

**ЦИФРОВАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА: АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К  
ФОРМИРОВАНИЮ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ  
ПОДДЕРЖКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ**

**Сайидов Фарух Асатуллоевич**

*Министерство высшего образования, науки и инноваций*

*Управление внедрения и цифровизации информационно-коммуникационных технологий,*

*ведущий специалист*

*E-mail: [f.sayidov@edu.uz](mailto:f.sayidov@edu.uz)*

**Хамдамов Уткир Рахматиллаевич**

*д.т.н., профессор*

*Министерства высшего образования, науки и инноваций*

*Управление внедрения и цифровизации информационно-коммуникационных технологий,*

*ведущий специалист*

*E-mail: [u.khamdamov@edu.uz](mailto:u.khamdamov@edu.uz)*

**DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19828824>**

***Аннотация.** В статье проведён сравнительный анализ научных подходов к формированию информационных пространств в сфере образования. Рассмотрены направления аналитики обучения, интеллектуального анализа образовательных данных, адаптивного обучения, онтологического моделирования и стандартов интероперабельности. Выявлен разрыв между алгоритмическим и сервисным уровнями существующих исследований и определена потребность в системном уровне — цифровой образовательной экосистеме, обеспечивающей формирование единого информационного пространства для поддержки индивидуальных образовательных траекторий. Предложены критерии оценки существующих подходов (фрагментация данных, полнота покрытия, оперативность интеграции) и определены нерешённые задачи, требующие разработки новых моделей и алгоритмов.*

***Ключевые слова:** Цифровая образовательная экосистема, единое информационное пространство, аналитика обучения, индивидуальные образовательные траектории, интеграция образовательных данных, адаптивное обучение.*

***Annotatsiya.** Maqolada ta'lim sohasida axborot fazolarini shakllantirish bo'yicha ilmiy yondashuvlarning qiyosiy tahlili o'tkazilgan. Ta'lim tahlili, ta'lim ma'lumotlarini intellektual tahlil qilish, adaptiv ta'lim, ontologik modellashtirish va interoperabellik standartlari yo'nalishlari ko'rib chiqilgan. Mavjud tadqiqotlarning algoritmik va servis darajalari o'rtasidagi uzilish aniqlangan va individual ta'lim trayektoriyalarini qo'llab-quvvatlash uchun yagona axborot fazosini shakllantiradigan tizimli daraja — raqamli ta'lim ekotizimi zarurati belgilangan.*

***Kalit so'zlar:** Raqamli ta'lim ekotizimi, yagona axborot fazosi, ta'lim tahlili, individual ta'lim trayektoriyalari, ta'lim ma'lumotlarini integratsiyalash, adaptiv ta'lim.*

***Abstract.** The article presents a comparative analysis of scientific approaches to the formation of information spaces in education. The directions of learning analytics, educational data mining, adaptive learning, ontological modeling, and interoperability standards are examined. The study identifies a gap between the algorithmic and service levels in existing research and establishes the need for a system-level solution — a digital educational ecosystem that forms a unified information space to support individual learning trajectories. Evaluation criteria (data fragmentation, coverage completeness, integration timeliness) are proposed and unresolved tasks requiring new models and algorithms are defined.*

***Keywords:** Digital educational ecosystem, unified information space, learning analytics, individual learning trajectories, educational data integration, adaptive learning.*

### Введение

Цифровая трансформация образования порождает потребность в целостном использовании образовательных данных. Рост числа информационных систем (HEMIS, LMS, MOOC, ERP), разнообразие форматов и семантики данных формируют системную проблему — отсутствие единого информационного пространства (ЕИП) образования [1]. Создание такого пространства необходимо для повышения качества управления и поддержки формирования индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ).

В Республике Узбекистан данная проблема проявляется особенно остро. Система HEMIS, внедрённая более чем в 200 вузах, обеспечивает учёт контингента и успеваемости, однако данные об учебной активности формируются в различных LMS (Moodle, Google Classroom и др.), результаты научной деятельности фиксируются в отдельных базах, а данные MOOC-платформ остаются за пределами институциональной инфраструктуры. Информация

об одном обучающемся распределена по 5–7 системам, что препятствует формированию целостного профиля и построению ИОТ.

Для оценки существующих подходов в настоящей работе используются три параметра, опирающихся на теорию качества данных [2] и интеграции информации [3]. Первый — **фрагментация данных** ( $F$ ): какова доля данных, остающихся изолированными в отдельных системах. Второй — **полнота покрытия** ( $C$ ), отражающая охват различных аспектов образовательной деятельности единой инфраструктурой. Третий параметр — **оперативность интеграции** ( $T$ ) — характеризует задержку между возникновением данных в источнике и их доступностью для аналитики.

### Анализ научных подходов

**Аналитика обучения (Learning Analytics).** Дж. Сименс [1] определил аналитику обучения как сбор, анализ и представление данных об обучающихся в целях оптимизации учебного процесса. Р. Фергюсон [4] систематизировала факторы её развития, а коллективная монография [5] охватила методы, приложения и перспективы направления. Д. Гашевич и др. [6] подчеркнули необходимость интеграции аналитики с теориями обучения. Тем не менее LA преимущественно ориентирована на данные отдельных платформ, что приводит к высокой фрагментации ( $F$ ). Жизненный цикл данных в рамках LA-исследований, как правило, не рассматривается (ограниченное  $C$ ), а вопросы согласованной работы множества ИС остаются за пределами данного направления ( $T$ ).

**Интеллектуальный анализ образовательных данных (EDM).** К. Ромеро и С. Вентура систематизировали методы извлечения знаний из образовательных данных — кластеризацию, классификацию, ассоциативный анализ [7] — и отметили конвергенцию EDM и LA [8]. Однако исследования сосредоточены на *алгоритмическом* уровне без рассмотрения *информационного* уровня: структуры, унификации и семантики данных. EDM предлагает инструментарий анализа, но не решает задачу формирования информационного пространства.

**Адаптивное обучение.** П. Брусиловский [9] предложил систематическое описание методов адаптивной гипермедиа, а совместно с Э. Миллан [10] расширил модели пользователя для адаптивных образовательных систем. Данные модели ориентированы на внутрисистемную адаптацию и не предполагают межсистемного профиля обучающегося, построенного на интеграции данных из HEMIS, LMS, MOOC и иных источников.

**Онтологическое моделирование.** Т. Грубер [11] определил онтологию как формальную спецификацию концептуализации. Т. Бернерс-Ли и др. [12] обосновали концепцию Semantic Web. Онтологии в образовании разрабатываются для отдельных аспектов (курсы, компетенции), но отсутствует целостная модель, охватывающая все типы данных информационного пространства вуза.

**Стандарты интероперабельности.** Спецификации LTI [13], Caliper [14] и xAPI [15] обеспечивают техническую интероперабельность, но не решают задач семантической интеграции — согласования справочников, классификаторов и моделей данных. Л. П. Макфэдиен и Ш. Доусон [16] показали возможности прогностического анализа данных LMS, однако данные из различных систем нередко остаются в «информационных силосах».

*Таблица 1 – Сравнительный анализ подходов к формированию информационных пространств*

Направление	Вклад	Применение	Ограничения (ЕИП)
LA Сименс (2013) Фергюсон (2012)	Определение LA; систематизация методов аналитики	Анализ данных LMS; дашборды	Одна платформа (F — высокая); нет жизненного цикла данных (C — низкая); нет согласования ИС (T — не решена)
EDM Ромеро, Вентура (2010, 2020)	Методы DM для образования	e-learning; прогноз успеваемости	Алгоритмический уровень; нет информационных моделей (F — не снижается; C — низкая T — не обеспечивается (работа со

			статическими датасетами))
Адаптивное обучение Брусиловский (2001)	Модели пользователя; адаптивная навигация	ITS; гипермедиа	Внутрисистемная адаптация; нет межсистемного профиля (F — высокая; C — ограниченная; T — только внутрисистемная)
Онтологии Груббер (1993)	Формальная спецификация концептуализации	Интеграция знаний	Фрагментарные онтологии образования (F — частично; C — низкая; T — не обеспечивается (статическая модель)
Стандарты LTI, xAPI, Caliper	Протоколы обмена данными	Интероперабельность LMS	Техническая без семантической интеграции (F — не решена; C — не охватывается; T — частично)

**Выявленный разрыв и нерешённые задачи**

Анализ выявляет разрыв между уровнями существующих исследований: направления оперируют либо на *алгоритмическом* уровне (EDM), либо на *сервисном* уровне (LMS, MOOC). При этом отсутствует **системный уровень** — уровень информационной архитектуры

цифровой образовательной экосистемы, обеспечивающий согласованное функционирование всех компонентов в рамках единого информационного пространства.

На основании анализа выделены следующие нерешённые задачи. До настоящего времени отсутствует информационная модель образовательных данных, способная снизить фрагментацию  $F$ . Задача управления жизненным циклом данных, от которой зависит полнота  $C$ , также не получила системного решения. Открытым остаётся вопрос алгоритмического обеспечения интеграции данных из HEMIS, LMS, MOOC и ERP с учётом оперативности  $T$ . Кроме того, требуют разработки алгоритмы анализа для поддержки ИОТ и архитектура системы ЕИП.

### Практические рекомендации

Для решения выявленных задач предлагается комплексный подход на системном уровне. Его основу составляет информационная модель ЕИП, построенная на онтологическом подходе, и сопряжённая с ней модель жизненного цикла данных. Алгоритмическое обеспечение включает процедуры сбора, актуализации и анализа данных из разнородных источников. Координация указанных компонентов реализуется через архитектуру ИС, что в совокупности позволит снизить  $F$ , повысить  $C$  и сократить  $T$ , создав основу для формирования ИОТ.

### Заключение

Анализ показал, что существующие решения в областях LA, EDM, адаптивного обучения и онтологического моделирования не обеспечивают целостности на системном уровне. Разрыв между алгоритмическим и сервисным уровнями обосновывает необходимость разработки цифровой образовательной экосистемы для поддержки ИОТ. Критерии оценки ( $F$ ,  $C$ ,  $T$ ) и формализация нерешённых задач определяют направление дальнейших исследований.

### Использованная литература:

1. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. – 2013. – Vol. 57, No. 10. – P. 1380–1400. DOI: 10.1177/0002764213498851.
2. Wang R.Y., Strong D.M. Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers // Journal of Management Information Systems. – 1996. – Vol. 12, No. 4. – P. 5–33. DOI: 10.1080/07421222.1996.11518099.

3. Lenzerini M. Data Integration: A Theoretical Perspective // Proceedings of PODS 2002. – New York: ACM, 2002. – P. 233–246. DOI: 10.1145/543613.543644.
4. Ferguson R. Learning analytics: drivers, developments and challenges // International Journal of Technology Enhanced Learning. – 2012. – Vol. 4, No. 5/6. – P. 304–317. DOI: 10.1504/IJTEL.2012.051816.
5. Handbook of Learning Analytics / C. Lang, G. Siemens, A. F. Wise, D. Gašević, A. Merceron (Eds.). – 2nd ed. – Vancouver: SoLAR, 2022. DOI: 10.18608/hla22.
6. Gašević D., Dawson S., Siemens G. Let's not forget: Learning analytics are about learning // TechTrends. – 2015. – Vol. 59, No. 1. – P. 64–71. DOI: 10.1007/s11528-014-0822-x.
7. Romero C., Ventura S. Educational Data Mining: A Review of the State of the Art // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C. – 2010. – Vol. 40, No. 6. – P. 601–618. DOI: 10.1109/TSMCC.2010.2053532.
8. Romero C., Ventura S. Educational data mining and learning analytics: An updated survey // WIREs Data Mining and Knowledge Discovery. – 2020. – Vol. 10, No. 3. – e1355. DOI: 10.1002/widm.1355.
9. Brusilovsky P. Adaptive Hypermedia // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2001. – Vol. 11, No. 1/2. – P. 87–110. DOI: 10.1023/A:1011143116306.
10. Brusilovsky P., Millán E. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems // The Adaptive Web. – Berlin: Springer, 2007. – P. 3–53. DOI: 10.1007/978-3-540-72079-9\_1.
11. Gruber T.R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5, No. 2. – P. 199–220. DOI: 10.1006/knac.1993.1008.
12. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American. – 2001. – Vol. 284, No. 5. – P. 34–43.
13. IMS Global. Learning Tools Interoperability (LTI) Core Specification, v1.3. – 2019. – URL: <https://www.imsglobal.org/spec/lti/v1p3/>.
14. IMS Global. Caliper Analytics Specification, v1.2. – 2019. – URL: <https://www.imsglobal.org/spec/caliper/v1p2>.
15. ADL Initiative. Experience API (xAPI) Specification, v1.0.3. – 2017. – URL: <https://github.com/adlnet/xAPI-Spec>.



16. Macfadyen L.P., Dawson S. Mining LMS data to develop an “early warning system” // Computers & Education. – 2010. – Vol. 54. – P. 588–599. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.09.008.