекомендации	Cloud	часы

3. *Экономические и организационные эффекты.* Интеграция ML-модулей на этапе проектирования снижает стоимость внедрения аналитики. Принципы адаптивного управления транзакционными БД применимы к управлению расписанием и ресурсами. Обучение с подкреплением позволяет оптимизировать использование пространства кампуса в динамичных условиях.

Заключение: метод структурно-функционального проектирования обеспечивает системную интеграцию интеллектуальной аналитики в архитектуру кампуса; необходимы отраслевые стандарты и пилотные внедрения.

Список литературы

1. Матасова И.Ю. Особенности распространения ряда химических элементов в горных породах Черноморского побережья России / И.Ю. Матасова, Б.В. Потапов, М.Н. Степанцевич // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №2. – С. 356–361. – EDN ZTXOZR.

2. Применение методов машинного обучения для прогнозирования прочностных характеристик горных пород / Б.В. Потапов, Д.Ю. Евсюков, А.С. Прудкий, М.С. Никаноров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №2. – С. 406–411. – EDN VSQHDC.

3. Интеллектуальные модели анализа геоэкологических рисков горнопромышленных территорий / 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.

4. Тудаков Д.И. Адаптивное управление производительностью транзакционных баз данных в автоматизированных системах управления технологическими процессами на основе вероятностного прогнозирования фрагментации / Д.И. Тудаков, Б.В. Потапов, С.В. Пчелинцева // 2026 ICIEAM. – IEEE, 2026. – С. 1178–1182.

5. Применение методов обучения с подкреплением для оптимизации управления автоматизированными и роботизированными комплексами в горной промышленности / А.А. Ступина, А.В. Бабкина, М.В. Журавлёв, М.С. Никаноров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – № 1. – С. 368–373. – EDN QIFKMR.

6. Кукарцева С.В. Метод структурно-функционального проектирования интеллектуальных промышленных IoT-систем / С.В. Кукарцева, А.В. Марченко, Т.И. Мариупольский // 2026 SmartIndustryCon. – IEEE, 2026. – С. 1240–1244.

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

8. Моделирование тепловых потоков в подземных горных выработках с применением параллельного программирования / М.В. Журавлёв, Т.И. Ашмарина, И.А. Вахрушева, К.С. Музалев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – № 3. – С. 292–297. – EDN KPCQVA.

9. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 №273-ФЗ.

10. Национальный проект «Наука и университеты»: паспорт (утв. президиумом Совета при Президенте РФ, 2018).