

**ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВНИМАНИЕ
УЧАЩИХСЯ: НЕЙРОДИДАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

Казарян Аревик

*Кандидат педагогических наук, доцент,
Ереванский государственный университет,
Республика Армения
arev.ghazaryan@ysu.am
<https://orcid.org/0000-0003-0231-2844>*

Аннотация

Проблема истощения когнитивных ресурсов обучающихся в цифровых системах управления обучением (LMS) остается критическим барьером для эффективности высшего образования. Цель данного исследования – изучить влияние архитектуры цифрового образовательного контента на побочную когнитивную нагрузку и академическую успешность студентов на основе интеграции учебной аналитики и нейропедагогика. В работе применен объяснительный последовательный дизайн смешанного исследования. На количественном этапе проанализированы объективные цифровые следы (лог-файлы LMS Moodle и Google Classroom) и данные анкетирования (шкала Ф. Пааса) 150 студентов бакалавриата. Качественный этап включал тематический анализ полуструктурированных интервью ($n = 14$, где n – количество студентов).

Количественные результаты продемонстрировали, что нейродидактическая оптимизация контента достоверно снижает побочную когнитивную нагрузку (с 7.45 до 3.21 баллов, $p < 0.001$), параллельно увеличивая время устойчивого внимания с 8.4 до 22.3 минут. Множественный регрессионный анализ подтвердил, что побочная нагрузка является сильнейшим негативным предиктором успеваемости ($\beta = -0.41$).

Качественный анализ выявил феномены «навигационного хаоса» и когнитивной клаустрофобии, доказав, что для их преодоления необходимы стратегии визуального квантования, направляющей коммуникации и микромодульного дофаминового подкрепления. Научная новизна исследования заключается в преодолении разрыва между теорией когнитивной нагрузки и учебной аналитикой. Предложена эмпирически обоснованная концептуальная модель, доказывающая, что архитектура цифрового контента является не эстетическим, а фундаментальным нейропедагогическим инструментом. Практическая значимость работы состоит в разработке доказательных стандартов конструирования образовательных сред, обеспечивающих когнитивную жизнестойкость студентов в условиях обучения, управляемого данными.

Ключевые слова: *нейропедагогика; учебная аналитика; когнитивная нагрузка; системы управления обучением (LMS); цифровой образовательный контент; смешанное исследование.*

Введение

В эпоху беспрецедентной неопределенности и глобальных трансформаций высшее образование сталкивается с необходимостью радикального пересмотра своих фундаментальных подходов. Актуальность настоящего исследования продиктована стремительным переходом образовательных институтов к парадигме обучения, управляемого данными, что призвано обеспечить не только академическую результативность, но и

жизнестойкость образовательных сред в критических условиях (Aleksanyan, 2025). Массовое внедрение систем управления обучением и интеграция алгоритмов учебной аналитики создали иллюзию полного контроля над образовательным процессом. Тем не менее, эмпирический опыт свидетельствует о том, что обеспечение качества высшего образования посредством работы с большими данными сталкивается со скрытым, но мощным барьером – истощением когнитивных ресурсов обучающихся.

Перенос традиционных академических лекций в цифровую среду обостряет проблему педагогической коммуникации. В условиях виртуального дискурса традиционные модели передачи знаний теряют свою эффективность, требуя конструирования принципиально новых паттернов взаимодействия. Как показывает практика, функциональные различия между системами LMS и привычными для студентов социальными сетями формируют диссонанс в восприятии учебного материала, что неизбежно ведет к рассеиванию произвольного внимания и снижению внутренней мотивации. Следовательно, фокус современных педагогических исследований закономерно смещается от технологического детерминизма к пониманию нейробиологических основ декодирования экранной информации.

Интеграция когнитивной психологии, нейробиологии и инновационной педагогики привела к формированию нейрообразования – междисциплинарной области, рассматривающей процесс обучения как динамическую реорганизацию нейронных сетей под воздействием целенаправленных стимулов (Thomas et al., 2019). В контексте цифрового обучения центральным препятствием выступает неоптимальное распределение ментальных усилий. Согласно теории когнитивной нагрузки, объем рабочей памяти человека жестко лимитирован (Sweller, 2020; Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Для достижения глубокого понимания академических концепций необходимо минимизировать побочную когнитивную нагрузку, возникающую из-за неэффективного визуального и структурного дизайна учебных материалов (Mayer, 2014; Anderson, 2009).

Анализ литературы

Синтез современного научного дискурса позволяет классифицировать исследования по данной проблематике по трем доминирующим векторам.

Первый кластер работ посвящен институциональным аспектам применения учебной аналитики. Исследователи убедительно доказывают, что агрегация цифровых следов студентов в LMS позволяет прогнозировать их поведение и академическую успешность (Siemens, 2013; Dawson et al., 2014). В частности, обоснована решающая роль больших данных в системах внутреннего обеспечения качества университетов (Gevorgyan & Asatryan, 2025). Однако эти труды рассматривают данные преимущественно на макроуровне, оставляя за рамками микроанализ когнитивных процессов, происходящих в момент взаимодействия студента с конкретным элементом интерфейса.

Вторая группа исследований сфокусирована на педагогических аспектах вовлеченности и коммуникации в цифровой среде. Э. Каху (Kahu, 2013) подчеркивает, что академическая вовлеченность является многомерным конструктом, зависящим от эмоционального и поведенческого фона. Подтверждено, что стрессоустойчивость преподавателей и студентов, а также выстраивание правильных коммуникативных моделей критически важны для преодоления кризисных явлений в образовании. Более того, ожидания студентов от взаимодействия с LMS существенно отличаются от их паттернов поведения в социальных сетях, что требует особой педагогической тактики.

Тем не менее, в данных работах архитектура контента анализируется сквозь призму социокультурной адаптации, а не через нейродидактику.

Третий вектор интегрирует когнитивную психологию в оценку цифровых сред. Р. Майер (Mayer, 2014) и Дж. Свеллер (Sweller, 2020) заложили фундамент понимания того, как мультимедийная избыточность перегружает рабочую память. Эмпирические исследования показывают, что снижение визуального шума в онлайн-курсах достоверно повышает результаты обучения (Skulmowski & Xu, 2021), а формат подачи видеоматериалов напрямую коррелирует с устойчивостью внимания (Chen & Wu, 2015). Проблема заключается в том, что эти выводы базируются преимущественно на контролируемых лабораторных экспериментах и редко верифицируются на реальных массивах данных учебной аналитики.

Критический анализ научных источников выявляет фундаментальный междисциплинарный научный пробел. В современной науке отсутствует концептуальная и эмпирическая модели, объединяющие возможности учебной аналитики с законами теории когнитивной нагрузки для оценки архитектуры цифрового контента в естественных условиях. Подавляющее большинство исследований либо измеряют когнитивную нагрузку в лабораториях (Sweller, 2020; Mayer, 2014), либо используют цифровой след LMS исключительно для констатации итоговых оценок (Siemens, 2013), не связывая объективные метрики времени и кликов с типографической плотностью, сегментацией и навигационной сложностью конкретных учебных модулей. Таким образом, точный механизм влияния нейродидактического дизайна на устойчивость внимания в LMS остается нераскрытым.

Исследовательские вопросы

Стремление восполнить выявленный научный пробел обусловило постановку следующих исследовательских вопросов:

- Как специфические архитектурные характеристики цифрового контента (плотность текста, мультимедийный баланс, навигационная сложность) в LMS влияют на уровень побочной когнитивной нагрузки студентов?
- Какие принципы нейродидактики позволяют оптимизировать педагогическую коммуникацию в электронной среде для предотвращения истощения ресурса произвольного внимания?
- Какова количественная взаимосвязь между нейродидактически спроектированной архитектурой курса и академической успешностью, верифицируемой посредством данных учебной аналитики?

Для всестороннего ответа на поставленные исследовательские вопросы был выбран *смешанный метод исследования*, в частности – объяснительный последовательный дизайн (Creswell & Creswell, 2018). Выбор данного дизайна продиктован необходимостью не только зафиксировать количественные параметры когнитивной нагрузки на основе цифровых следов, но и выявить глубинные, субъективные причины истощения произвольного внимания студентов. Исследование реализовывалось в два этапа: на первом (количественном) этапе собирались данные учебной аналитики и проводилось анкетирование, на втором (качественном) этапе проводились полуструктурированные интервью для углубленной интерпретации выявленных статистических тенденций.

В исследовании приняли участие 150 студентов бакалавриата (N =150). Выборка формировалась методом целевого отбора на базе двух высших учебных заведений,

использующих различные электронные системы в качестве основного инструмента асинхронной самостоятельной работы: базового вуза, применяющего систему Moodle, и вуза-партнера, интегрировавшего среду Google Classroom. Для обеспечения строгой валидности и единообразия собираемых данных все образовательные модули были разработаны в формате интерактивных пакетов с поддержкой стандарта xAPI, что позволило осуществить глубокий кросс-платформенный мониторинг независимо от базового функционала конкретной LMS. Критерием включения в количественный этап являлось регулярное взаимодействие с образовательной платформой не менее двух раз в неделю в течение семестра.

Для качественного этапа из общего числа участников были отобраны 14 студентов. Выборка для интервью формировалась из двух полярных подгрупп: студенты, продемонстрировавшие наиболее высокие и наиболее низкие показатели когнитивной перегрузки по результатам первичного скрининга. Исследование проводилось с соблюдением этических норм: данные учебной аналитики были деидентифицированы до начала обработки.

Для обеспечения надежности использовался комплекс из трех инструментов:

1. *Данные учебной аналитики*: Объективные цифровые следы извлекались не из базовых модулей статистики платформ, а посредством внешнего хранилища учебных достижений (LRS), связанного с xAPI-пакетами учебных материалов. Это позволило стандартизировано и с микросекундной точностью фиксировать микровзаимодействия студентов. Ключевыми метриками выступали: точное время, затраченное на конкретный экранный модуль, частота переходов и навигационных кликов, а также процент досрочного прерывания сессий на страницах с высокой плотностью текста.

2. *Шкала оценки когнитивной нагрузки*: для измерения субъективного уровня ментальных усилий применялась адаптированная версия классического опросника Ф. Пааса (Paas, 1992). Инструмент позволяет дифференцировать побочную и германную нагрузку по 9-балльной шкале Ликерта.

3. *Полуструктурированные интервью*: Качественный гайд был разработан на основе принципов нейродидактики и направлен на выявление тех элементов интерфейса (структурирование текста, мультимедийный баланс, навигация), которые провоцировали у студентов субъективное чувство информационной усталости.

Исследование охватывало один академический семестр. Для исключения влияния фактора времени и эффекта привыкания был применен перекрестный дизайн с контрбалансировкой. Выборка (N = 150) была случайным образом разделена на две равные группы. В первой половине семестра Группа А взаимодействовала с контентом традиционной архитектуры (ТА), а Группа Б – с нейродидактически оптимизированным контентом (НОА). Во второй половине семестра группы поменялись местами (Группа А перешла на НОА, Группа Б – на ТА). В конце каждого этапа производилась выгрузка лог-файлов и проводилось анкетирование. Важно отметить, что несмотря на высокую фрагментацию сессий при традиционной архитектуре, 100% участников (N = 150) завершили изучение модулей до академического дедлайна. Анкетирование (шкала Ф. Пааса) было технически интегрировано в xAPI-пакет как обязательный финальный шаг для получения баллов за модуль. Это полностью исключило проблему потери данных и обеспечило абсолютную полноту выборки для последующего дисперсионного анализа. Фаза 2 – были организованы по завершении семестра. Количественный анализ проводился в программной среде IBM SPSS Statistics. Для оценки влияния

архитектуры контента на метрики внимания применялся анализ с повторными измерениями. Качественные данные подвергались тематическому анализу по методологии В. Броуна и В. Кларк (Braun & Clarke, 2006).

Результаты

В соответствии с выбранным объяснительным последовательным дизайном смешанного исследования (Creswell & Creswell, 2018), раздел «Результаты» структурно разделен на две логически взаимосвязанные части. В первой части представлены результаты глубокого количественного анализа эмпирических данных, полученных посредством объективных метрик систем управления обучением (LMS Moodle и Google Classroom), и оценка когнитивной нагрузки. Во второй части будет представлен качественный тематический анализ, призванный нейродидактически интерпретировать и верифицировать выявленные статистические аномалии.

1. *Количественный анализ – предварительная обработка данных и описательная статистика*

Первичный массив данных включал показатели 150 студентов бакалавриата ($N = 150$). Перед проведением основного статистического моделирования была осуществлена процедура очистки данных и проверка на соответствие нормальному распределению с использованием критерия Шапиро-Уилка. Анализ показал, что распределение ключевых переменных приближается к нормальному ($p > 0.05$), что позволило использовать параметрические методы статистики.

Для исключения влияния фактора платформы был проведен независимый t -критерий Стьюдента, сравнивающий базовые показатели академической успеваемости и когнитивной нагрузки между подгруппами Moodle ($n = 85$) и Google Classroom ($n = 65$). Статистически значимых различий между пользователями разных платформ на старте эксперимента выявлено не было ($t(148) = 0.42$, $p = 0.675$). Это подтвердило валидность объединения выборки в единый пул для оценки универсальных механизмов восприятия цифрового контента, абстрагируясь от программной оболочки. Для ответа на первый исследовательский вопрос об оценке влияния специфических архитектурных характеристик контента (плотность текста, мультимедийный баланс, навигационная сложность) на уровень ментальных усилий, студенты поочередно взаимодействовали с двумя типами образовательных модулей:

2. *Традиционная архитектура*: Стандартная выгрузка лекционных материалов в LMS (сплошной текст, отсутствие визуального сегментирования, перегруженные слайды).

3. *Нейродидактически оптимизированная архитектура (НОА)*: Материалы, переработанные с учетом принципов когнитивной психологии (микромодульное дробление, строгий мультимедийный баланс, минимизация визуального шума).

Уровень нагрузки измерялся с помощью адаптированной шкалы Ф. Пааса (Paas, 1992), дифференцирующей побочную и полезную когнитивную нагрузку. Результаты дисперсионного анализа с повторными измерениями выявили высокозначимое влияние типа архитектуры контента на распределение когнитивного ресурса студентов. Основные статистические показатели представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

Описательная статистика и результаты ANOVA для показателей когнитивной нагрузки в зависимости от архитектуры контента ($N = 150$)

Тип когнитивной нагрузки	Традиционная архитектура (ТА): М (SD)	Оптимизированная архитектура (НОА): М (SD)	F-значение	p-уровень	Размер эффекта (Partial η^2)
Побочная нагрузка	7.45 (1.12)	3.21 (0.85)	142.36	< 0.001	0.48
полезная нагрузка	4.10 (1.35)	7.82 (1.05)	115.84	< 0.001	0.43
Внутренняя нагрузка	6.55 (1.20)	6.48 (1.15)	1.12	0.291	0.01

Примечание. М – среднее значение (по 9-балльной шкале); SD – стандартное отклонение.

Критический анализ данных из Таблицы 1 демонстрирует фундаментальный нейропедагогический сдвиг. Внутренняя когнитивная нагрузка, зависящая от объективной сложности учебной дисциплины, ожидаемо осталась неизменной ($F = 1.12$, $p = 0.291$), что подтверждает валидность эксперимента (сложность самого предмета не менялась). Однако побочная нагрузка при переходе к нейродидактически оптимизированному контенту катастрофически снизилась (с 7.45 до 3.21 баллов). Эффект данного снижения является массивным (Partial $\eta^2 = 0.48$), что означает, что 48% дисперсии в уровне информационной усталости объясняется исключительно архитектурным дизайном контента.

Одновременно с этим зафиксирован зеркальный рост полезной нагрузки (с 4.10 до 7.82), ответственной за глубинное осмысление и формирование нейронных связей (схем знаний). Высвобожденный когнитивный ресурс, ранее тратившийся на декодирование визуального шума и сложной навигации, был автоматически перенаправлен студентами на академическую рефлексию. Это прямо доказывает, что плотность текста и мультимедийный дисбаланс в традиционных LMS являются не просто факторами дискомфорта, а жесткими нейробиологическими барьерами, блокирующими процесс усвоения информации.

Субъективные метрические данные были триангулированы посредством объективного анализа лог-файлов LMS (цифрового следа). Это позволило перевести абстрактное понятие «потеря внимания» в плоскость измеримых поведенческих паттернов. В фокусе внимания находились три метрики:

1. *Время эффективного взаимодействия*: Время до первого переключения вкладки или падения активности мыши.
2. *Коэффициент навигационного хаоса*: Количество бессистемных переходов между страницами модуля в минуту.
3. *Индекс фрагментации сессии*: Доля студентов, не сумевших освоить учебный модуль за один непрерывный подход и вынужденных прервать сессию из-за информационной усталости, с последующим возвратом к материалу.

Сравнительный анализ (Таблица 2) выявил критические разрывы в устойчивости произвольного внимания.

Таблица 2.

Поведенческие метрики студентов по данным учебной аналитики LMS (Moodle/Google Classroom)

Метрика учебной аналитики (LMS Logs)	Традиционная архитектура (ТА)	Оптимизированная архитектура (НОА)	t-критерий	p-уровень
Время устойчивого внимания (мин.)	8.4 ± 2.1	22.3 ± 3.4	- 28.54	< 0.001
Навигационный хаос (клики/мин.)	12.5 ± 4.2	3.1 ± 1.2	35.62	< 0.001
Фрагментация учебной сессии (%)	68%	14%	$\chi^2 = 45.3$	< 0.001

Данные учебной аналитики математически точно подтверждают парадокс педагогической коммуникации в цифровой среде. При взаимодействии с ТА ресурс произвольного внимания истощается в среднем на 8.4 минуте, после чего возникает феномен «навигационного хаоса» (12.5 кликов в минуту) – студент подсознательно ищет триггеры для удержания концентрации в визуально монотонном тексте, не находит их и в 68% случаев вынужденно прерывает учебную сессию, дробя усвоение материала на несколько разрозненных подходов. Напротив, внедрение принципов нейродидактики (НОА) позволило пролонгировать фазу глубокой концентрации почти в три раза (до 22.3 минут), снизив потребность во фрагментации материала до 14%.

С точки зрения физиологии высшей нервной деятельности, микросегментирование контента обеспечивает своевременное дофаминовое подкрепление, чувство завершенности микрозадачи, что предотвращает когнитивное истощение.

Имеется количественная взаимосвязь между когнитивной нагрузкой и академической успешностью студентов. Для определения реальной академической успешности (финальный тестовый балл по 100-балльной системе) был проведен корреляционно-регрессионный анализ.

Матрица корреляций Пирсона продемонстрировала сильную отрицательную связь между уровнем побочной когнитивной нагрузки и итоговым академическим баллом ($r = -0.72$, $p < 0.001$). Иными словами, чем больше усилий студент тратит на навигацию и декодирование неструктурированного текста, тем ниже его объективный результат. В то же время выявлена сильная положительная корреляция между полезной нагрузкой и академическим баллом ($r = 0.81$, $p < 0.001$) и временем устойчивого внимания ($r = 0.76$, $p < 0.001$).

Для построения концептуальной предсказательной модели была использована процедура множественной линейной регрессии. Зависимой переменной выступал академический балл студента. Независимыми предикторами были включены: показатели побочной и полезной нагрузки, время удержания внимания и тип используемой архитектуры контента (фиктивная переменная: 0 = ТА, 1 = НОА).

Проверка на мультиколлинеарность ($VIF < 3.0$) и гомоскедастичность остатков подтвердила высокое качество модели.

Регрессионная модель (Таблица 3) обладает исключительно высокой объяснительной способностью: 78% дисперсии ($R^2 = 0.78$) в финальных оценках студентов объясняется нейродидактическим качеством цифровой среды и спровоцированной ею когнитивной реакцией. Стандартизированные коэффициенты (β) показывают, что

самым агрессивным негативным предиктором является именно побочная когнитивная нагрузка ($\beta = -0.41$).

Присутствие нейродидактически оптимизированной архитектуры (НОА) само по себе добавляет в среднем 12.4 балла к итоговой оценке студента при прочих равных условиях. Каждый дополнительный балл по шкале побочной нагрузки снижает итоговую успеваемость на 3.85 балла, тогда как каждая минута эффективного удержания внимания, зафиксированная в LMS, прибавляет 0.65 балла к результату.

Таблица 3.

Результаты множественного регрессионного анализа предикторов академической успеваемости

Предикторная переменная	Нестандартизованный коэффициент (B)	Стандартная ошибка (SE)	Стандартизованный коэффициент (β)	t-значение	p-уровень
(Константа)	42.15	4.12	–	10.23	< 0.001
Тип архитектуры (НОА= 1)	12.40	2.15	0.32	5.76	< 0.001
Побочная когнитивная нагрузка	-3.85	0.82	- 0.41	- 4.69	< 0.001
полезная когнитивная нагрузка	2.95	0.75	0.35	3.93	< 0.001
Время устойчивого внимания (LMS)	0.65	0.14	0.28	4.64	< 0.001

Модель: $R^2 = 0.78$, $R^2 = 0.76$, $F(4, 145) = 124.5$, $p < 0.001$.

Резюмируя результаты первой фазы исследования, можно констатировать полное эмпирическое закрытие ранее обозначенного научного пробела. Данные объективной учебной аналитики в связке с психометрией доказали, что архитектура цифрового контента – это не просто вопрос эстетического-веб-дизайнерского предпочтения, а фундаментальный нейропедагогический инструмент. Традиционная структура цифровых лекций в системах высшего образования неизбежно генерирует информационный шум, который истощает рабочую память и блокирует когнитивную гибкость. И наоборот, интеграция нейродидактических принципов сегментации напрямую транслируется в измеримый академический рост.

Тем не менее, количественный анализ, несмотря на свою математическую точность, описывает проблему констатационно: «что происходит» и «с какой интенсивностью». Для понимания глубинных феноменологических причин – почему именно конкретные элементы интерфейса вызывают сбой внимания и как сами студенты рефлексиируют этот процесс – необходим переход ко второй, качественной фазе исследования, направленной на решение исследовательского вопроса 2.

На второй фазе необходимо провести качественный анализ. Количественные данные, подтвердившие критическое влияние архитектуры контента на академическую успешность и истощение внимания, требуют феноменологического объяснения. Для ответа на второй исследовательский вопрос о принципах оптимизации педагогической

коммуникации в цифровой среде был проведен тематический анализ текстов интервью 14 студентов (Braun & Clarke, 2006). Выборка состояла из двух полярных групп: студентов с максимальным ($n = 7$) и минимальным ($n = 7$) уровнем зафиксированной побочной когнитивной нагрузки.

Процесс кодирования: открытое, осевое и избирательное кодирование позволило кристаллизовать три глобальные проблемы, объясняющие нейробиологические и психологические барьеры взаимодействия с LMS, а также выявить эффективные нейродидактические компенсаторные механизмы.

Проблема 1: «Токсичность» визуального шума и когнитивная клаустрофобия

Первая фундаментальная проблема раскрывает причины феномена «навигационного хаоса», зафиксированного в лог-файлах LMS (см. Таблицу 2). Студенты из группы с высокой когнитивной нагрузкой описывали свое взаимодействие с традиционной архитектурой (ТА) курса в терминах сенсорного подавления. Отсутствие визуальных пауз в тексте, перегруженность интерфейса гиперссылками и отсутствие четкой иерархии шрифтов воспринимались не просто как неудобство, а как непреодолимое препятствие для декодирования смыслов.

Этот паттерн полностью подтверждает теорию Р. Майера (Mayer, 2014) о принципе пространственной и временной смежности: когда элементы, необходимые для понимания концепта, разбросаны или слиты в визуальный шум, рабочая память переполняется побочной информацией, блокируя процесс полезной нагрузки.

Проблема 2: Дефицит направляющей коммуникации в асинхронной среде

Вторая тема напрямую коррелирует с проблемой конструирования моделей педагогического общения. В условиях асинхронного цифрового обучения физическое отсутствие преподавателя должно компенсироваться «эффектом цифрового присутствия». Анализ интервью показал, что студенты остро нуждаются в диалогичности текста и четких навигационных ориентирах, которые выполняют функцию внешнего регулятора внимания.

Проблема 3: Нейробиологический запрос на микромодульность и дофаминовое подкрепление

Третья проблема объясняет, почему в экспериментальной группе (НОА) время устойчивого внимания возросло почти в три раза. Студенты единогласно указали на критическую важность сегментации материала. Мозг обучающегося в условиях информационного изобилия нуждается в быстром позитивном подкреплении.

В традиционных курсах LMS достижение «конца лекции» отложено во времени (иногда требует 40-50 минут непрерывного чтения), что истощает дофаминергическую систему, ответственную за мотивацию. Нейродидактическая оптимизация, разбившая материал на 5-7-минутные микромодули с промежуточными интерактивными тестами (самопроверкой), создала систему быстрых вознаграждений.

Таблица 4.

Интеграция количественных и качественных результатов. Матрица интеграции: Объяснение количественных аномалий через качественные темы

Количественный феномен (Фаза 1)	Подтверждающая статистика (LMS & Анкетирование)	Качественное нейродидактическое объяснение (Фаза 2)	Выведенный принцип оптимизации коммуникации
Высокий индекс фрагментации	68% отсева в фрагментации	Информационная клаустрофобия; страх	Принцип визуального коммуникации:

сессий	архитектуре (ТА)	перед неструктурированным объемом («стена текста»).	Минимизация визуального шума, активное использование «негативного пространства» в дизайне.
Навигационный хаос	12.5 бессистемных кликов/мин. в ТА	Поиск внешних регуляторов внимания; дефицит диалогичности и эффекта присутствия.	Принцип направляющей коммуникации: Интеграция микро-резюме, риторических вопросов и цветового кодирования смыслов.
Рост полезной нагрузки при снижении побочной	Увеличение полезной нагрузки с 4.10 баллов до 7.82 в НОА	Высвобождение ментального ресурса благодаря поэтапному (микромодульному) вознаграждению.	Принцип микромодульного дофаминового подкрепления: Сегментация контента на 5-7-минутные блоки с мгновенной формирующей оценкой.

Синтез данных двух фаз исследования позволяет сформулировать исчерпывающий ответ на исследовательские вопросы. Статистически доказано, что архитектура цифрового контента является независимым предиктором академической успеваемости. При этом феноменологический анализ выявил, что для предотвращения истощения ресурса произвольного внимания педагогическая коммуникация в электронной среде должна жестко базироваться на трех нейродидактических принципах: визуальном коммуникации, направляющей коммуникации и микромодульном дофаминовом подкреплении. Игнорирование этих принципов превращает инновационные инструменты LMS в генераторы когнитивной перегрузки.

Обобщение

Главная цель настоящего исследования заключалась в преодолении междисциплинарного разрыва между инструментарием учебной аналитики и нейробиологическими законами восприятия информации в электронной среде. Полученные результаты смешанного дизайна убедительно доказывают, что архитектура цифрового контента в системах управления обучением (LMS) выходит за рамки технического или веб-дизайнерского конструирования, выступая фундаментальным детерминантом академической успешности и когнитивной жизнестойкости студентов.

Данные первой фазы: Интерпретация количественных результатов в контексте литературы подтвердили гипотезу о том, что неструктурированная подача материала генерирует критический уровень побочной когнитивной нагрузки. Снижение данного типа нагрузки с 7.45 до 3.21 баллов при переходе к оптимизированной архитектуре полностью согласуется с постулатами теории когнитивной нагрузки Дж. Свеллера (Sweller, 2020) и теорией мультимедийного обучения Р. Майера (Mayer, 2014). Однако наше исследование расширяет эти лабораторные концепции, перенося их на естественные массивы данных учебной аналитики.

Что же касается интерпретации качественных результатов, то проблема педагогической коммуникации феноменологический анализ интервью выявил, что когнитивная перегрузка в LMS часто маскируется под дефицит мотивации, хотя ее истинная природа кроется в нарушении педагогической коммуникации. В традиционной академической среде (аудиторный формат) преподаватель интуитивно управляет вниманием студентов с помощью интонации, пауз и зрительного контакта. В асинхронной цифровой среде эти инструменты исчезают.

Выявленная в нашем исследовании потребность студентов в «направляющей коммуникации» и «микромодульном дофаминовом подкреплении» блестяще объясняет разницу в восприятии LMS и социальных сетей, описанную ранее. Социальные сети алгоритмически выстроены на принципе быстрых дофаминовых вознаграждений, тогда как традиционные длинные тексты в LMS требуют длительного волевого усилия. Интеграция микро-резюме и визуального квантования (разбивка на 5-7-минутные модули) позволяет искусственно воссоздать эффект присутствия преподавателя и синхронизировать академический контент с нейробиологическими ожиданиями современного студента. Это открывает новые горизонты для технологически обогащенного преподавания, где текст становится активным коммуникативным партнером.

Ограничения исследования

Несмотря на высокую объяснительную способность предложенной регрессионной модели ($R^2 = 0.78$), исследование имеет ограничения, которые необходимо учитывать при генерализации выводов:

1. *Специфика выборки*: Исследование проводилось на выборке из 150 студентов нейротипичного профиля. Восприятие цифрового шума студентами с особыми образовательными потребностями (например, с синдромом дефицита внимания и гиперактивности) может демонстрировать иную динамику.
2. *Самоотчетность когнитивной нагрузки*: несмотря на то, что использование шкалы Ф. Пааса является золотым стандартом в когнитивной психологии (Paas, 1992), она опирается на субъективную рефлекссию. В будущем целесообразно использовать аппаратные методы нейровизуализации (например ЭЭГ) для аппаратной триангуляции лог-файлов LMS.
3. *Ограниченность платформ*: данные собирались только в Moodle и Google Classroom. Интерфейсные особенности других экосистем (например, Blackboard или Canvas) могут вносить свои коррективы в метрики навигационного хаоса.

Заключение

Успешная реализация парадигмы обучения, управляемого данными, в высшей школе невозможна без глубинного понимания того, как человеческий мозг функционирует в условиях информационной перегрузки. Данное исследование заполняет существенный научный пробел, предлагая эмпирически доказанную модель, которая связывает архитектуру цифрового контента с объективными показателями учебной аналитики и психометрией когнитивной нагрузки.

Доказано, что традиционный перенос лекционных материалов в цифровую среду ведет к информационной клаустрофобии и истощению ресурса произвольного внимания. Нейродидактическая оптимизация контента – включающая визуальное квантование текста, строгий мультимедийный баланс и внедрение диалогических триггеров вни-

мания – является не рекомендательной, а критически обязательной мерой. Она позволяет конвертировать побочную когнитивную нагрузку в созидательную, что приводит к статистически значимому росту академической успеваемости и снижению потребности во фрагментации учебного процесса.

Практическая значимость работы заключается в том, что она предоставляет профессорско-преподавательскому составу и специалистам по обеспечению качества образования четкий, научно обоснованный алгоритм для проектирования устойчивых цифровых образовательных сред. В эпоху неопределенности и стремительной цифровой трансформации жизнестойкость академических институтов будет зависеть от их способности адаптировать педагогическую коммуникацию к нейробиологическим реалиям XXI в. Выявленные принципы микромодульного дофаминового подкрепления закладывают прочный фундамент для разработки стандартов электронного обучения нового поколения.

THE IMPACT OF DIGITAL LEARNING MATERIALS ON STUDENTS' ATTENTION: A NEURODIDACTIC ANALYSIS

Ghazaryan Arevik

PhD of Pedagogy, Associate Professor.

Yerevan State University,

Republic of Armenia

arev.ghazaryan@ysu.am

<https://orcid.org/0000-0003-0231-2844>

Abstract

The depletion of students' cognitive resources in digital learning management systems (LMS) remains a critical barrier to higher education effectiveness. This study aims to investigate the impact of digital educational content architecture on students' extraneous cognitive load and academic success by integrating learning analytics and neuro-pedagogy. An explanatory sequential mixed-methods design was employed. The quantitative phase analyzed objective digital footprints (Moodle and Google Classroom log-files) alongside psychometric survey data (Paas scale) from 150 undergraduate students. The qualitative phase involved thematic analysis of semi-structured interviews (n = 14). Quantitative results demonstrated that neuro-didactic content optimization significantly reduces extraneous cognitive load (from 7.45 to 3.21, $p < .001$) while extending sustained attention time from 8.4 to 22.3 minutes. Multiple regression analysis confirmed extraneous load as the strongest negative predictor of academic performance ($\beta = -.41$). Qualitative analysis revealed phenomena of "navigational chaos" and cognitive claustrophobia, proving that visual quantization, signposting, and micro-modular dopamine reinforcement strategies are essential for their mitigation. The originality of this research lies in bridging the gap between cognitive load theory and learning analytics. It proposes an empirically grounded conceptual model proving that digital content architecture is a fundamental neuro-pedagogical tool rather than a mere aesthetic choice. The practical significance involves developing evidence-based standards for designing educational environments that ensure students' cognitive resilience in data-driven learning.

Keywords: *neuro-pedagogy; learning analytics; cognitive load; learning management systems (LMS); digital educational content; mixed methods research.*

References

- Aleksanyan, A. (2025). Teachers views on pedagogical challenges during post-war return in Mosul. In *Teacher and School Resilience in an Era of Uncertainty*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-93961-7>
- Anderson, J. R. (2009). *Cognitive psychology and its implications* (7th ed.). Worth Publishers.

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Chen, C. M., & Wu, C. H. (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, 80, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dawson, S., Gašević, D., Siemens, G., & Joksimovic, S. (2014). Current state and future trends: A citation network analysis of the learning analytics field. In *Proceedings of the First International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 231–240). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2567574.2567585>
- Gevorgyan, S., & Asatryan, S. (2025). Enhancing educational efficiency through data-driven learning: A case study of the Armenian State Pedagogical University (ASPU). *Scientia Paedagogica Experimentalis*. <https://doi.org/10.57028/s62-269-z1091>
- Kahu, E. R. (2013). Framing student engagement in higher education. *Studies in Higher Education*, 38(5), 758–773. <https://doi.org/10.1080/03075079.2011.598505>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2021). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Educational Psychology Review*, 34, 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Thomas, M. S. C., Ansari, D., & Knowland, V. C. P. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: Progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477–492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>

Received: 23.03.2026

Получено: 23.03.2026

Reviewed: 14.04.2026

Рассмотрено: 14.04.2026

Accepted: 19.05.2026

Принято: 19.05.2026



© The Author(s) 2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License