

DOI 10.54596/2958-0048-2025-3-206-213

УДК 370.3:004.421

МРНТИ 67.07.01

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ: ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И СТАНДАРТЫ

Шевчук Е.В.^{1*}

^{1*}Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
Новосибирск, Россия

*Автор для корреспонденции: evshevch@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме преодоления ограничений традиционных монолитных информационно-образовательных систем (ИОС). Целью исследования является разработка и обоснование комплексной концептуальной модели архитектуры ИОС нового поколения, способной отвечать вызовам современной цифровой педагогики. В качестве методологии использовался системный анализ, сравнительный анализ EdTech-стандартов и метод моделирования. Основным результатом является предложенная многоуровневая архитектура, основанная на принципах микросервисов, облачных технологий и концепции «Нулевого доверия» (Zero Trust). Модель детально описывает взаимодействие функциональных слоев, включая каналы доступа на основе микро-фронтендов, API-шлюз, набор независимых сервисов, а также слой данных и аналитики. Особое внимание уделено интеграции системы на основе современных открытых стандартов (LTI Advantage, xAPI, Caliper Analytics, Open Badges). Сделан вывод, что предложенный подход позволяет создавать гибкие, масштабируемые и безопасные цифровые образовательные экосистемы, формируя технологическую основу для внедрения учебной аналитики и персонализации на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: информационно-образовательная система, микросервисная архитектура, цифровая образовательная экосистема, учебная аналитика, LTI, xAPI, Caliper, Zero Trust, EdTech, интеграция образовательных систем.

АҚПАРАТТЫҚ-БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ АРХИТЕКТУРАСЫН ЖОБАЛАУ: ИНТЕГРАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕР МЕН СТАНДАРТТАР

Шевчук Е.В.^{1*}

^{1*}Сібір мемлекеттік геожүйелер және технологиялар университеті,
Новосибирск, Ресей

*Хат-хабар үшін автор: evshevch@mail.ru

Аңдатпа

Мақала дәстүрлі монолитті ақпараттық-білім беру жүйелерінің (АБЖ) шектеулерін еңсеру мәселесіне арналған. Зерттеудің мақсаты – заманауи цифрлық педагогиканың талаптарына жауап бере алатын жаңа буындағы АБЖ архитектурасының кешенді концептуалды моделін әзірлеу және негіздеу. Әдіснама ретінде жүйелік талдау, EdTech стандарттарының салыстырмалы талдауы және модельдеу әдісі қолданылды. Негізгі нәтиже – микросервистер, бұлттық технологиялар және «Нөлдік сенім» (Zero Trust) тұжырымдамасына негізделген көпдеңгейлі архитектура ұсынылды. Модельде функционалды қабаттардың өзара әрекеттесуі егжей-тегжейлі сипатталған: микро-фронтендтерге негізделген қолжетімділік арналары, API-шлюз, тәуелсіз сервистер жиынтығы, деректер мен аналитика қабаты. Ерекше назар жүйені қазіргі заманғы ашық стандарттар (LTI Advantage, xAPI, Caliper Analytics, Open Badges) негізінде біріктіруге аударылды. Ұсынылған тәсіл икемді, ауқымды және қауіпсіз цифрлық білім беру экожүйелерін құруға, сондай-ақ оқу аналитикасы мен жасанды интеллектке негізделген жекелеңдіруді енгізудің технологиялық негізін жасауға мүмкіндік беретіні тұжырымдалды.

Кілт сөздер: ақпараттық-білім беру жүйесі, микросервис архитектурасы, цифрлық білім беру экожүйесі, оқу аналитикасы, LTI, xAPI, Caliper, Zero Trust, EdTech, білім беру жүйелерін интеграциялау.

DESIGNING THE ARCHITECTURE OF INFORMATION AND EDUCATIONAL SYSTEMS: INTEGRATION APPROACHES AND STANDARDS

Shevchuk E.V.^{1*}

^{1*}*Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia*

**Corresponding author: evshevch@mail.ru*

Abstract

The article is dedicated to the pressing issue of overcoming the limitations of traditional monolithic Information-Educational Systems (IES). The research aims to develop and substantiate a comprehensive conceptual model for a next-generation IES architecture capable of meeting the challenges of modern digital pedagogy. The methodology involved systems analysis, a comparative analysis of EdTech standards, and modeling methods. The main result is a proposed multi-layered architecture based on the principles of microservices, cloud technologies, and the Zero Trust concept. The model provides a detailed description of the interaction between functional layers, including access channels based on micro-frontends, an API gateway, a set of independent services, and a data and analytics layer. Special attention is given to system integration based on modern open standards (LTI Advantage, xAPI, Caliper Analytics, Open Badges). It is concluded that the proposed approach enables the creation of flexible, scalable, and secure digital educational ecosystems, forming a technological foundation for implementing learning analytics and personalization based on artificial intelligence.

Keywords: information-educational system, microservice architecture, digital educational ecosystem, learning analytics, LTI, xAPI, Caliper, Zero Trust, EdTech, integration of educational systems.

Введение

Глобальная трансформация системы образования, ускоренная повсеместным внедрением цифровых технологий, ставит новые требования к базовой ИТ-инфраструктуре учебных заведений. Информационно-образовательные системы (ИОС), традиционно представленные монолитными платформами управления обучением (LMS), все чаще сталкиваются с вызовами, на которые их архитектура не способна дать адекватный ответ. Такие системы, будучи замкнутыми экосистемами, создают барьеры для интеграции сторонних инструментов, ограничивают возможности сбора детализированных данных для учебной аналитики и с трудом адаптируются к современным педагогическим моделям, таким как персонализированное обучение и микрообучение.

Возникает острая научная и инженерная проблема: существующие архитектурные подходы к проектированию ИОС не обеспечивают необходимой гибкости, масштабируемости и интероперабельности. Это приводит к технологическому отставанию, увеличению затрат на поддержку и неспособности реализовать потенциал образовательных данных. В ответ на этот вызов в индустрии EdTech формируется новый консенсус, основанный на переходе к распределенным, сервис-ориентированным моделям, облачным технологиям и открытым стандартам интеграции [1-5].

Анализ международной научной литературы, опубликованной с 2021 года, свидетельствует о консенсусе в академическом и экспертном сообществе: архитектура информационно-образовательных систем (ИОС) переживает фундаментальную трансформацию. Исследования направлены на преодоление ограничений традиционных, монолитных LMS. Ключевые направления этого процесса можно систематизировать следующим образом.

Первое направление – переход к облачным (Cloud-Native) и микросервисным архитектурам. Это доминирующий тренд, направленный на решение проблем масштабируемости и гибкости. В работе [6] представлен детальный анализ миграции университетской e-learning платформы в облачную среду. Авторы доказывают, что

применение микросервисов не только повышает отказоустойчивость системы, но и сокращает цикл разработки (time-to-market) для новых образовательных функций на 40%. Подобные архитектуры позволяют независимо масштабировать компоненты системы, например, сервис тестирования во время экзаменов, не затрагивая остальную инфраструктуру [7].

Второе направление – развитие концепции «Цифровой образовательной экосистемы» (Digital Learning Ecosystem). Этот подход смещает фокус с единой всеобъемлющей системы на гибкую интеграцию множества лучших в своем классе инструментов (best-of-breed). [7] определяют такую экосистему как «децентрализованную среду, компоненты которой связаны открытыми стандартами интероперабельности». Они утверждают, что будущее не за системами, которые пытаются делать всё, а за платформами, которые превосходно умеют интегрировать сторонние сервисы. Это подчеркивает критическую важность таких стандартов, как LTI Advantage, для обеспечения бесшовного взаимодействия.

Третье направление – построение архитектур, ориентированных на данные (Data-Driven Architectures), для поддержки искусственного интеллекта (ИИ). Современные ИОС рассматриваются как источники ценных данных для учебной аналитики. В работе [8] предлагают модель архитектуры, в центре которой находится «озеро образовательных данных» (Educational Data Lake). В эту модель стекаются данные из всех компонентов экосистемы с использованием стандартов xAPI и Caliper. На основе этих данных работают модули ИИ, отвечающие за адаптацию контента, предиктивную аналитику успеваемости и формирование персонализированных образовательных рекомендаций.

Проведенный анализ подтверждает, что предложенная тема находится на переднем крае мировых исследований. Однако, несмотря на глубину проработки отдельных аспектов, сохраняется заметный пробел:

- исследования по микросервисам фокусируются на технических преимуществах, но часто упускают из виду специфику стандартов интеграции.
- работы по экосистемам описывают высокоуровневую концепцию, но не предлагают конкретного технического проекта для ее реализации.
- модели, ориентированные на данные, глубоко прорабатывают слой аналитики, но не всегда увязывают его с вопросами безопасности и модульности клиентских приложений (микро-фронтендами).

Научная новизна работы заключается в синтезе этих трех направлений в единой, комплексной архитектурной модели. Предлагается не просто набор микросервисов, а целостный проект, где микросервисный бэкэнд сочетается с микро-фронтендным интерфейсом, экосистемный подход реализуется через полный стек современных стандартов (LTI, xAPI, Caliper, CLR), а безопасность обеспечивается проактивной моделью Zero Trust.

Методология исследования

Для разработки и обоснования новой архитектуры информационно-образовательной системы был применен комплексный подход, ядром которого является метод системного анализа. Данный метод был выбран ввиду сложности и многокомпонентности ИОС, что требует рассмотрения системы как единого целого с учетом всех взаимосвязей между ее элементами. Исследование было проведено в четыре последовательных этапа.

На первом этапе – структурной декомпозиции – была определена логическая структура современной ИОС. Система была разделена на шесть функциональных уровней: каналы доступа, API-шлюз, сервисы ИОС, интеграция и стандарты, данные и аналитика, безопасность и соответствие. Такая декомпозиция позволила изолировать и детально проанализировать требования к каждому архитектурному слою.

На втором этапе применялся сравнительный анализ ключевых технологических стандартов в сфере EdTech. Были рассмотрены и сопоставлены по функциональным возможностям, совместимости и зрелости такие спецификации, как LTI 1.3/Advantage, xAPI, Caliper Analytics, OneRoster, QTI 3.0 и Open Badges. Целью данного этапа был выбор оптимального стека технологий, обеспечивающего максимальную интероперабельность и функциональную полноту будущей системы.

Третий этап включал анализ рисков и нефункциональных требований. В рамках этого этапа были идентифицированы ключевые требования к безопасности, доступности и соответствию нормативным актам. Особое внимание было уделено анализу применимости архитектурной модели Zero Trust для защиты данных в распределенной среде, а также необходимости соответствия стандартам доступности (WCAG 2.2) и законодательству о персональных данных (с учетом специфики законов Республики Казахстан и европейского GDPR/AI Act).

На заключительном, четвертом этапе – этапе синтеза и моделирования – результаты предыдущих этапов были объединены в единую концептуальную модель. Была разработана и визуализирована интеграционная схема новой архитектуры ИОС, которая и является основным результатом данного исследования. Эта схема наглядно демонстрирует взаимосвязи между всеми компонентами системы, потоки данных и точки интеграции.

Таким образом, выбранная методология позволила обеспечить системный, всесторонний и обоснованный подход к проектированию предложенной архитектуры.

Результаты исследования

Ключевым результатом проведенного исследования является разработанная концептуальная модель архитектуры информационно-образовательной системы нового поколения. Модель, представленная на Рисунке 1, основана на многоуровневом, микросервисном подходе и включает в себя компоненты для обеспечения гибкости, интероперабельности и безопасности.

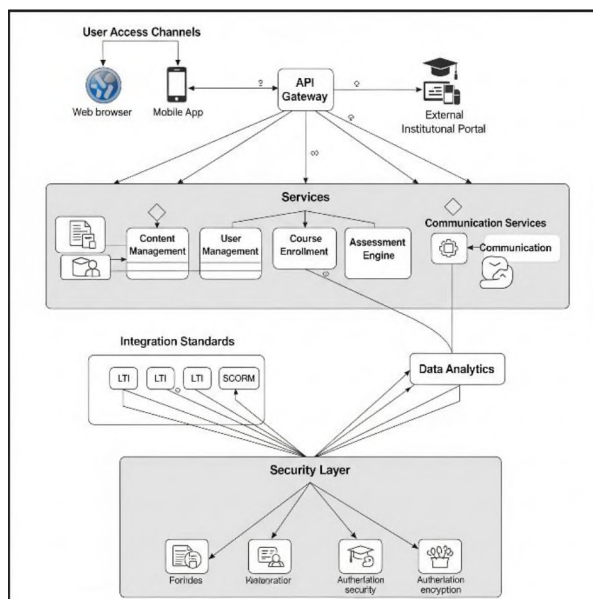


Рисунок 1. Схема интеграции компонентов новой архитектуры ИОС

Архитектура состоит из шести логических уровней, каждый из которых выполняет определенную функцию:

Уровень «Каналы доступа» (User Access). Это уровень взаимодействия пользователя с системой. Он включает в себя современные клиентские приложения: веб-интерфейс, построенный на технологии микро-фронтендов (MFE) или в виде PWA (Progressive Web App), нативные мобильные приложения и внешние образовательные инструменты, интегрируемые по стандарту LTI (Learning Tools Interoperability). Такой подход обеспечивает модульность и единство пользовательского опыта на разных устройствах.

Уровень «API-шлюз» (API Gateway). Служит единой точкой входа для всех клиентских приложений. Он решает три критические задачи: аутентификацию пользователей через протоколы единого входа (OIDC/SAML SSO), авторизацию запросов к внутренним сервисам с использованием стандарта OAuth 2.0, а также централизованный мониторинг, аудит и журналирование всех обращений к системе.

Уровень «Сервисы ИОС» (IOS Services). Ядро системы, реализованное в виде набора независимых и слабо связанных микросервисов. Каждый сервис отвечает за отдельную бизнес-функцию: управление курсами, проведение тестирования (с поддержкой стандарта QTI 3.0), ведение каталога курсов и интеграция с информационными системами учащихся (SIS) по стандартам OneRoster и CASE, коммуникационные сервисы и управление финансами.

Уровень «Интеграция и стандарты» (Integration and Standards). Этот слой обеспечивает семантическую и техническую интероперабельность как внутри системы, так и с внешним миром. Он включает реализацию протоколов LTI 1.3/Advantage для интеграции инструментов, а также хранилище учебных записей (LRS) для сбора данных об учебной активности по стандарту xAPI. Для продвинутой аналитики используется модель Caliper Analytics, а для цифровой сертификации – Open Badges и CLR (Comprehensive Learner Record).

Уровень «Данные и аналитика» (Data and Analytics). Здесь агрегируются, хранятся и обрабатываются данные, поступающие от сервисов. Уровень включает в себя озеро данных (Data Lake) или хранилище (DWH) для сбора сырых и структурированных данных, инструменты бизнес-аналитики (BI) для построения отчетов, а также слой с моделями машинного обучения (ML/AI), которые используются для персонализации контента, предиктивной аналитики и построения адаптивных траекторий обучения.

Уровень «Безопасность и соответствие» (Security and Compliance). Этот сквозной уровень определяет общие политики безопасности и соответствия нормативам. В его основе лежит архитектурный подход «Нулевого доверия» (Zero Trust), который предполагает проверку каждого запроса. Также он включает механизмы сквозного журналирования и аудита действий и обеспечивает соответствие требованиям цифровой доступности (WCAG 2.2) и законодательству о защите персональных данных.

Представленная модель является комплексным решением, которое систематизирует применение передовых технологий и стандартов для построения ИОС нового поколения.

Дискуссия

Предложенная в предыдущем разделе архитектура является не просто техническим решением, а концептуальным сдвигом от традиционных монолитных ИОС к гибким цифровым образовательным экосистемам. Анализ ее ключевых особенностей позволяет выделить ряд фундаментальных преимуществ, а также потенциальных вызовов при внедрении.

Ключевые преимущества архитектуры:

1) Радикальное повышение гибкости и масштабируемости. В отличие от монолитных систем (например, классических инсталляций Moodle или Blackboard), где любой компонент жестко связан с ядром, микросервисная архитектура позволяет разрабатывать, развертывать и масштабировать сервисы независимо. Это дает практические преимущества: например, во время сессии можно десятикратно увеличить ресурсы сервиса тестирования, не затрагивая производительность портала или системы управления курсами. Такая гранулярность обеспечивает не только техническую эффективность, но и организационную гибкость, позволяя быстрее пилотировать и внедрять инновационные образовательные инструменты.

2) Переход от замкнутой системы к открытой экосистеме. Фундаментальное преимущество предложенной модели – отказ от привязки к одному поставщику (vendor lock-in). Благодаря строгому следованию стандартам интероперабельности, таким как LTI 1.3/Advantage и OneRoster, учебное заведение может свободно подключать лучшие в своем классе инструменты от разных разработчиков. Система превращается из «коробочного продукта» в «платформу-интегратор», что соответствует современным концепциям NGDLE (Next Generation Digital Learning Environment), описанным в обзоре литературы.

3) Глубина и всесторонность учебной аналитики. Традиционные LMS собирают ограниченный набор данных (в основном, оценки и факты доступа к курсу). Предложенная архитектура, используя связку xAPI и Caliper Analytics с централизованным озером данных, позволяет собирать детализированную информацию о каждом шаге студента в цифровой среде – от просмотра видео и участия в симуляциях до активности на форумах. Именно этот богатый набор данных является необходимым топливом для моделей ИИ, позволяя перейти от простых рекомендаций к построению действительно адаптивных образовательных траекторий.

4) Проактивная модель безопасности «Нулевого доверия» (Zero Trust). В условиях распределенной экосистемы, где взаимодействуют десятки внутренних и внешних сервисов, классическая модель безопасности «периметра» становится неэффективной. Подход Zero Trust, заложенный в основу архитектуры, предполагает, что ни один компонент или пользователь не является доверенным по умолчанию. Каждый запрос проходит строгую проверку подлинности и авторизации, что кардинально повышает защищенность системы от внутренних и внешних угроз, что особенно важно при обработке чувствительных персональных данных студентов.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение подобной архитектуры сопряжено с рядом вызовов:

- повышенная сложность эксплуатации. Управление десятками микросервисов сложнее, чем администрирование монолитного приложения. Для решения этой проблемы необходимо использовать современные DevOps-практики и инструменты оркестрации контейнеров (например, Kubernetes), которые автоматизируют развертывание, мониторинг и масштабирование сервисов.

- требования к компетенциям команды. Внедрение и поддержка такой системы требуют от IT-специалистов новых навыков в области облачных технологий, CI/CD, интеграции и анализа данных. Это представляет собой вызов для традиционных IT-отделов университетов, однако в то же время является стимулом для их профессионального роста и трансформации из службы поддержки в центр цифровых инноваций.

- управление данными и соответствие законодательству. Сбор огромного массива детализированных данных об учебной активности требует разработки строгой политики управления данными (Data Governance). Необходимо обеспечить их анонимизацию, псевдонимизацию и соответствие требованиям законодательства о защите персональных данных, таких как GDPR в ЕС и Закон «О персональных данных и их защите» в Республике Казахстан. Этот аспект требует не только технических, но и серьезных организационно-правовых проработок.

В целом, предложенная архитектура представляет собой стратегическое вложение в будущее образовательной инфраструктуры, которое окупается за счет гибкости, открытости и возможностей для глубокой персонализации обучения.

Заключение

В настоящей работе была предпринята попытка решить актуальную проблему несоответствия традиционных монолитных архитектур ИОС требованиям современной цифровой педагогики. Основным результатом исследования стала разработка комплексной концептуальной модели архитектуры, основанной на синергии микросервисного подхода, открытых EdTech-стандартов и проактивной модели безопасности «Нулевого доверия».

Предложенная архитектура формирует технологический фундамент для создания гибких, масштабируемых и интероперабельных образовательных экосистем. Ее практическая значимость заключается в возможности преодолеть ограничения устаревших систем, обеспечив условия для глубокой персонализации обучения на основе данных и бесшовной интеграции лучших в своем классе образовательных инструментов.

Следует признать, что данная работа представляет собой концептуальную модель, и ее практическая реализация потребует дальнейших исследований. В качестве перспективных направлений для будущей работы можно выделить:

– разработку и развертывание прототипа (MVP) предложенной архитектуры для проверки ее жизнеспособности в реальных условиях.

– проведение нагрузочного тестирования для эмпирической оценки показателей масштабируемости и производительности.

– исследование влияния собранных xAPI-данных на эффективность моделей предиктивной аналитики и их реального воздействия на образовательные результаты студентов.

– внедрение подобных архитектур – сложный, но необходимый шаг на пути к построению подлинно цифровой, открытой и интеллектуальной образовательной среды будущего.

Литература:

1. ADL Initiative. Experience API (xAPI) [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://xapi.com> (дата обращения: 31.08.2025).
2. IEdTech Consortium. LTI, OneRoster, Caliper, Open Badges Specifications [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://www.imsglobal.org> (дата обращения: 31.08.2025).
3. Open edX. Architecture and MFES Documentation [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://docs.openedx.org> (дата обращения: 31.08.2025).
4. Moodle HQ. Moodle App and Scalability Guidelines [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://moodle.org> (дата обращения: 31.08.2025).
5. European Parliament. Artificial Intelligence Act [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://artificialintelligenceact.eu> (дата обращения: 31.08.2025).
6. Chen Y., Li Q., Wang J. Scalability and Resilience in E-Learning: A Case Study on Migrating a Monolithic LMS to a Cloud-Native Microservices Architecture // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2022. – Vol. 15, № 4. – С. 468–481.
7. Schmidt A., Meyer T. Beyond the Monolith: The Shift Towards Interoperable Digital Learning Ecosystems // Computers & Education. – 2023. – Vol. 198. – 104775.
8. Gupta R., Patel S. A Data-Driven Architecture for AI-Powered Personalized Learning at Scale // Journal of Learning Analytics. – 2024. – Vol. 11, № 1. – С. 19–35.

References:

1. ADL Initiative. Experience API (xAPI) [Electronic resource]. – 2023. – Available at: <https://xapi.com> (accessed 31.08.2025).
2. IEdTech Consortium. LTI, OneRoster, Caliper, Open Badges Specifications [Electronic resource]. – 2024. – Available at: <https://www.imsglobal.org> (accessed 31.08.2025).
3. Open edX. Architecture and MFES Documentation [Electronic resource]. – 2024. – Available at: <https://docs.openedx.org> (accessed 31.08.2025).
4. Moodle HQ. Moodle App and Scalability Guidelines [Electronic resource]. – 2023. – Available at: <https://moodle.org> (accessed 31.08.2025).
5. European Parliament. Artificial Intelligence Act [Electronic resource]. – 2024. – Available at: <https://artificialintelligenceact.eu> (accessed 31.08.2025).
6. Chen Y., Li Q., Wang J. Scalability and Resilience in E-Learning: A Case Study on Migrating a Monolithic LMS to a Cloud-Native Microservices Architecture // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2022. – Vol. 15, No. 4. – P. 468–481.
7. Schmidt A., Meyer T. Beyond the Monolith: The Shift Towards Interoperable Digital Learning Ecosystems // Computers & Education. – 2023. – Vol. 198. – 104775.
8. Gupta R., Patel S. A Data-Driven Architecture for AI-Powered Personalized Learning at Scale // Journal of Learning Analytics. – 2024. – Vol. 11, No. 1. – P. 19–35.

Information about the author:

Shevchuk E.V. – corresponding author, Associate Professor of the Department of Social, Cultural and Library Activities, Candidate of Technical Sciences, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; e-mail: evshevch@mail.ru.