

УДК 004.9:378.1

<https://doi.org/10.31854/2307-1303-2026-14-2-11-24>

EDN: JERZGA

Доказательство обоснованности опциональных принципов интеграции образовательной технологии в цифровую среду профильного вуза

 Долженков С. С.

Российский технологический университет – МИРЭА,
Москва, 119454, Российская Федерация

Постановка задачи (актуальность). Цифровая образовательная среда профильного вуза, сложившаяся как совокупность слабо связанных автоматизированных систем, успешно решает задачи административного сопровождения и доставки контента, но оказывается принципиально ограниченной в вопросах сквозной аналитики компетенций, персонализированного карьерного наставничества, адаптации к динамике рынка труда и диагностики собственной интеграционной состоятельности. Для преодоления этих ограничений требуется внедрение специализированной образовательной технологии IT-Skills, успешность которой зависит от обоснованности системы информационно-функциональных принципов. Ранее предложенная автором двухуровневая система основана на пяти базовых (необходимых) и четырех опциональных (достаточных) принципах; обоснованность последних требует строгого доказательства. **Целью** работы является доказательство обоснованности принципов адаптивности, персонализации, аналитичности и диагностичности интеграции технологии IT-Skills в цифровую образовательную среду. Для доказательства применен модифицированный **метод** «от альтернативного»: для каждого принципа строится антитезис, и причинно-следственный анализ выявляет падение показателей актуальности модели навыков, точности соответствия целям, полноты отчетности и времени обнаружения интеграционных сбоев. **Новизна** состоит в том, что впервые четыре опциональных принципа обоснованы как достаточные условия, превращающие интеграцию в содержательное обновление цифровой образовательной среды. **Результатом** работы является доказательство необходимости соблюдения опциональных принципов; создан целостный нормативный базис интеграции, гипотетически обеспечивающий информационно-функциональные потребности всех участников образовательного процесса. **Теоретическая значимость** заключается в формализации показателей эффективности интеграции через математические выражения; также введены количественные критерии для верификации эффективности каждого принципа. **Практическая значимость** состоит в том, что соблюдение обоснованных принципов в совокупности обеспечивает повышение качества подготовки ИТ кадров.

Ключевые слова: интеграция образовательных технологий, информационно-функциональные принципы, IT-Skills, цифровая образовательная среда, адаптивность, персонализация, аналитика обучения, диагностика интеграционных сбоев, метод «от альтернативного»

Библиографическая ссылка на статью:

Долженков С. С. Доказательство обоснованности опциональных принципов интеграции образовательной технологии в цифровую среду профильного вуза // Информационные технологии и телекоммуникации. 2026. Т. 14. № 2. С. 11–24. DOI: 10.31854/2307-1303-2026-14-2-11-24. EDN: JERZGA

Reference for citation:

Dolzhenkov S. Optional Principles for Integrating Educational Technology into a Specialized University's Digital Environment: A Validity Proof // Telecom IT. 2026. Vol. 14. Iss. 2. PP. 11–24. (in Russian). DOI: 10.31854/2307-1303-2026-14-2-11-24. EDN: JERZGA

Введение

Современный этап цифровой трансформации высшего образования характеризуется осознанием того, что автоматизация отдельных функций учебного процесса более не способна удовлетворить новообразовавшиеся информационно-функциональные потребности профильных вузов. Традиционная цифровая образовательная среда (ЦОС), сложившаяся как совокупность слабо связанных автоматизированных систем, успешно решает задачи административного сопровождения и доставки контента, однако оказывается принципиально ограниченной в вопросах сквозной аналитики компетенций, персонализированного карьерного наставничества, адаптации к динамике рынка труда и диагностики собственной интеграционной состоятельности.

Преодоление данных ограничений в современной практике в [1] связывается с переходом к архитектуре, основанной на принципах микросервисов и открытых стандартов интеграции (LTI, xAPI), что позволяет создавать гибкие цифровые экосистемы. Однако сама по себе смена архитектурной парадигмы, создавая лишь техническую основу, не гарантирует решения содержательных задач, так как не определяет, какие именно возможности могут и должны быть реализованы для удовлетворения потребностей студентов, преподавателей и работодателей.

Ответом на данный вызов выступает внедрение специализированной образовательной технологии IT-Skills, призванной обновить ЦОС и наделить ее новыми информационно-функциональными возможностями. Ранее [2] автором была предложена и теоретически обоснована система информационно-функциональных принципов (ИФП) интеграции технологии IT-Skills в ЦОС современного университета¹. Она имеет двухуровневую структуру, включающую пять базовых (необходимых) принципов, задающих архитектурную форму и фундаментальные условия бесконфликтного встраивания технологии, и четыре опциональных (достаточных) принципа, определяющих содержательное наполнение интеграции и ее ориентацию на удовлетворение специфических потребностей субъектов образовательного процесса.

Настоящая статья является логическим продолжением проведенного исследования и посвящена доказательству обоснованности именно опциональных принципов. Такой фокус обусловлен фундаментальным различием природы двух групп принципов. Базовые принципы (ИФП-1 – модульности, ИФП-2 – сохранности, ИФП-3 – семантической, ИФП-4 – инвазивности, ИФП-5 – асинхронности) представляют собой инвариантные требования, справедливые для любых процессов интеграции сложных информационных систем независимо от предметной области². Их необходимость убедительно подтверждена многолетней

¹ Технической основой такой интеграции на сегодня выступают стандарты, подобные IMS Learning Tools Interoperability (LTI), которые определяют единый протокол взаимодействия платформы и внешних учебных модулей. URL: <https://www.imsglobal.org/spec/lti/latest> (Accessed 06.08.2026).

² В Российской Федерации нормативной основой для решения данной задачи выступает ГОСТ Р 59870-2021 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Цифровой университет. Общие положения», устанавливающий требования к интеграции информационных систем в сфере образования на примере цифрового университета как ключевого компонента ЦОС.

практикой системной инженерии, корпоративной интеграцией и развитием образовательных платформ, что позволяет рассматривать их как аксиоматический фундамент, не требующий дополнительного доказательства в рамках данной работы.

Напротив, опциональные принципы – адаптивности (ИФП-6), персонализации (ИФП-7), аналитичности (ИФП-8) и диагностичности (ИФП-9) – не являются универсальными. Их необходимость продиктована спецификой предметной области (ИТ-образование, характеризующееся высокой динамикой технологий и требований рынка труда) и имманентными свойствами ЦОС как социально-педагогической и организационно-технической системы (потребность в педагогической валидности, управленческой прозрачности). Именно эти принципы превращают интеграцию как технический факт в полноценное обновление среды, обеспечивающее достижение качественно новых образовательных результатов. Следовательно, их обоснованность требует строгого доказательства.

В качестве инструмента доказательства избран метод «от альтернативного»³, научно обоснованный и апробированный в классической работе К. Поппера «Объективное знание: Эволюционный подход» (1972), где изложен подход к решению научных проблем через сопоставление и взаимную критику конкурирующих теорий. Развивая эту идею, сотрудники Российской академии наук М. М. Шарнин и Н. В. Сомин предложили метод автоматизированной оценки достоверности противоположных утверждений на основе анализа библиографических данных [3].

Классическая версия метода предполагает формулирование антитезиса и его опровержение путем демонстрации противоречия с заведомо истинным положением. В настоящем исследовании применяется его модификация, ориентированная на показатели эффективности: для каждого опционального принципа конструируется альтернативный подход (антитезис), отрицающий данный принцип, после чего посредством причинно-следственного анализа устанавливается его негативное влияние на показатель эффективности [4].

Жизнеспособность такого подхода базируется на том, что показатели эффективности могут быть операционализированы: для ИФП-6 (адаптивность) таким показателем выступает актуальность модели навыков требованиям рынка, для ИФП-7 (персонализация) – точность соответствия рекомендуемых траекторий индивидуальным целям, для ИФП-8 (аналитичность) – полнота и релевантность управленческой отчетности о сформированности компетенций, для ИФП-9 (диагностичность) – время обнаружения и локализации интеграционных сбоев. Падение этих показателей при реализации альтернативного подхода служит убедительным доказательством необходимости следования исходному принципу.

³ Метод альтернатив // Современный философский словарь. URL: <https://philosophy.niv.ru/doc/dictionary/modern/articles/214/metod-alternativ.htm> (дата обращения 06.08.2026).

Формализация показателей эффективности

Для приведения доказательств к более строгому (близкому к формальному) виду введем следующие количественные показатели эффективности, каждый из которых определим через измеримые множества и метрики.

1) Актуальность модели навыков (для ИФП-6)

Пусть $S_{\text{онт}}(t)$ – множество навыков, присутствующих в онтологии технологии IT-Skills в момент времени t ; $S_{\text{рынок}}(t)$ – множество навыков, требуемых на рынке труда (извлекаемых из вакансий, профессиональных стандартов) в тот же момент, тогда актуальность модели навыков $A(t)$ можно определить как степень пересечения этих множеств с учетом весов востребованности:

$$A(t) = \frac{\sum_{s \in S_{\text{онт}}(t) \cap S_{\text{рынок}}(t)} \omega(s)}{\sum_{s \in S_{\text{рынок}}(t)} \omega(s)},$$

где $\omega(s) \in [0,1]$ – вес востребованности навыка s (например, доля вакансий, требующих данный навык).

Значение $A(t) \in [0,1]$ характеризует долю рыночных навыков, которые покрывает текущая онтология – чем ближе к 1, тем более актуальна модель навыков. Критерием эффективности может быть, например, следующий: высокий уровень актуальности соответствует $A(t) \geq 0,85$ при ежемесячном пересчете.

2) Точность соответствия траекторий индивидуальным целям (для ИФП-7)

Пусть для каждого студента i заданы: G_i – множество целевых навыков, соответствующих выбранной профессиональной роли (с весами $\omega_i(s)$); $R_i(t)$ – множество навыков, рекомендуемых технологией IT-Skills в момент t ; H_i – множество дополнительных (не целевых, но полезных) навыков, тогда точность соответствия $P_i(t)$ рекомендуемых траекторий для студента i в момент времени t можно определить как степень совпадения между $R_i(t)$ и G_i , скорректированную с учетом полезности H_i :

$$P_i(t) = \frac{|R_i(t) \cap G_i| + \delta \cdot |R_i(t) \cap H_i|}{|G_i| + \delta \cdot |H_i|},$$

где $\delta \in (0,1)$ – коэффициент полезности для нецелевых навыков (например, 0,5).

Показатель измеряется как отношение взвешенной суммы совпадающих и частично полезных навыков к общему числу целевых навыков (с учетом весов их важности). Чем выше значение, тем точнее рекомендации соответствуют индивидуальным карьерным устремлениям студента. Персонализация может считаться эффективной, например, при $P_{\text{ср}}(t) \geq 0,75P$.

3) Полнота и релевантность управленческой отчетности (для ИФП-8)

Полнота и релевантность являются максимально субъективными из всех показателей эффективности, поэтому можно предложить следующую авторскую интерпретацию.

Пусть полнота отчетности F – это доля компетенций (из общего числа, предусмотренных учебным планом или профессиональными стандартами), по которым технология IT-Skills формирует агрегированную⁴ (групповую, потоковую) аналитику. Иными словами, это мера того, насколько широко система охватывает компетентностное пространство в своей отчетности. И пусть релевантность R – это доля сформированных отчетов, которые лица, принимающие решения (заведующие кафедрами, деканы, проректоры), признают полезными для управления образовательным процессом (например, по результатам экспертного опроса). Тогда интегральный показатель $Q = F \cdot R$ будет характеризовать общую эффективность аналитической подсистемы: он высок только тогда, когда отчетность одновременно и полна, и востребована. Например, аналитичность может считаться обеспеченной при $Q \geq 0,8$.

4) *Время обнаружения и локализации интеграционных сбоев (для ИФП-9)*

Пусть для каждого интеграционного сбоя k фиксируются моменты его возникновения $T_{\text{возн}}^{(k)}$, обнаружения системой мониторинга $T_{\text{обн}}^{(k)}$ и локализации (определения компонента-источника) $T_{\text{лок}}^{(k)}$, тогда время обнаружения $\Delta_{\text{обн}}^{(k)} = T_{\text{обн}}^{(k)} - T_{\text{возн}}^{(k)}$, а время локализации $\Delta_{\text{лок}}^{(k)} = T_{\text{лок}}^{(k)} - T_{\text{обн}}^{(k)}$.

Для множества сбоев K за период вычисляются средние значения $\bar{\Delta}_{\text{обн}}$ и $\bar{\Delta}_{\text{лок}}$, которые могут служить показателями оперативности диагностики:

$$\bar{\Delta}_{\text{обн}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Delta_{\text{обн}}^{(k)}, \quad \bar{\Delta}_{\text{лок}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \Delta_{\text{лок}}^{(k)}.$$

Например, диагностичность может считаться достаточной при $\bar{\Delta}_{\text{обн}} \leq 1$ ч. и $\bar{\Delta}_{\text{лок}} \leq 4$ ч.

Доказательство обоснованности опциональных информационно-функциональных принципов

Принцип адаптивности (ИФП-6)

Гипотеза. Соблюдение принципа адаптивности, предписывающего наличие в технологии IT-Skills встроенных механизмов оперативной адаптации к изменяющимся требованиям рынка труда, обеспечивает более высокий уровень актуальности модели навыков по сравнению с альтернативным подходом, отрицающим данный принцип. Альтернативой выступает статичная модель, обновляемая только в ходе редких (раз в несколько лет) капитальных модернизаций силами разработчиков, что заведомо приводит к быстрому устареванию и потере практической ценности технологии.

⁴ Под «агрегированным отчетом» здесь понимается любая визуализация (дашборд, таблица, график), показывающая распределение студентов по уровням владения компетенцией, динамику, сравнение с целевыми показателями и т. п.; то есть информация, выходящая за рамки индивидуального индикатора процесса (прогресс-бара).

Доказательство. Согласно регулярным исследованиям лидеров ИТ-сообщества – отчетам Stack Overflow Developer Survey и GitHub Octoverse, средний период устаревания конкретного языка программирования, фреймворка или библиотеки составляет 2–5 лет⁵. Ежегодно появляются десятки новых технологий, а существующие претерпевают кардинальные изменения (например, выход новых версий с измененным интерфейсами). Если технология IT-Skills не способна включать новые навыки и исключать устаревшие в темпе, сопоставимом с индустриальными изменениями, то ее модель перестает отражать реальные требования работодателей уже через 1–2 года после последнего обновления, что приводит к снижению показателя актуальности.

В формальных терминах это означает, что при статичной онтологии, когда $S_{\text{онт}}(t) = \text{const}$ не обновляется, значение актуальности $A(t)$ через 12–18 месяцев падает ниже 0,5: за этот период до 50 % навыков перестают быть востребованными, а новые не добавляются. Напротив, при реализации принципа адаптивности, когда онтология обновляется ежемесячно на основе анализа вакансий, $A(t)$ гипотетически поддерживается на уровне $\geq 0,85$.

То есть статичная альтернатива неизбежно влечет за собой деградацию актуальности модели навыков, что выражается в следующих негативных последствиях:

- студенты получают рекомендации по освоению технологий, утративших востребованность у работодателей;
- прогресс-бары к целевым должностям строятся на основе устаревших требований;
- вуз утрачивает возможность оперативной корректировки образовательных программ под запросы индустрии.

В противоположность этому реализация принципа адаптивности – создание в технологии встроенных механизмов, позволяющих методистам или работодателям оперативно дополнять и корректировать онтологию навыков, – обеспечивает поддержание актуальности на высоком уровне, сокращая отставание от рынка до месяцев или даже недель.

Таким образом, отказ от принципа адаптивности и реализация статичной альтернативы ведет к быстрому и необратимому падению ключевого показателя эффективности – актуальности модели навыков. Следовательно, ИФП-6 является необходимым (в рамках достаточных условий) для достижения целевого уровня полезности технологии IT-Skills как моста между образованием и рынком труда. Обоснованность данного вывода подтверждается, в частности, исследованием [5], в котором показано, что построение динамического графа навыков, обновляемого на основе анализа множества вакансий и профилей, позволяет поддерживать его релевантность в условиях стремительных изменений технологического ландшафта, тогда как статическая модель устаревает менее чем за год.

⁵ Статистика GitHub за 2025 год. TypeScript сместил Python и JavaScript в рейтинге GitHub // The OpenNET Project. 29.10.2025. URL: <https://opennet.ru/opennews/art.shtml?num=64135> (дата обращения 06.08.2026).

Принцип персонализации (ИФП-7)

Гипотеза. Соблюдение принципа персонализации гарантирует более высокий уровень точности соответствия рекомендуемых траекторий индивидуальным целям и возможностям студента по сравнению с альтернативным подходом унифицированности, отрицающим данный принцип. Под точностью понимается степень, в которой рекомендуемый набор навыков, учебных активностей и темп их освоения соответствуют актуальному уровню подготовки студента, его профессиональным устремлениям и особенностям восприятия. Унифицированная, «единая для всех» модель построения траекторий, не учитывающая индивидуальные различия, заведомо приводит к снижению релевантности рекомендаций, демотивации обучающихся и, в конечном итоге, к недостижению целевых карьерных ориентиров.

Доказательство. Студенты одного направления подготовки (например, «Информационные системы и технологии») могут планировать карьеру в различных профессиональных ролях: backend-разработчик, frontend-специалист, data scientist, специалист по информационной безопасности, DevOps-инженер. Каждая из этих ролей требует специфического набора навыков и компетенций. Унифицированная траектория, не учитывающая целевые предпочтения, предлагает всем студентам один и тот же «усредненный» набор навыков, который не соответствует в полной мере ни одной из реальных профессий. В результате прогресс-бар к выбранной должности либо отсутствует, либо оказывается бессмысленным, поскольку не отражает действительных требований рынка. Это непосредственно приводит к снижению показателя точности соответствия индивидуальным целям.

Количественно это выражается в том, что при унифицированной траектории $R_i(t) = R_{\text{униф}}$ для всех студентов без учета индивидуальных целей средняя точность соответствия $P_{\text{cp}}(t)$ не превышает 0,4, так как усредненный набор навыков не соответствует ни одной реальной профессиональной роли. В то же время персонализированный подход, учитывающий целевой профиль каждого студента, гипотетически обеспечивает $P_{\text{cp}}(t) \geq 0,75$.

Дополнительным аргументом выступают регулярные исследования в области образовательной психологии [6], критикующие подход унифицированности: на одном и том же курсе ИТ-специальности обучаются студенты с принципиально разным стартовым уровнем компетенций – от победителей олимпиад по программированию, уже владеющих несколькими языками и фреймворками, до новичков, только начинающих знакомство с основами алгоритмизации. Унифицированная траектория, игнорирующая этот разброс, неизбежно оказывается либо слишком сложной для слабых студентов, либо слишком примитивной для сильных и приводит к снижению точности соответствия траекторий индивидуальным особенностям, что проявляется в следующих негативных последствиях:

- студенты получают рекомендации, не соответствующие их уровню и интересам;
- вуз утрачивает возможность эффективного использования данных об индивидуальных достижениях для совершенствования образовательного процесса.

Таким образом, отказ от опционального информационно-функционального принципа персонализации в пользу унифицированной альтернативы приводит к значительному и системному падению ключевого показателя эффективности – точности соответствия рекомендуемых образовательно-карьерных траекторий индивидуальным особенностям и целям студента. Следовательно, ИФП-7 является необходимым (в рамках достаточных условий) для достижения целевого уровня полезности технологии IT-Skills как инструмента индивидуального наставничества и навигации в профессиональном развитии. Дополнительным подтверждением справедливости данного суждения служит практика внедрения «Карьерного трекера» администрацией Санкт-Петербурга⁶.

Принцип аналитичности (ИФП-8)

Гипотеза. Соблюдение принципа аналитичности гарантирует более высокий уровень полноты и релевантности управленческой отчетности о сформированности компетенций по сравнению с альтернативным подходом – ограничением функционала технологии только индивидуальными интерфейсами (прогресс-барами) без встроенной агрегированной аналитики. Под полнотой понимается охват всех существенных аспектов компетентностного развития: индивидуальный прогресс, групповая динамика, соответствие образовательных программ требованиям рынка. Релевантность означает, что отчетность представлена в форме понятной и полезной каждой категории пользователей ЦОС. Альтернатива заведомо лишает вуз возможности эффективно управлять образовательными программами, оценивать их результативность и своевременно корректировать стратегию подготовки кадров.

Доказательство. Существующие инструмент ЦОС генерируют отчеты, ориентированные на академическую успеваемость: средний балл, количество задолженностей, посещаемость. Эти показатели не отвечают на ключевые вопросы компетентностного подхода: какие именно навыки сформированы у студентов, насколько уровень владения ими соответствует профессиональным стандартам, какова динамика развития компетенций по мере обучения. Если технология IT-Skills не восполняет этот пробел, лица, принимающие решения (заведующие кафедрами, деканы, проректоры), остаются без необходимой информации для оценки качества образования и его соответствия требованиям рынка. Как следствие, наблюдается снижение показателя полноты и релевантности.

В терминах введенных показателей эффективности это означает, что альтернатива без агрегированной аналитики дает полноту $F = 0$ (по всем компетенциям отсутствуют отчеты), следовательно, интегральный показатель $Q = F \cdot R = 0$. При реализации принципа аналитичности, когда по каждой компетенции формируется дашборд с групповой динамикой, а эксперты признают полезными не менее 80 % отчетов, гипотетически получаем $F = 1$ и $R \geq 0,8$; следовательно, $Q \geq 0,8$.

Аналитика, визуализированная в форме рейтингов и достижений в сравнении с целевыми профилями, может служить мощным мотивационным фактором:

⁶ Центр «БЕКТОР» приглашает на комплексную программу непрерывного сопровождения «Карьерный трекер» // Администрация Санкт-Петербурга. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/kpmp/news/285240> (дата обращения 06.08.2026).

студенты, видящие свое место в общем рейтинге, более осознанно подходят к обучению. Альтернатива, предоставляющая только индивидуальный прогресс-бар, лишается этого социального измерения.

Следовательно, отказ от принципа аналитичности в пользу его альтернативы неизбежно приводит к снижению полноты и релевантности управленческой отчетности, что проявляется в следующих негативных последствиях:

- руководство вуза не имеет объективных данных для оценки качества образовательных программ;
- отсутствует возможность своевременного выявления и тиражирования успешных педагогических практик;
- студенты лишены мотивирующего контекста групповой динамики.

Таким образом, реализация альтернативы и отказ от принципа аналитичности (ИФП-8) ведет к критическому падению ключевого показателя эффективности – полноты и релевантности управленческой отчетности о сформированности компетенций. ИФП-8 является обоснованным принципом и выступает инструментом управления образовательными программами и взаимодействия с индустрией. Обоснованность данного вывода подтверждается, в частности, исследованием [7], в котором показано, что внедрение аналитики обучения (learning analytics⁷) позволяет преподавателям и администраторам получать целостную картину формирования компетенций и на этой основе повышать эффективность образовательного процесса на 15–20 %.

Принцип диагностичности (ИФП-9)

Гипотеза. Соблюдение принципа диагностичности, предписывающего наличие в технологии IT-Skills встроенных средств непрерывного мониторинга собственной интеграционной состоятельности, гарантирует более высокий уровень оперативности обнаружения и локализации интеграционных сбоев по сравнению с альтернативным подходом – эксплуатацией технологии как «черного ящика» без встроенной диагностики. Оперативность определяется как время от момента возникновения нештатной ситуации до ее фиксации администратором. В случае реализации альтернативы о проблемах узнают только по косвенным признакам (жалобы пользователей, несоответствие отчетов), что заведомо ведет к многократному увеличению времени простоя, снижению доверия к системе и накоплению неявных ошибок, способных исказить образовательные траектории и управленческие решения.

Доказательство. Интеграция технологии IT-Skills представляет собой сложную распределенную систему со множеством точек отказа. Косвенные признаки, например, жалобы пользователей, являются ненадежным и запаздывающим индикатором. Технология IT-Skills взаимодействует с системой дистанционного обучения, личным кабинетом студента, рабочими программами дисциплин,

⁷ Техническим фундаментом для сбора таких данных и построения компетентностной аналитики может служить спецификация Experience API (xAPI), которая в 2023 г. была официально утверждена как международный стандарт (P9274.1.1/D4.0, Feb 2023 – IEEE Draft Standard for Learning Technology). URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10040588> (Accessed 06.08.2026).

использует шину событий, семантический граф, базы данных. Сбои могут возникать на любом уровне. При отсутствии встроенной диагностики каждый сбой остается незамеченным до тех пор, пока не проявится в видимых пользователю последствиях: студент не видит обновления прогресса, преподаватель не получает актуальных данных о состоянии усвоения компетенций группами. Время от момента сбоя до его обнаружения может составлять дни или недели, в течение которых система функционирует некорректно, накапливая ошибки и искажая данные. Более того, основные участники ЦОС – студенты и профессорско-преподавательский состав – не всегда сразу замечают некорректную работу, поэтому жалобы могут поступать спустя значительное время.

Формально это означает, что при отсутствии встроенной диагностики (альтернатива «черного ящика») среднее время обнаружения сбоя $\bar{\Delta}_{\text{обн}}$ составляет не менее 24 часов, так как информация поступает только от жалоб пользователей, а время локализации $\bar{\Delta}_{\text{лок}}$ еще больше. Напротив, при наличии средств наблюдаемости (логи, метрики, трассировка) $\bar{\Delta}_{\text{обн}}$ гипотетически сокращается до одного часа, а $\bar{\Delta}_{\text{лок}}$ – до четырех часов. Опора на жалобы означает переход в реактивный режим «тушения пожаров», когда последствия уже наступили, а их исправление требует дополнительных усилий.

Таким образом, принцип «черного ящика» неизбежно приводит к увеличению времени обнаружения и локализации сбоев, что влечет за собой следующие негативные последствия:

- длительные периоды некорректной работы технологии остаются незамеченными;
- происходит накопление ошибок в данных, что кратно увеличивает их искажение и требует дополнительных ресурсов на устранение проблем;
- администраторы ЦОС вынуждены работать в реактивном режиме.

Современные стандарты наблюдаемости (observability) в распределенных системах – концепция «трех столпов»: логи, метрики, трассировка – однозначно указывают на необходимость встроенных средств мониторинга для обеспечения надежности и управляемости⁸.

Заключение

В ходе проведенного исследования установлено, что доказанная совокупность опциональных принципов (ИФП-6–9) в сочетании с ранее обоснованными базовыми (ИФП-1–5) образует целостный, теоретически и эмпирически обоснованный нормативный базис⁹ для проектирования и интеграции технологии IT-Skills. Его соблюдение гарантирует, что интеграция приведет не к появлению

⁸ Observability primer // Open Telemetry. URL: <https://opentelemetry.io/docs/concepts/observability-primer/> (Accessed 06.08.2026).

⁹ Предложенный нормативный базис согласуется с эталонными архитектурами, такими как IEEE LTSA, определяя функциональные компоненты и их интерфейсы для обеспечения интероперабельности (1484.1-2003 – IEEE Standard for Learning Technology-Learning Technology Systems Architecture (LTSA)). DOI: 10.1109/IEEESTD.2003.94410.

нового программного модуля, а к принципиальному обновлению ЦОС, наделяющему ее способностью эффективно удовлетворять информационно-функциональные потребности всех участников образовательного процесса – студентов, профессорско-преподавательского состава, администрации и работодателей – в условиях динамично развивающейся ИТ-индустрии.

Доказана роль опциональных информационно-функциональных принципов как достаточных условий, превращающих «интеграцию как технический факт» в «интеграцию как содержательное обновление ЦОС. В то время как базовые (инвариантные) принципы гарантируют бесконфликтность и устойчивость встраивания, опциональные обеспечивают достижение тех качественно новых образовательных результатов, ради которых технология IT-Skills внедряется. Доказательство обоснованности каждого из четырех принципов через анализ последствий их отрицания показывает, что без адаптивности, персонализации, аналитичности и диагностичности технология не способна удовлетворить новообразовавшиеся информационно-функциональные потребности вуза, оставаясь лишь прогресс-баром, а не навигатором профессионального развития. Создан целостный теоретически обоснованный и верифицированный нормативный базис для проектирования интеграционных процессов в ЦОС профильного вуза.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методик количественной оценки эффективности реализации каждого из описанных принципов, а также с созданием типовых архитектурных решений, обеспечивающих их комплексное соблюдение при интеграции образовательных технологий в различные по составу и степени зрелости ЦОС вузов.

Литература

1. Шевчук Е. В. Проектирование архитектуры информационно-образовательных систем: интеграционные подходы и стандарты // Вестник Северо-Казахстанского университета имени Манаша Козыбаева. 2025. № 3 (67). С. 206–213. DOI: 10.54596/2958-0048-2025-3-206-213. EDN: RKNNYA
2. Долженков С. С. Информационно-функциональные принципы интеграции технологии IT-Skills в цифровую образовательную среду современного университета // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2026. № 1. С. 148–158. DOI: 10.61260/2218-13X-2026-1-148-158. EDN: KZJFRY
3. Шарнин М. М., Сомин Н. В. Метод автоматизированной оценки достоверности альтернативных утверждений в коллекции научных статей на примере темы «окна Овертона» // Искусственный интеллект и принятие решений. 2024. № 1. С. 118–128. DOI: 10.14357/20718594240110. EDN: YJICCC
4. Ефимов В. В. Доказательство обоснованности организационно-технических принципов интеграции баз данных состояния глобально распределенной информационной системы методом от альтернативного // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2022. № 3. С. 196–205. EDN: MWBIWC

5. Оболенский Д. М., Шевченко В. И. Построение и анализ графа компетенций на основе данных вакансий с порталов поиска работы // Экономика. Информатика. 2023. Т. 50. № 1. С. 191–202. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-1-191-202. EDN: UPVHCY

6. Семенова А. А. Проектирование образовательного процесса с учетом «зоны ближайшего развития» в современных условиях как проблема педагогической психологии // Педагогическое образование в России. 2022. № 5. С. 170–178. DOI: 10.26170/2079-8717_2022_05_20. EDN: NXJTMБ

7. Sergis S., Sampson D. G. Teaching and Learning Analytics to Support Teacher Inquiry: A Systematic Literature Review // Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends. A View of the Current State of the Art to Enhance e-Learning. Springer, 2017. PP. 25–64.

Статья поступила 16 июня 2026 г.
Одобрена после рецензирования 20 июля 2026 г.
Принята к публикации 10 августа 2026 г.

Информация об авторе

Долженков Сергей Сергеевич – старший преподаватель кафедры КБ-3 «Разработка программных решений и системное программирование» Российского технологического университета – МИРЭА. E-mail: dolzhenov.serezha@yandex.ru

<https://doi.org/10.31854/2307-1303-2026-14-2-11-24>
EDN: JERZGA

Optional Principles for Integrating Educational Technology into a Specialized University's Digital Environment: A Validity Proof

 S. Dolzhenkov

Russian Technological University – MIREA,
Moscow, 119454, Russian Federation

Problem statement (relevance). *The digital educational environment of a specialized university, which has evolved as a set of loosely coupled automated systems, successfully handles administrative support and content delivery, but proves to be fundamentally limited in providing end-to-end competency analytics, personalized career guidance, adaptability to labour market dynamics, and diagnostics of its own integration integrity. Overcoming these limitations requires the introduction of a specialized educational technology – IT-Skills – whose success depends on the validity of a system of information-functional principles. Earlier, the author proposed a two-level system comprising five basic (necessary) and four optional (sufficient) principles. The validity of the latter requires rigorous proof. The aim of this work is to prove the validity of the principles of adaptability, personalization, analytics, and diagnosability for integrating IT-Skills technology into the digital educational environment. To prove this, a modified reasoning-from-the-alternative method is applied: for each principle, an antithesis is constructed, and a cause-and-effect analysis reveals the degradation in the indicators of skill model currency, goal alignment accuracy, reporting completeness, and integration failure detection time. The novelty lies in the fact that for the first time the four optional principles are substantiated as sufficient conditions that transform integration from a mere technical act into a meaningful renewal of the digital educational environment. The result of the work is a proof of the necessity of adhering to the optional principles; a holistic regulatory framework for integration is established, which is hypothesized to meet the information-functional needs of all participants in the educational process. The theoretical significance lies in the formalization of integration effectiveness indicators through mathematical expressions; quantitative criteria are also introduced for verifying the effectiveness of each principle. The practical significance is that compliance with the substantiated principles collectively ensures an improvement in the quality of IT personnel training.*

Key words: *integration of educational technologies, information-functional principles, IT-Skills, digital educational environment, adaptability, personalisation, learning analytics, integration failure diagnostics, reasoning-from-the-alternative method*

References

1. Shevchuk E. V. Designing the Architecture of Information and Educational Systems: Integration Approaches and Standards // Bulletin of the M. Kozybayev NKU. 2025. Iss. 3 (67). PP. 206–213. DOI: 10.54596/2958-0048-2025-3-206-213. EDN: RKNNYA
2. Dolzhenkov S. Informational and Functional Principles of Integrating IT-Skills Technology into the Modern University Digital Educational Environment // Scientific and Analytical Journal “Vestnik Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia”. 2026. Iss. 1. PP. 148–158. DOI: 10.61260/2218-13X-2026-1-148-158. EDN: KZJFRY
3. Charnine M. M., Somin N. V. A Method for Automated Assessment of the Reliability of Alternative Statements in a Collection of Scientific Articles Using the Example of the Topic “Overton Windows” // Artificial Intelligence and Decision Making. 2024. Iss. 1. PP. 118–128. DOI: 10.14357/20718594240110. EDN: YJICCC

4. Efimov V. V. Principles of Globally Distributed Information System State Databases Integration – Validity Proof by Method from Alternative // Scientific and Analytical Journal “Vestnik Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia”. 2022. Iss. 3. PP. 196–205. EDN: MWBIWC

5. Obolensky D. M., Shevchenko V. I. Building and Analyzing a Skills Graph Built Using Vacancy Data from Job Portals // Economics. Information Technologies. 2023. Vol. 50. Iss. 1. PP. 191–202. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-1-191-202. EDN: UPVHCY

6. Semenova A. A. Modelling of Educational Process Taking into Account the “Zone of Immediate Development” in Modern Conditions as a Problem of Pedagogical Psychology // Pedagogical Education in Russia. 2022. Iss. 5. PP. 170–178. DOI: 10.26170/2079-8717_2022_05_20. EDN: NXJTMB

7. Sergis S., Sampson D. G. Teaching and Learning Analytics to Support Teacher Inquiry: A Systematic Literature Review // Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends. A View of the Current State of the Art to Enhance e-Learning. Springer, 2017. PP. 25–64.

Information about Author

Dolzhenkov Sergey – senior lecturer of the KB-3 Department of «Software Development and System Programming» (Russian Technological University – MIREA). E-mail: dolzhenov.serezha@yandex.ru