

УДК 004.6, 02.20, 004.7

<http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/119>

Шифр специальности ВАК: 2.3.4

Научная статья



Контекстно-зависимая интерпретация образовательных событий в системе адаптивного управления обучением

С.М. Левин[✉], В.В. Романенко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Российская Федерация, г. Томск

[✉]semen.m.levin@tusur.ru

Аннотация. Системы аналитики обучения фиксируют значительный объем поведенческих данных, однако одни и те же события могут отражать различные образовательные состояния в зависимости от дисциплинарного контекста, что снижает устойчивость адаптивных вмешательств. **Цель:** разработка контекстно-зависимой модели интерпретации образовательных событий в адаптивных образовательных системах. **Методы:** системный и сравнительный анализ, концептуальное моделирование, классификация контекстуальных модификаторов на материале учебно-проектной деятельности и маркетинга. **Научная новизна:** формализован интерпретационный слой между фиксацией события и принятием решения о вмешательстве; предложена схема «событие–контекст–интерпретация–оценка состояния–воздействие», учитывающая дисциплинарную специфику, динамику траектории и сочетания событий. **Результаты.** Выявлены пять групп образовательных событий, требующих различной интерпретации в зависимости от структуры дисциплины. Установлено, что универсальная логика «событие–вмешательство» порождает значительное число ложноположительных сигналов при анализе низкой активности в системах управления обучением и повторных попыток. Применение модели сокращает количество ложных сигналов и снижает когнитивную нагрузку на преподавателя. **Практическая значимость.** Модель применима при проектировании систем управления обучением, аналитических панелей и систем поддержки принятия решений.

Ключевые слова: интерпретация образовательных событий, адаптивное управление, аналитика обучения, дисциплинарный контекст, поддержка принятия решений

Для цитирования: Левин С.М., Романенко В.В. Контекстно-зависимая интерпретация образовательных событий в системе адаптивного управления обучением. Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика, 2026, Т. 3, № 2, С. 1–9. <http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/119>

Вклад авторов: С.М. Левин и В.В. Романенко – формирование концепции исследования, анализ литературы, разработка модели контекстно-зависимой интерпретации образовательных событий, подготовка текста статьи.

Использование средств ИИ: авторы заявляют о том, что при написании данной статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта

Конфликт интересов: отсутствует.

UDC 004.6, 02.20, 004.7

<http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/119>

Scientific paper

Context-sensitive interpretation of educational events in adaptive learning environments

S.M. Levin✉, V.V. Romanenko

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation

✉ semen.m.levin@tusur.ru

Abstract. Learning analytics systems capture substantial volumes of behavioural data; yet the same events may reflect different educational states depending on the disciplinary context, which undermines the robustness of adaptive interventions. **Aim.** To develop a context-sensitive model for the interpretation of educational events in adaptive educational systems. **Methods.** Systems and comparative analysis, conceptual modelling, and classification of contextual modifiers based on case studies of project-based learning and marketing. **Scientific novelty.** The authors have formalised the interpretive layer between event detection and intervention decision-making and proposed a schema «event–context– interpretation–state assessment–intervention», accounting for disciplinary specificity, trajectory dynamics, and event combinations. **Results.** The authors identified five groups of educational events that require different interpretation depending on the structure of the discipline. The universal «event–intervention» logic was found to generate a substantial number of false-positive signals when analysing low learning managing systems activity and repeated attempts. Application of the model reduces the number of false signals and lowers the cognitive load on the instructor. **Practical significance.** The model is applicable to the design of learning management systems, teacher-facing dashboards, and decision support systems.

Keywords: educational event interpretation, adaptive management, learning analytics, disciplinary context, decision support

For citation: Levin S.M., Romanenko V.V. Context-sensitive interpretation of educational events in adaptive learning environments. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Industrial Cybernetics*, 2026, vol. 3, no. 2, pp. 1–9. <http://doi.org/10.18799/29495407/2026/2/119>

Authors' contribution: S.M. Levin and V.V. Romanenko – statement of the research concept, literature analysis, development of the context-sensitive model for interpretation of educational events, and preparation of the manuscript.

Use of AI: AI was not used.

Conflict of interest: none.

Введение и актуальность

Цифровизация образования породила огромный массив данных. Системы управления обучением (англ. Learning Management System, LMS), адаптивные платформы и аналитические инструменты для преподавателей фиксируют практически каждый шаг обучающегося, а методы аналитики учебных данных всё активнее используются для прогнозирования рисков, выстраивания корректирующих воздействий и поддержки решений преподавателя [1–4]. В дело идёт многое: журналы событий LMS, частота входов, время работы с материалами, повторные попытки, навигационные маршруты, следы учебной активности и результаты оценивания [2, 5]. Считается, что подобная цифровая «летопись» позволяет рано замечать снижение вовлечённости, нарушения учебной траектории и появление затруднений [6–8]. Но чем дольше развиваются адаптивные системы, тем очевиднее становится обратная сторона: одни и те

же данные о поведении студента можно прочесть совершенно по-разному [2, 9, 10]. Н. Бергдаль с коллегами обращает внимание на то, что аналитика обучения почти всегда опирается на наблюдаемые показатели, тогда как механизмов их осмысления с учётом контекста в системах, как правило, нет [1]. К близкому выводу пришли Д. Жидких, М. Саарела и Т. Кяркяйнен: связь между поведением студента в LMS и его собственной оценкой навыков саморегуляции оказалась слабой [10]. Усугубляет ситуацию то, что одно и то же действие в разных условиях обучения может стоять за совершенно разными ситуациями – многое зависит от дисциплины, устройства курса и характера учебной деятельности студента [9, 11, 12]. 3. Чен и его коллеги показали, что добавление сведений о специфике учебных заданий заметно улучшает интерпретируемость данных по сравнению с анализом «сырых» показателей [11]. Э. Парк, Д. Ифенталер и Р. Клариана, в свою очередь,

обнаружили, что адаптивные аналитические панели по-разному влияют на саморегуляцию обучающихся – многое определяется тем, как организован курс и как устроена сама поддержка [9].

Отдельная «головная боль» – высокая доля ложных тревог и пропусков реальных проблем [1, 13]. М. Хлоста с коллегами выяснили, что заметная часть промахов прогнозной аналитики связана с тем, что алгоритмы просто не видят: семейных обстоятельств, занятости по работе, технических неполадок, особенностей того, как студент организует своё обучение [13].

И дело не только в точности прогнозов. Сами аналитические панели нередко добавляют преподавателю работы вместо того, чтобы её упростить: разбор сигналов превращается в самостоятельную задачу, требующую сил и времени [14–17]. С. Поздняков с коллегами обнаружили, что качество прочтения данных на панели сильно зависит от того, насколько преподаватель владеет визуальной грамотностью [14]. К похожим выводам приходят Ю. Лю, С. Ли-Культура и И. Амарасинге, изучавшие, как в крупных цифровых учебных средах растёт нагрузка по координации работы [15–17]. Сюда добавляется ещё одно обстоятельство – цифровая среда становится всё более разнородной. Различия в навыках саморегуляции, степени цифровой самостоятельности, исходной подготовке и в самих дисциплинах ведут к тому, что одинаковое поведение всё реже означает одно и то же [9, 10]. Особенно ярко это видно там, где курсы устроены по-разному. Скажем, многократные попытки выполнить задание в учебно-проектной деятельности (УПД) обычно означают итеративную доработку и не сигнализируют ни о каком риске, тогда как в других дисциплинах за тем же поведением может стоять реальная неустойчивость траектории. Поэтому всё актуальнее становится переход от привычной логики «отдельное событие – реакция» к моделям, способным учитывать одновременно дисциплинарный контекст, устройство учебного маршрута, зависимости между темами, особенностями саморегуляции, динамику и сочетания событий [6, 7, 12, 18]. Часть исследователей разрабатывает эту тему в логике кибернетических замкнутых моделей обучения. К. Глан, М. Шпехт и Р. Копер предложили многоуровневую архитектуру адаптивных систем с отдельным семантическим слоем между фиксацией событий и откликом системы [19]. По схожему пути идут К. Такии, Х. Лопес-Замбрано и М. Панек: они используют семантическое и онтологическое моделирование, чтобы сделать адаптивные системы более переносимыми и понятными [20–22]. Активно развивается и траекторный подход – он исходит из того, что риск надо искать не в отдельных событиях, а в самой динамике учебного пути студента [6, 7, 23, 24]. М. Сакр с коллегами показали, что неустойчивость траектории и признаки её «критического

замедления» оказываются более надёжными индикаторами риска, чем разрозненные поведенческие сигналы [6].

Получается, что вопрос о том, как именно прочитывать данные о поведении студента, выходит на первый план в задачах адаптивного управления учебным процессом. По мере роста разнородности обучающихся качество работы адаптивных систем всё меньше зависит от объёма собираемых данных и всё больше – от того, насколько разумно эти данные осмысливаются с учётом контекста. Отсюда и актуальность работы: нужна модель, которая позволит точнее трактовать учебные события и сделает реакцию системы более устойчивой даже при работе с очень разными по своей природе учебными траекториями.

Постановка проблемы

Современные адаптивные системы и платформы аналитики обучения работают в основном с тем, что цифровая среда фиксирует напрямую – действиями студента в LMS, повторными попытками сдать задание, просрочками, результатами оценивания, частотой входов, навигацией, временем работы с материалами [2, 5]. На этих данных строятся прогнозные модели, индикаторы риска и собственно механизмы реагирования [3, 6, 8]. Цепочка простая: отклонение в поведении – тревожный сигнал – корректирующее действие. Однако обзор литературы выявляет всё более ощутимый разрыв между фактом поведения и его реальным учебным смыслом [2, 10, 19]. Глан, Шпехт и Копер указывают на то, что между действиями студента и откликом системы зияет концептуальный зазор: система просто не имеет слоя, на котором поведение получало бы смысловую расшифровку перед тем, как превратиться в команду действовать [19]. К той же мысли приходят А. Пернас и Ж. Оливейра, занимавшиеся распознаванием учебных ситуаций в адаптивных средах [25]. Проблема особенно остра там, где система реагирует на изолированные события без оглядки на обстоятельства [1, 2]. Падение активности в LMS, к примеру, обычно прочитывается как уход студента из процесса. Но Хлоста с коллегами показывают: большая часть таких сигналов порождена факторами, которых нет в журналах событий LMS [13]. То же и с повторными попытками – их часто трактуют как симптом нестабильности, хотя в ряде дисциплин это просто рабочая норма итеративной доводки решения [9]. Анализ показывает, что прочтение поведения сильно зависит от того, как устроена дисциплина, какие в ней зависимости между темами, как работает саморегуляция конкретного студента, как меняется его траектория и в какой среде всё это происходит [10, 11, 23]. Чен с коллегами продемонстрировали, что данные становятся куда полезнее, если их сопровождает информация об особенностях

учебных заданий [11]. Хэ и коллеги обнаружили, что журналы событий LMS естественным образом складываются в несколько различных поведенческих измерений, и прогнозная ценность у них разная [2]. Иначе говоря, вне контекста учебные события прочесть нельзя. Сюда же примыкает и проблема нагрузки на преподавателя. Панели поставляют ему всё больше сигналов, требующих ежедневного разбора [14–17], но смысловой поддержки для принятия решений почти не дают [14, 16]. С. Поздняков с коллегами показали, что прочтение данных на панели всерьёз зависит от визуальной грамотности педагога [14]. М. Сизель отмечает обратное: без контекстной учебной информации цифровые панели легко могут увести преподавателя по ложному следу [26].

Положение усугубляется и тем, что цифровая среда становится всё более «разношёрстной». Студенты различаются по уровню цифровой самостоятельности, навыкам саморегуляции, исходной подготовке и привычной для своей дисциплины манере учиться – а значит, одно и то же поведение всё реже несёт единый педагогический смысл [10]. На практике это выливается в целый набор хронических болячек: ложные тревоги, пропущенные риски, нестабильная логика реагирования, перегруженный преподаватель и модели, которые плохо переносятся с одного курса на другой [1, 13, 21]. Возникает потребность в модели, способной осмыслять учебные события с учётом контекста, выстраивать обоснованную реакцию, анализировать риски через динамику траектории, снижать смысловую неоднозначность данных и в целом делать адаптивное управление более устойчивым.

Исходное положение работы можно сформулировать просто: решение о вмешательстве не должно вытекать прямо из одного отдельно взятого события. Между его фиксацией и собственно реакцией нужен ещё один уровень – интерпретационный, на котором событие получает смысл с учётом дисциплины, устройства учебного маршрута и характера учебной деятельности студента [19–22].

Методы исследования и модель интерпретации образовательных событий

Работа опирается на системный подход к анализу цифрового учебного процесса. Главная посылка такая: учебное событие, зафиксированное системой, само по себе не имеет окончательного смысла. Его значение задаётся обстоятельствами, в которых оно возникло.

Использовались несколько методов: разбор научной литературы по адаптивным системам, анализе обучения, саморегуляции и преподавательским панелям; сравнительный анализ учебных событий в дисциплинах с разной организацией процесса; системное моделирование логики

реагирования; классификация событий и факторов, формирующих контекст; и, наконец, построение собственно модели контекстной интерпретации.

В центре внимания оказались учебные события, возникающие в цифровой среде и так или иначе сказывающиеся на траектории студента. Под событием здесь понимается зафиксированное системой изменение его поведения, способное стать поводом для реакции. Конкретно рассматривались: падение активности в LMS, повторные обращения к учебному материалу, повторные попытки выполнения заданий, нарушение сроков, отступление от заданной последовательности этапов и резкие колебания результатов промежуточного контроля. Внимание уделялось не только самим событиям, но и тому, как они прочитываются в разных учебных условиях.

Чтобы проверить, как работает модель, мы взяли две дисциплины с принципиально разной организацией процесса: УПД и маркетинг. Различия в устройстве курса и в характере того, чем заняты студенты, оказались здесь весьма заметными.

УПД устроена вокруг длинных циклов: результат вызревает не за одно занятие, многое зависит от самостоятельного планирования, этапы проекта тесно связаны между собой, а доработка зачастую идёт многими итерациями. Сама работа происходит в самых разных местах – от локальных сред разработки и систем совместной работы до офлайн-встреч проектной группы – то есть нередко вообще за пределами LMS. Поэтому отдельный поведенческий показатель здесь мало о чём говорит: если активность в системе дистанционного обучения упала, это вовсе не обязательно значит, что студент выпал из процесса.

Маркетинг устроен иначе: учебный маршрут здесь гибче, темы между собой связаны слабее, основная нагрузка – аналитическая, велика доля проектной и исследовательской работы, а варианты выполнения заданий разнообразны. Возвращение к материалу, долгая работа над одним заданием или повторные попытки часто оказываются нормальной частью аналитической работы и сами по себе не сигнализируют о каких-либо затруднениях.

Процесс прочтения учебных событий описывается следующей схемой:

$$E \rightarrow C \rightarrow I \rightarrow S \rightarrow A,$$

где E – образовательное событие; C – контекст возникновения события; I – интерпретация образовательного события; S – оценка образовательного состояния обучающегося; A – адаптивное управленческое воздействие (рис. 1).

В отличие от привычной логики, где реакция следует напрямую за событием, здесь между фиксацией и решением встаёт отдельный смысловой уровень.

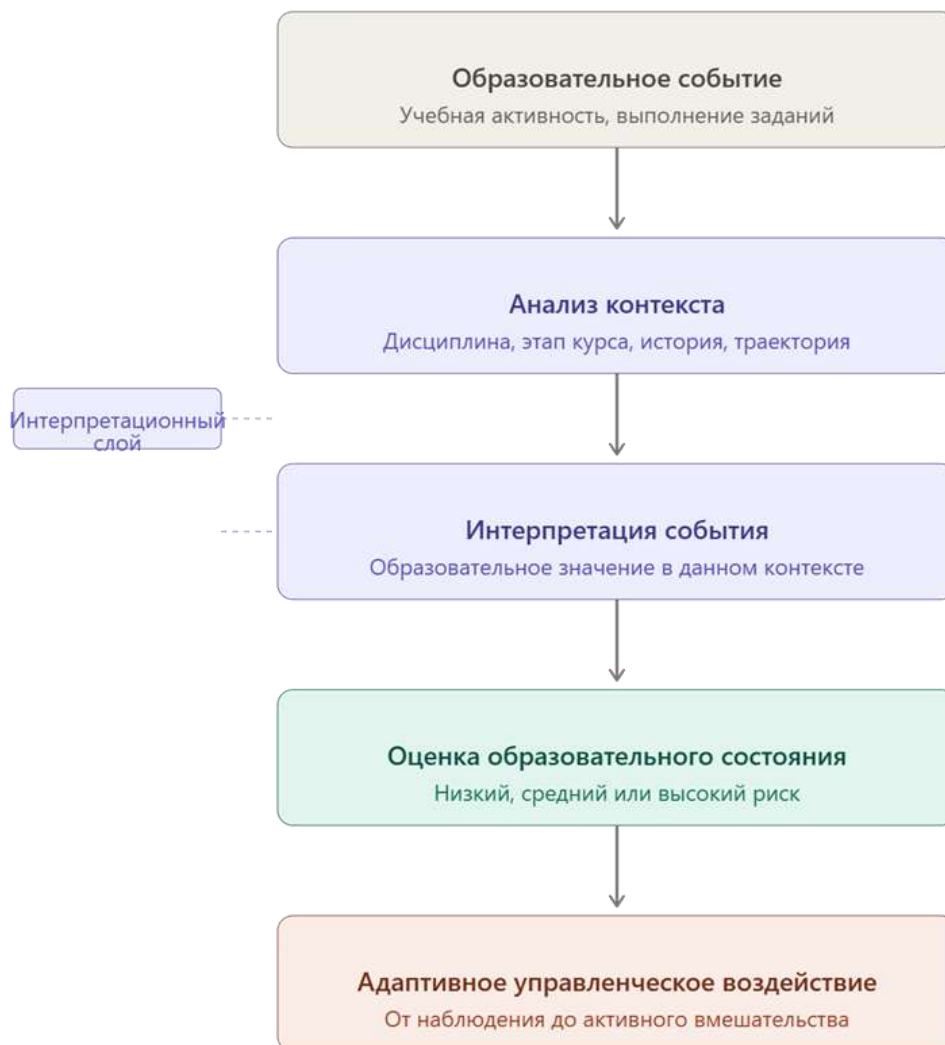


Рис. 1. Контекстно-зависимая модель интерпретации образовательных событий
Fig. 1. Context-sensitive model for the interpretation of educational events

В роли таких контекстных факторов использовались шесть параметров. Первый – тип дисциплины: как устроен сам процесс обучения, как связаны темы, чем заняты студенты. Второй – устройство учебной траектории: насколько последующие этапы зависят от того, как пройдены предыдущие. Третий – этап курса: одно и то же событие в начале и в конце имеет разный управленческий вес. Четвёртый – история конкретного студента: что

происходило раньше, какие реакции уже применялись. Пятый – саморегуляция: способен ли студент сам удерживать траекторию и справляться с трудностями. И шестой – особенности цифровой среды: насколько большая часть его работы вообще видна в LMS.

Сводное сопоставление того, как одни и те же события прочитываются в УПД и в маркетинге, представлено в таблице.

Таблица. Интерпретация образовательных событий в различных дисциплинарных контекстах
Table. Interpretation of educational events in different disciplinary contexts

Образовательное событие	Учебно-проектная деятельность (УПД)	Маркетинг
Повторное обращение к материалу	Уточнение структуры проекта или итеративная доработка	Аналитическая проработка материала
Повторные попытки выполнения задания	Корректировка проектного решения или нарушение логики выполнения этапов	Доработка аналитического решения
Нарушение сроков сдачи работы	Риск нарушения общей траектории проекта	Локальное нарушение сроков выполнения
Низкая активность в LMS	Работа вне платформы или потеря контроля над проектом	Самостоятельная аналитическая работа
Резкое снижение результатов	Накопление ошибок в структуре проекта	Влияние сложности задания или изменения формата работы

Сама процедура выстроена в четыре шага. Сначала фиксируется событие. Затем разбирается контекст: дисциплина, место в учебном маршруте, история активности, ранее применённые меры. Далее уточняется учебный смысл события. И, наконец, по трёхуровневой шкале оценивается состояние студента – низкий, средний или высокий риск. Низкий означает, что угрозы для траектории нет; средний – что стоит понаблюдать и, возможно, мягко подстраховать; высокий – что нужна активная реакция.

Зависимость уровня риска от события и контекста описывается следующей формулой:

$$R=f(E, C_a, C_t, H, L),$$

где R – уровень образовательного риска; E – образовательное событие; C_a – дисциплинарный контекст; C_t – этап прохождения курса; H – история образовательных событий; L – характеристики образовательной траектории обучающегося (рис. 2).

Эта запись не статистическая прогнозная модель, а компактное описание того, как контекст влияет на прочтение события. В работе она использовалась для сопоставления учебных сценариев и проверки

того, насколько устойчиво ведёт себя логика реагирования, когда обучающиеся разные.

Результаты исследования

Применение контекстной модели подтвердило исходную гипотезу: одни и те же поведенческие показатели в разных условиях обучения ведут к существенно разным управленческим выводам и требуют разных стратегий реагирования. Самые заметные расхождения дала четвёрка ситуаций: слабая активность в LMS, повторные попытки выполнения заданий, просроченные сдачи и сочетания нескольких событий разом.

Интерпретация низкой активности в LMS. Реагирование на падение активности в LMS по универсальной логике даёт большое количество ложных тревог.

В УПД отсутствие студента в LMS на протяжении нескольких дней редко означает, что результаты обучения ухудшаются. Анализ траектории показывает, что в это время студенты, как правило, продолжают работать над проектом: разрабатывают решения, готовят промежуточные материалы, обсуждают проект в группе, пользуются внешними цифровыми инструментами.

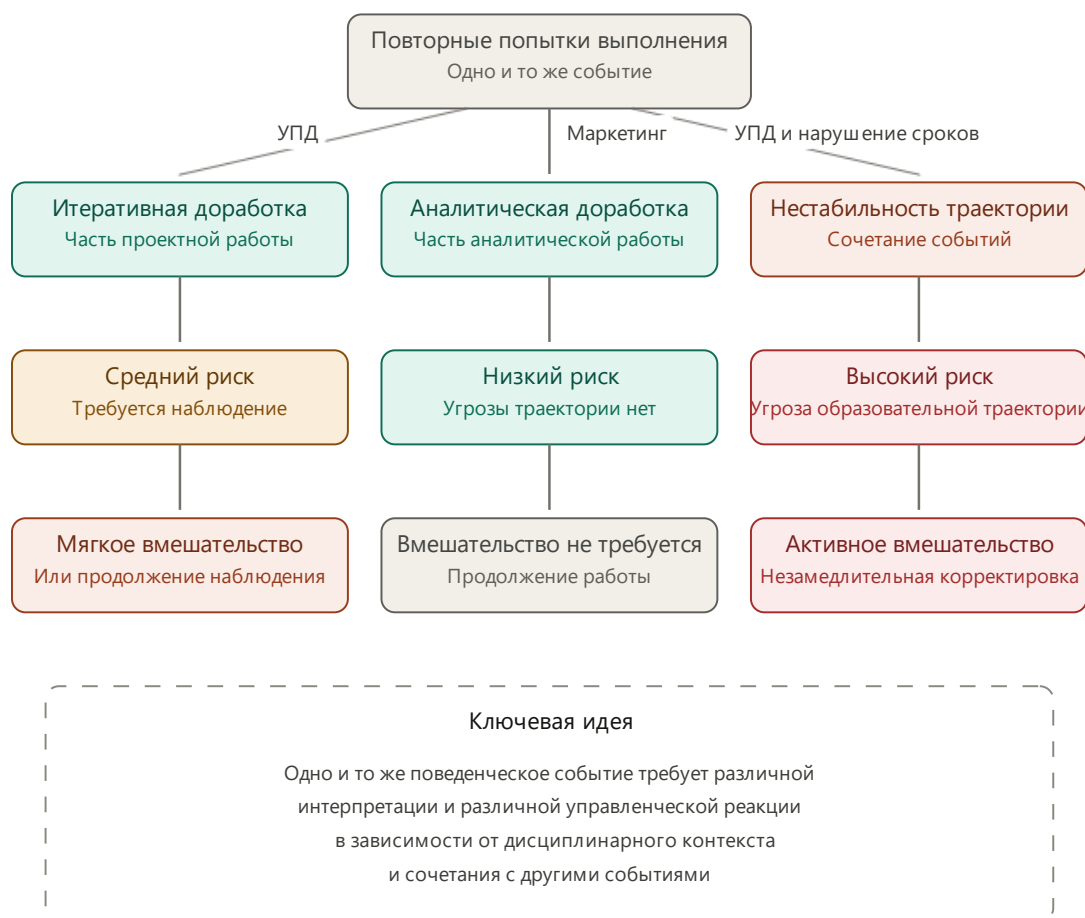


Рис. 2. Различия интерпретации образовательных событий в зависимости от дисциплинарного контекста
Fig. 2. Differences in the interpretation of educational events depending on the disciplinary context

Универсальная система, не видя этого, расценивает такую тишину как уход из процесса – рассылает уведомления, поднимает статус риска, сигнализирует преподавателю о возможном выпадении.

Контекстная модель прочитывает ту же ситуацию иначе. Если рядом нет тревожных признаков – сроки этапов не нарушены, промежуточные результаты появляются, траектория не разрывается – падение активности в LMS считается допустимой нормой. Поток ложных тревог в результате заметно сократился.

В маркетинге пауза в LMS тоже не обязательно ведёт к ухудшению результатов, но устроена иначе. Студенты обычно работают с внешними аналитическими материалами, разбирают кейсы, готовят презентации, дорабатывают проектные решения за пределами платформы. Однако, если затяжное снижение активности сопровождается просрочками и отсутствием промежуточных результатов, перед нами уже, как правило, реальное нарушение траектории.

Интерпретация повторных попыток. С повторными попытками выполнения заданий картина похожая, но со своими нюансами. В УПД они обычно вписаны в итеративную работу: студенты меняют структуру решения, перерабатывают архитектуру проекта, перераспределяют задачи, заново подают промежуточные результаты после консультаций – и качество проекта при этом постепенно растёт. Сами по себе несколько попыток в такой ситуации поводом для активной реакции не являются. Зато если попытки идут в связке с просрочками, повторными провалами и отсутствием признаков прогресса – это уже всерьёз похоже на потерю управляемости. Контекстная модель именно это и улавливает: к одиночным повторам она терпима, а вот к их сочетанию с другими тревожными сигналами чувствительна.

В маркетинге повторные попытки чаще всего связаны с уточнением стратегии, переработкой аналитических выводов, перестройкой структуры проекта, корректировкой презентационных решений. Универсальная логика принимает это за неустойчивость траектории, хотя реального риска тут, как правило, нет.

Интерпретация просроченных сдач. Самый высокий уровень риска проявился при анализе просрочек в УПД. В проектах, где этапы плотно завязаны друг на друга, срыв одного элемента работы тянет за собой смещение сроков последующих, копится организационные проблемы, ломает координацию внутри группы и в итоге расшатывает всю траекторию. Но и здесь изолированная просрочка без других тревожных симптомов далеко не всегда оказывается критичной. Контекстная модель как раз и позволяет различить локальное нарушение сроков и системный сбой. В маркетинге эффект от просрочек выражен куда слабее – курс устроен гибче, а этапы работы связаны между собой свободнее.

Применение контекстно-зависимой логики вмешательства. Контекстная интерпретация меняет саму логику адаптивного управления. Раньше реакция включалась сразу же после фиксации события: отсюда и обилие ложных тревог, и постоянная перегрузка преподавателя, и шквал автоматических уведомлений, и общая шаткость управления. Интерпретационный слой даёт логике опору в виде дисциплинарного контекста, сочетания событий, динамики траектории и истории прежних реакций. Самый заметный эффект как раз и достигается на сочетаниях. Сама по себе низкая активность в LMS обычно вмешательства не требует. А вот когда к ней добавляются просрочка и отсутствие признаков прогресса – риск нарастает, и реагировать действительно нужно.

Сопутствующим эффектом стало то, что преподавателю приходится разбираться с заметно меньшим числом «горящих» событий. Контекстная модель убрала избыток ложных сигналов и сделала преподавательскую аналитику устойчивее. Иначе говоря, эффективность адаптивного управления определяется не количеством зафиксированных событий, а тем, насколько система умеет соотносить событие с конкретной траекторией конкретного студента.

Выводы

События, которые фиксирует цифровая среда, не имеют единого заранее известного учебного значения. Их прочтение всегда требует поправки на контекст – дисциплину, устройство траектории, этап курса и историю предыдущих действий студента.

Одно и то же поведение в разных дисциплинах может означать совсем разные ситуации – а значит, и реакции на него должны быть разными. Логика «событие–действие» без оглядки на контекст плодит ложные тревоги, особенно в курсах с большой долей самостоятельной и проектной работы, при анализе слабой активности в LMS и повторных попыток.

На прочтение события сильнее всего влияют: тип дисциплины, устройство учебного маршрута, зависимости между темами, история поведения студента и особенности его саморегуляции. Само по себе одно событие редко бывает достаточным поводом для активной реакции – надёжнее смотреть на сочетания событий и на то, как меняется траектория во времени.

Предложенная модель собирает воедино разбор события, набор контекстных факторов, интерпретационный слой, оценку состояния обучающегося и собственно логику реагирования. На практике она сокращает поток ложных тревог, делает управление устойчивее, разгружает преподавателя и одновременно повышает чувствительность к опасным сочетаниям событий.

Качество адаптивных систем определяется не только тем, сколько данных они собирают, но и тем, как они эти данные осмысливают. Результаты исследования обосновывают переход от прямой логики «событие→реакция» к более содержательной цепочке «событие→ контекстная интерпретация→оценка состояния→адаптивное действие».

Заключение

Цифровизация образования существенно усложнила задачи адаптивного управления. Рост объёма данных и распространение систем аналитики обучения дали возможность подробно отслеживать учебную активность – но вместе с этим обнажили проблему: одни и те же события можно прочесть очень по-разному. Исследование показало, что вне контекста их вообще нельзя оценивать. Прочтение зависит от устройства дисциплины, характера траектории, особенностей саморегуляции, связей между темами, организации работы. Самые яркие различия проявились при разборе слабой активности в LMS, повторных попыток и просрочек в УПД и маркетинге. Логика реагирования, не учитывающая контекст,

порождает массу ложных тревог и расшатывает устойчивость адаптивного управления.

В работе предложена контекстная модель интерпретации учебных событий, включающая отдельный смысловой уровень между фиксацией события и решением о реакции. Модель учитывает дисциплинарный контекст, динамику траектории и сочетания событий при оценке риска. На практике она повышает точность решений о вмешательстве, сокращает поток ложных тревог, делает управление устойчивее и разгружает преподавателя, работающего с аналитикой. Дальнейшее развитие адаптивных систем требует движения от анализа отдельных поведенческих показателей к более содержательным моделям прочтения событий. По мере того, как обучающиеся становятся всё более разными, именно интерпретационный слой превращается в один из ключевых элементов адаптивного управления. Предложенная модель может стать отправной точкой для разработки контекстно-чувствительных адаптивных систем и систем поддержки принятия решений в цифровой образовательной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Bergdahl N., Bond M., Sjöberg J., Dougherty M., Oxley E. Unpacking student engagement in higher education learning analytics: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2024, vol. 21, no. 1, art. 63. DOI: 10.1186/s41239-024-00493-y EDN: JJPDM
2. He S., Bulut O., Cui Y., Wongvorachan T. Uncovering dimensions of learning management system event logs: insights from exploratory factor analysis, psychometric network analysis, and consensus hierarchical clustering. *Chinese/English Journal of Educational Measurement and Evaluation*, 2025, vol. 6, no. 1, art. 7. DOI: 10.59863/fzm7818 EDN: TGMURN
3. Kennedy J., Gabriel F., Korolkiewicz M., Rets I., Rienties B. Editorial: actionable learning analytics in education: an opportunity to close the learning loop. *Frontiers in Education*, 2025, vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1571177>
4. Sailer M., Ninaus M., Huber S.E., Bauer E., Greiff S. The end is the beginning is the end: the closed-loop learning analytics framework. *Computers in Human Behavior*, 2024, vol. 158, art. 108305. DOI: 10.1016/j.chb.2024.108305 EDN: DXBUTG
5. Cicchinelli A., Veas E.E., Pardo A., Pammer-Schindler V., Fessler A., Barreiros C., Lindstaedt S. Finding traces of self-regulated learning in activity streams. *The 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2018)*. 2018, pp. 191–200. DOI:10.1145/3170358.3170381
6. Saqr M., López-Pernas S., Tikka S., Wolfgang M., Spitzer H. Early warning signals appear long before dropping out: an idiographic approach grounded in complex dynamic systems theory. *Proceedings of the LAK26: 16th International Learning Analytics and Knowledge Conference*, 2026, pp. 216–226. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2602.00021>
7. Gupta A., Garg D., Kumar P. Mining sequential learning trajectories with hidden Markov models for early prediction of at-risk students in e-learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2022, vol. 15, no. 6, pp. 783–797. DOI: 10.1109/tlt.2022.3197486 EDN: VLQFPT
8. Alalawi K., Athauda R., Chiong R., Renner I. Evaluating the student performance prediction and action framework through a learning analytics intervention study. *Education and Information Technologies*, 2025, vol. 30, pp. 2887–2916. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12923-5>
9. Park E., Ifenthaler D., Clariana R.B. Adaptive or adapted to: sequence and reflexive thematic analysis to understand learners' self-regulated learning in an adaptive learning analytics dashboard. *British Journal of Educational Technology*, 2023, vol. 54, no. 1, pp. 98–125. DOI: 10.1111/bjet.13287 EDN: AGBYQK
10. Zhidkikh D., Saarela M., Kärkkäinen T. Measuring self-regulated learning in a junior high school mathematics classroom: combining aptitude and event measures in digital learning materials. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2023, vol. 39, no. 6, pp. 1834–1851. DOI: 10.1111/jcal.12842 EDN: DWUJHS
11. Chen Z., Xu M., Garrido G., Guthrie M.W. Relationship between students' online learning behavior and course performance: what contextual information matters? *Physical Review Physics Education Research*, 2020, vol. 16, no. 1, art. 010138. DOI: 10.1103/physrevphyseducres.16.010138 EDN: OLYUXK
12. Dziuban C.H., Howlin C., Moskal P., Johnson C., Eid M., Kmetz B. Adaptive learning: context and complexity. *E-mentor*, 2018, vol. 5, no. 77, pp. 13–23. DOI: <https://doi.org/10.15219/em77.1384>
13. Hlosta M., Zdrahal Z., Zendulka J. Ouroboros: early identification of at-risk students without models based on legacy data. *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, 2017, pp. 6–15. DOI: 10.1145/3027385.3027449

14. Pozdniakov S., Martinez-Maldonado R., Tsai Yi.Sh., Echeverria V., Swiecki Z., Gašević D. Investigating the effect of visualization literacy and guidance on teachers' dashboard interpretation. *Journal of Learning Analytics*, 2025, vol. 12, no. 1, pp. 367–390. DOI: 10.18608/jla.2024.8471 EDN: EKDEUM
15. Liu Y., Pozdniakov S., Martinez-Maldonado R. The effects of visualisation literacy and data storytelling dashboards on teachers' cognitive load. *Australasian Journal of Educational Technology*, 2024, vol. 40, no. 1, pp. 78–93. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.8988>
16. Lee-Cultura S., Sharma K., Giannakos M. N. Multimodal teacher dashboards: Challenges and opportunities of enhancing teacher insights through a case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2024, vol. 17, pp. 181–201. DOI: 10.1109/TLT.2023.3276848
17. Amarasinghe I., Vujovic M., Hernández Leo D. Towards teacher orchestration load-aware teacher-facing dashboards. *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, vol. 2610, pp. 7–10.
18. Rienties B., Boroowa A., Cross S., Kubiak C., Mayles K., Murphy S. Analytics4action evaluation framework: a review of evidence-based learning analytics interventions at the open university UK. *Journal of Interactive Media in Education*, 2016, no. 1, art. 2. DOI: <https://doi.org/10.5334/JIME.394>
19. Glahn C., Specht M., Koper R. Smart indicators to support the learning interaction cycle. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 2008, vol. 10, no. 1, pp. 1–20. DOI: 10.1504/IJCEELL.2008.016078
20. Takii K., Liang Ch., Ogata H. Information as interpretation: measuring learning behavior for knowledge insight. *IEEE Access*, 2025, pp. 124197–124210. DOI: 10.1109/access.2025.3583311 EDN: EQZMSY
21. López-Zambrano J., Lara J.A., Romero C. Improving the portability of predicting students' performance models by using ontologies. *Journal of Computing in Higher Education*, 2021, vol. 34, pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09273-3>
22. Paneque M., del Mar Roldán-García M., García-Nieto J. e-LION: data integration semantic model to enhance predictive analytics in e-Learning. *Expert Systems with Applications*, 2023, vol. 213, art. 118892. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.118892 EDN: FAGYJY
23. Saqr M., López-Pernas S. The longitudinal trajectories of online engagement over a full program. *Computers & Education*, 2021, vol. 175, art. 104325. DOI: 10.1016/j.compedu.2021.104325 EDN: VZPGBM
24. Saqr M., López-Pernas S. The dire cost of early disengagement: a four-year learning analytics study over a full program. *Technology-Enhanced Learning for a Free, Safe, and Sustainable World*. Eds. T. de Laet, R. Klemke, C. Alario-Hoyos, I. Hilliger, A. Ortega-Arranz. Cham: Springer, 2021. Vol. 12884, pp. 122–136. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-86436-1_10
25. Pernas A.M., De Oliveira J.P.M. Enabling situation-aware behavior in web-based learning systems. *30th International Conference of the Chilean Computer Science Society*. Curico, Chile, 2011. pp. 153–160. DOI: 10.1109/SCCC.2011.21
26. Cisel M. Digital dashboards for summative assessment and indicators misinterpretation: a case study. *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 2024, vol. 47, no. 1, pp. 86–112. DOI: <https://doi.org/10.53967/cje-rce.5269>

Информация об авторах

Семён Михайлович Левин, кандидат юридических наук, PhD, доцент, профессор кафедры автоматизированных систем управления Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40; semen.m.levin@tusur.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3470-6365>

Владимир Васильевич Романенко, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40; rva@2i.tusur.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4314-9967>

Поступила: 20.05.2026

Принята: 17.06.2026

Опубликована: 30.06.2026

Information about the authors

Semen M. Levin, Cand. Sci. (Jurisp.), PhD, Associate Professor, Professor, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; semen.m.levin@tusur.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3470-6365>

Vladimir V. Romanenko, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of the Automated Control Systems Department, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; rva@2i.tusur.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4314-9967>

Received: 20.05.2026

Revised: 17.06.2026

Accepted: 30.06.2026