

Влияние персонализации графических конструкторских документов на трудоемкость проверки и контроля в учебном проектировании

Г. А. Тугузбаев

Уфимский юридический институт МВД России

Целью исследования является количественная оценка влияния автоматизированной персонализации графических конструкторских документов на трудоемкость их проверки преподавателями-консультантами в ходе учебного проектирования. В работе представлены системные модели и методы персонализации шаблонов конструкторских документов, реализованные в ситуационно-ориентированной среде. Экспериментальное исследование проведено на базе курсового проектирования по дисциплине «Базы данных» с участием 64 студентов и 4 преподавателей. Для оценки трудоемкости использованы методы хронометража, статистической обработки (t-критерий Стьюдента, доверительные интервалы) и анкетирования. Установлено, что применение разработанного подхода позволяет снизить среднее время проверки одного документа на 56,4% ($p < 0,001$). Наибольшая эффективность достигнута в операциях контроля оформления (снижение на 81,3%), выявления плагиата (81,0%) и верификации согласованности этапов (75,8%). Полученные результаты подтверждают практическую значимость предложенных моделей и методов, способствуя сокращению рутинной нагрузки на преподавателей и повышению объективности контроля.

Персонализация графических конструкторских документов; учебное проектирование; трудоемкость проверки; преподаватели-консультанты; ситуационно-ориентированная среда; цифровые водяные знаки; статистический анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Современное инженерное образование в условиях цифровой трансформации предъявляет повышенные требования к эффективности учебного проектирования. Одним из ключевых направлений повышения этой эффективности является автоматизация рутинных операций, сопровождающих создание и проверку графической конструкторской документации (ГКД). В технических и ИТ-специальностях значительная часть учебного времени [Льв20] студентов и преподавателей тратится на оформление схем, диаграмм, чертежей в соответствии с нормативными требованиями, а также на контроль их корректности [Мир15, Кап14]. Особенно остро эта проблема проявляется в курсовом проектировании, где объем документации может достигать десятков листов, а количество итераций доработки — нескольких циклов.

Среди всех участников учебного процесса [Ала21] наиболее чувствительной к увеличению рутинной нагрузки является категория преподавателей-консультантов. Проверка графических конструкторских документов требует не только профессиональных знаний предметной области, но и значительных временных затрат на анализ соответствия техническому заданию, оформлению по стандартам, согласованности между этапами, а также на выявление возможных заимствований. В условиях роста числа студентов и усложнения проектных заданий эта проблема приобретает системный характер.

Тугузбаев Г. А. Влияние персонализации графических конструкторских документов на трудоемкость проверки и контроля в учебном проектировании // СИИТ. 2026. Т. 8, № 4(28). С. 101-120. DOI: 10.54708/SIIT-2026-no4-p101. EDN: DOIMUC.

Tuguzbaev G. A. "The impact of personalization of graphic design documents on the complexity of verification and control for consulting teachers" // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 4(28), pp. 101-120. DOI: 10.54708/SIIT-2026-no4-p101. EDN: DOIMUC. (In Russian).

Развитие открытых графических форматов на основе XML (VDX, VSDX для Microsoft Visio, ODG для LibreOffice Draw) создало технологические предпосылки для программной обработки ГКД. Однако существующие подходы к автоматизации в образовательном контексте, как правило, ориентированы либо на генерацию документов, либо на отдельные аспекты контроля, не формируя целостной системы поддержки проверки. В работах [Мир23г, Мир24, Мир256] были предложены методы персонализации шаблонов ГКД, позволяющие автоматизировать внесение персональных данных и извлечение семантической информации. Однако влияние этих методов на трудоёмкость проверки со стороны преподавателей-консультантов оставалось неисследованным, что и определяет актуальность настоящей работы.

Целью статьи является количественная оценка снижения трудоёмкости проверки графических конструкторских документов для преподавателей-консультантов при использовании разработанного подхода к персонализации ГКД в учебном ИТ-проектировании.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Выявить и классифицировать ключевые операции проверки ГКД, выполняемые преподавателями-консультантами в традиционном учебном процессе.
2. Определить, какие из этих операций могут быть автоматизированы или сокращены за счёт применения методов персонализации (экземплификанты, именованные фигуры, XSL-трансформации, внедрение цифровых водяных знаков).
3. Разработать методику экспериментальной оценки временных затрат преподавателей-консультантов при традиционном и автоматизированном подходах.
4. Провести сравнительный анализ трудоёмкости проверки ГКД в контрольной и экспериментальной группах, обработать полученные данные статистическими методами.
5. Интерпретировать результаты и сформулировать выводы об эффективности предложенного подхода с точки зрения снижения нагрузки на преподавателей.

Объектом исследования выступает процесс проверки графических конструкторских документов, выполняемый преподавателями-консультантами в ходе учебного ИТ-проектирования. В качестве конкретной предметной области рассматривается курсовое проектирование по дисциплине «Базы данных», в рамках которого студенты разрабатывают концептуальные, логические и реляционные модели данных в среде Microsoft Visio.

Предметом исследования являются временные затраты преподавателей-консультантов на выполнение операций проверки при использовании традиционного подхода (ручная проверка) и при применении разработанной системы персонализации ГКД, включающей методы программного внесения данных, автоматической верификации и генерации отчётов о несоответствиях.

АНАЛИЗ ТРУДОЁМКОСТИ ТРАДИЦИОННОЙ ПРОВЕРКИ ГКД

Характеристика операций проверки

Проверка графических конструкторских документов преподавателем-консультантом представляет собой многоступенчатый процесс, включающий ряд операций, направленных на обеспечение соответствия выполненной работы требованиям технического задания, стандартам оформления и логической целостности проектных решений. В ходе многолетнего наблюдения за учебным процессом по дисциплине «Базы данных» был выделен типовой перечень операций, выполняемых преподавателем при проверке ГКД [Мир23б, Юсу15].

Проверка соответствия техническому заданию. На этом этапе преподаватель сопоставляет содержание представленной схемы (состав сущностей, атрибутов, связей) с вариантом задания, выданным студенту. Особую сложность представляет верификация того, что выбранные наименования объектов соответствуют предметной области, заданной в индивидуальном задании.

Контроль оформления по стандартам. В соответствии с ГОСТ 2.104–2006 (Единая система конструкторской документации. Основные надписи. М.: Стандартинформ, 2007.) и другими нормативными документами, каждая страница ГКД должна содержать основную надпись

с реквизитами (наименование документа, шифр, фамилии разработчиков, даты). Преподаватель проверяет наличие и корректность заполнения всех полей, правильность расположения штампов, соответствие формата листа.

Верификация согласованности с результатами предыдущих этапов. Для многоэтапных проектов (например, переход от концептуальной модели к логической, а затем к реляционной) критически важно, чтобы имена сущностей, атрибутов и связей сохраняли прослеживаемость. Преподаватель вручную сравнивает текущую схему с документами предыдущих этапов, что требует многократного переключения между файлами и визуального поиска соответствий.

Проверка корректности связей и структуры схемы. В реляционных моделях [Pie20] необходимо контролировать правильность определения первичных и внешних ключей, типов связей (1:1, 1:N, N:M), отсутствие избыточности. Эта операция требует не только формальной проверки, но и глубокого понимания предметной области.

Оценка полноты документации. Курсовой проект включает не только схемы, но и текстовые описания, SQL-код. Преподаватель проверяет наличие всех обязательных разделов, соответствие созданного кода разработанной схеме.

Формирование замечаний и обратной связи. После анализа документа преподаватель фиксирует выявленные недостатки, формулирует замечания и направляет студенту на доработку. При повторных итерациях требуется повторный просмотр исправленных фрагментов.

Факторы, влияющие на трудоёмкость проверки

Анализ практики показывает, что трудоёмкость проверки ГКД определяется рядом факторов, которые можно разделить на три группы:

1. *Характеристики самого документа.* Количество листов, число графических примитивов (фигур), сложность связей, наличие вложенных структур. В форматах Visio VDX/VSDX внутренняя организация также влияет на удобство проверки [Coe20]: единый XML-файл (VDX) позволяет быстрее осуществлять поиск, а ZIP-архив (VSDX) требует дополнительных операций извлечения [Мир08, Мир23в].

2. *Организационные факторы.* Количество студентов в группе, сроки сдачи, количество этапов проекта. Чем больше проектов проверяется одновременно, тем выше вероятность ошибок и увеличения времени на каждую работу из-за когнитивной нагрузки.

3. *Индивидуальные особенности студента.* Опыт работы с графическим редактором, аккуратность оформления, частота типовых ошибок. Некоторые студенты систематически допускают одни и те же нарушения, что после нескольких итераций увеличивает общее время проверки.

Проблемы и ограничения традиционного подхода

Традиционная ручная проверка ГКД обладает рядом существенных недостатков, которые становятся критическими при увеличении масштабов учебного процесса.

Отсутствие автоматизированной проверки соответствия. Преподаватель вынужден вручную сравнивать схему с текстовым описанием варианта задания. Даже при использовании цифровых копий этот процесс остаётся трудоёмким и подвержен субъективным ошибкам.

Сложность контроля согласованности между этапами. Переименования объектов в ходе нормализации модели приводят к необходимости отслеживать множество соответствий. В отсутствие инструментальных средств преподаватель тратит значительное время на установление связей между именами в разных версиях документа.

Высокая вероятность пропуска ошибок при большом объёме. Когнитивные ограничения человека не позволяют одновременно удерживать в памяти десятки проверяемых параметров. При проверке 8–12 документов на одного студента и 20–30 студентов в группе вероятность пропуска критических ошибок возрастает.

Субъективность оценки. Отсутствие формальных критериев и автоматизированной фиксации несоответствий ведёт к тому, что разные преподаватели могут по-разному оценивать одну и ту же работу, а студенты не всегда понимают, за что именно снижена оценка.

Необходимость многократных итераций. Каждый цикл доработки требует повторной проверки всех исправленных элементов, что многократно увеличивает общее время, затрачиваемое преподавателем на один проект.

Затраты на формирование итоговой документации. После завершения всех этапов преподаватель должен подготовить итоговый отчёт, включающий сводку оценок, замечания, результаты проверки плагиата. В традиционном подходе эти данные формируются вручную на основе разрозненных заметок и записей.

Таким образом, традиционная организация проверки ГКД характеризуется высокой трудоёмкостью, значительной долей рутинных операций, слабой формализацией процессов и отсутствием инструментальной поддержки. Эти проблемы определяют необходимость разработки и внедрения автоматизированных методов, способных снизить нагрузку на преподавателей-консультантов и повысить объективность контроля.

ПОДХОД К ПРОВЕРКЕ ГКД НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ

Концептуальная основа персонализации

Разработанный в исследовании подход к автоматизации проверки ГКД базируется на методологии персонализации шаблонов конструкторских документов, которая объединяет три взаимосвязанных уровня: концептуальный, логический и физический. На концептуальном уровне сформирована онтологическая модель [Мир11, Юсу15] учебного проектирования, включающая основные классы сущностей (проект, этап, вариант задания, исполнитель, шаблон-макет, настраиваемый компонент, запрос) и систему отношений между ними [Мир23г, Мур20, Ант22]. Данная модель позволяет формализовать процесс создания и использования персонализированных шаблонов, а также определяет источники данных для автоматизированной проверки.

Функциональная модель, построенная в нотации IDEF0, описывает три ключевые стадии учебного проектирования: подготовку (разработка шаблонов и методического обеспечения), выдачу (персонализация и передача заданий исполнителям) и исполнение (разработка документации с последующей проверкой) [Мир23б]. В рамках этой модели выделены функциональные блоки, непосредственно отвечающие за проверку: контроль соответствия техническому заданию, верификация согласованности этапов, выявление плагиата и формирование отчётов. Информационная модель, в свою очередь, определяет структуру данных, необходимых для проверки: персональные данные, варианты заданий, эталонные модели, результаты предыдущих этапов, нормативные требования.

Методы персонализации, влияющие на проверку

В основе технологической реализации лежат три метода размещения настраиваемых компонентов (НК) в шаблоне ГКД, каждый из которых создаёт предпосылки для последующей автоматизированной проверки.

Метод экземпляризации [Мир14] предполагает введение в текстовые поля фигур уникальных меток-заполнителей (например, «Шифр», «студент», «ХХ-99»), которые в процессе персонализации заменяются персональными данными студента. Этот метод используется для автоматического заполнения основной надписи, что исключает ошибки при ручном вводе и гарантирует единообразие оформления. Для преподавателя это означает, что поля, содержащие фамилию, группу, дату, шифр документа, не требуют проверки — они корректно сформированы системой.

Метод именованных фигур заключается в присвоении фигурам, представляющим ячейки таблиц или элементы схемы, уникальных внутренних имён (например, Col1, Col2, ...). Это позволяет программе однозначно идентифицировать каждый графический объект и, при необходимости, проверять его содержимое. В контексте проверки данный метод используется для автоматической верификации заполнения таблиц переименований и других структурированных фрагментов документа.

Метод фигур-якорей применяется для структурной персонализации: в шаблоне размещается специальная фигура-маркер, которая затем заменяется сложным графическим контентом (например, таблицей SQL-кода). Это позволяет автоматически встраивать в документ результаты предыдущих этапов, что гарантирует их корректное отображение и исключает необходимость ручного копирования.

Для выявления плагиата используется метод цифровых водяных знаков (ЦВЗ), при котором в пользовательские ячейки XML-представления фигур внедряется уникальный идентификатор студента-исполнителя. При последующем анализе программа может обнаружить несоответствие между водяным знаком и фактическим автором документа, что сигнализирует о возможном заимствовании элементов из чужих проектов [Шак23, Мир23а].

Инструментальная поддержка проверки

Программная реализация предложенных методов осуществлена в ситуационно-ориентированной среде, базирующейся на иерархической ситуационной модели (HSM – Hierarchical Situation Model). Среда предоставляет два основных способа обработки XML-документов [Мир06]: низкоуровневый (DOM API) и высокоуровневый (XSL-трансформации) [Мир15, Мир20, Мир24, Гус24].

DOM API [Мир09] используется для инъекции персональных данных в шаблон-макет. Программа создаёт DOM-объект для исходного XML-документа, выполняет поиск узлов, соответствующих экземплярам (с помощью XPath-выражений), и заменяет их значениями из информационной базы. Этот механизм также применяется для извлечения данных из готовых документов: например, для сбора имён объектов модели, которые затем сохраняются в журнале объектов и используются при проверке согласованности.

XSL-трансформации обеспечивают высокоуровневое преобразование целостной структуры документа. Наиболее значимым для проверки является формирование таблицы прослеживания переименований. Таблица стилей XSLT, применяемая к шаблону-макету и к журналу объектов предыдущего этапа, автоматически генерирует документ, в котором каждому объекту старой модели сопоставлено имя объекта новой модели. Преподаватель получает готовую таблицу, что исключает необходимость ручного сравнения имён в двух разных схемах.

Для автоматического контроля соответствия техническому заданию используется эталонная модель, хранящаяся в информационной базе. Программа сравнивает элементы, извлечённые из студенческой схемы, с эталонными объектами и формирует отчёт о расхождениях (лишние или отсутствующие сущности, неверные атрибуты, нарушения связей). Аналогично, для проверки SQL-кода применяется автоматизированный анализ: извлечённый из документа текст SQL-скрипта сопоставляется с правилами формирования таблиц на основе диаграммы реляционной модели.

Автоматизируемые операции проверки

Совокупность описанных методов и инструментов позволяет автоматизировать или существенно сократить следующие операции преподавателя-консультанта:

1. *Проверка оформления основной надписи.* Поля, заполненные через экземпляры, не требуют ручной проверки, так как их корректность гарантируется системой. Преподаватель только убеждается в отсутствии явных сбоев генерации.

2. *Верификация согласованности между этапами.* Автоматическое формирование таблицы прослеживания переименований исключает необходимость одновременного открытия двух документов и ручного сравнения имён. Преподаватель получает готовый перечень соответствий, который может быть использован для быстрого выявления ошибок.

3. *Контроль соответствия техническому заданию.* Автоматизированное сравнение схемы с эталонной моделью позволяет выявить несоответствия за секунды вместо десятков минут, затрачиваемых на ручной анализ. Отчёт о расхождениях содержит точные указания на проблемные элементы.

4. *Выявление плагиата.* Внедрение цифровых водяных знаков делает заимствование графических элементов легко обнаруживаемым. Преподаватель получает список фигур, ЦВЗ которых не совпадают с персональными данными исполнителя.

5. *Проверка корректности SQL-кода.* Автоматический анализ соответствия кода диаграмме исключает необходимость вручную проверять каждое SQL-выражение на соответствие структуре таблиц, ключам и связям.

6. *Формирование отчёта о замечаниях.* Система автоматически генерирует структурированный отчёт, в котором перечислены все обнаруженные несоответствия. Преподаватель может дополнять его комментариями, но базовая работа по сбору и систематизации ошибок выполняется программно.

В результате доля ручного труда преподавателя-консультанта сокращается с полного цикла проверки до выборочного контроля сложных или нетиповых случаев, а также до интерпретации автоматически сформированных отчётов. Это позволяет существенно снизить общую трудоёмкость и повысить объективность оценивания.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТРУДОЁМКОСТИ

Параметры эксперимента

Экспериментальное исследование проводилось на базе кафедры автоматизированных системы управления Уфимского университета науки и технологий в рамках курсового проектирования по дисциплине «Базы данных». Выбор данной дисциплины обусловлен тем, что она входит в базовую часть учебного плана подготовки бакалавров по направлению «Программная инженерия» и предполагает разработку значительного объёма графической конструкторской документации (8 документов на проект) [Гус15, Мир21, Гус24].

Контингент участников:

- Студенты-исполнители: 64 человека, разделённые на две равные группы по 32 человека (контрольная и экспериментальная). Обе группы имели сопоставимую успеваемость по предшествующим дисциплинам и выполняли идентичные по сложности варианты заданий.
- Преподаватели-консультанты: 4 человека, каждый из которых осуществлял руководство проектами в обеих группах (по 16 студентов на преподавателя). Преподаватели имели стаж педагогической работы от 5 до 15 лет и опыт руководства курсовыми проектами не менее 3 лет.
- Методисты и разработчики: 2 человека, участвовавших в подготовке шаблонов и методического обеспечения для экспериментальной группы.

Продолжительность эксперимента: два учебных семестра (осенний и весенний). В первом семестре проводилось измерение трудоёмкости в контрольной группе (традиционный подход). Во втором семестре, после внедрения разработанной системы персонализации, проводилось измерение в экспериментальной группе. Такой дизайн эксперимента позволил исключить влияние фактора «обучения преподавателей» (навыки работы с новой системой были приобретены до начала измерений в экспериментальной группе).

Характеристика проектного задания:

Курсовой проект включал последовательную разработку восьми графических конструкторских документов:

1. Локальная иерархическая модель предметной области.
2. Глобальная иерархическая модель.
3. Промежуточная модель (концептуальная).
4. Нормализованная модель (3 нормальная форма).
5. Глобальная модель «сущность—связь».
6. Реляционная модель (логическая).
7. Физическая модель (с указанием типов данных).

8. Диаграмма SQL-скриптов (с текстом кода).

Каждый документ создавался в среде Microsoft Visio с использованием открытых форматов VDX (для единой XML-структуры) или VSDX (для ZIP-архивированного представления) в зависимости от версии редактора, доступной студенту.

Измеряемые показатели

Для количественной оценки трудоёмкости проверки ГКД преподавателями-консультантами были определены следующие измеримые показатели:

Основные показатели:

1. Время проверки одного конструкторского документа – суммарное время от момента открытия документа до момента формирования итогового заключения (в минутах). Измерялось с точностью до 1 минуты.
2. Количество итераций доработки – число циклов «проверка → исправление → повторная проверка» для каждого документа.
3. Время формирования обратной связи – затраты на подготовку и отправку замечаний студенту (в минутах).
4. Время проверки согласованности между этапами – затраты на сопоставление текущего документа с результатами предыдущего этапа (в минутах).

Дополнительные показатели:

5. Количество выявленных ошибок (общее) – суммарное число несоответствий, зафиксированных преподавателем.
6. Количество типовых ошибок – ошибки, которые могут быть автоматически выявлены системой (нарушение оформления, несоответствие эталону, отсутствие необходимых атрибутов и т. п.).
7. Количество уникальных ошибок – ошибки, требующие экспертного анализа (логические противоречия, некорректная интерпретация предметной области).
8. Субъективная оценка сложности проверки – оценка преподавателем по 5-балльной шкале (от 1 – «очень легко» до 5 – «очень сложно»).

Измерения проводились для каждого из восьми типов документов отдельно, что позволило оценить дифференцированное влияние персонализации на различные этапы проектирования.

Методика сбора данных

Для обеспечения достоверности и воспроизводимости результатов был разработан комплекс методик сбора данных:

Хронометраж работы преподавателей. Каждый преподаватель-консультант фиксировал начало и окончание проверки каждого документа в специальном журнале (в контрольной группе – в бумажном, в экспериментальной – встроенными средствами веб-портала). Фиксировались:

- идентификатор студента;
- тип документа;
- дата и время начала проверки;
- дата и время окончания проверки;
- количество замечаний;
- необходимость повторной проверки.

Для минимизации субъективности хронометража использовались следующие принципы:

- преподаватели не знали о том, что их время замеряется (наблюдение велось скрыто);
- измерения проводились в штатном режиме работы, без искусственного ускорения или замедления;
- исключались случаи, когда проверка прерывалась на другие виды деятельности.

Журналирование операций в веб-портале. Для экспериментальной группы все действия преподавателя (открытие документа, просмотр отчётов, формирование замечаний) автоматически регистрировались в системе [Мир19]. Это позволило получить точные данные о времени, затраченном на каждую операцию, с точностью до секунды. Журнал содержал:

- временные метки начала и завершения каждой операции;
- тип операции (просмотр отчёта, проверка таблицы переименований, анализ несоответствий, формирование комментария);
- идентификаторы проверяемого документа и студента.

Анкетирование преподавателей. По окончании каждого этапа эксперимента преподаватели заполняли анонимную анкету, содержащую вопросы о:

- субъективной оценке сложности проверки (по 5-балльной шкале);
- удовлетворённости инструментальной поддержкой;
- предполагаемом времени, сэкономленном благодаря автоматизации;
- замечаниях по улучшению системы.

Анкетирование проводилось в бумажной форме для исключения влияния электронного документооборота на восприятие.

Фиксация результатов проверки. В обеих группах сохранялись:

- исходные документы студентов;
- сформированные замечания;
- итоговые оценки;
- количество итераций доработки.

Эти данные позволили сопоставить не только временные затраты, но и качественные результаты проверки.

Этапы эксперимента

Эксперимент был организован в четыре последовательных этапа:

Этап 1: Пилотное исследование (1 месяц).

Цель: апробация методики сбора данных, выявление возможных организационных проблем, обучение преподавателей работе с системой журналирования. На этом этапе участвовали 2 преподавателя и 10 студентов (не включённых в основной эксперимент). По результатам пилотного исследования были уточнены формы журналов, скорректированы инструкции для преподавателей, доработаны средства автоматической регистрации времени.

Этап 2: Измерение трудоёмкости в контрольной группе (осенний семестр, 4 месяца).

В контрольной группе (32 студента) курсовое проектирование выполнялось по традиционной методике:

- студенты получали задание в текстовой форме;
- шаблоны ГKD отсутствовали (каждый документ создавался «с нуля»);
- проверка осуществлялась вручную, без автоматизированных средств;
- замечания передавались студентам по электронной почте.

Все временные затраты преподавателей фиксировались в бумажных журналах. Для каждого из 8 типов документов были получены данные о времени проверки, количестве итераций и количестве выявленных ошибок.

Этап 3: Внедрение разработанной системы персонализации (1 месяц) [Мир25а, Мир25б]. Между семестрами проведена подготовка:

- разработаны персонализируемые шаблоны-макеты для всех 8 типов документов;
- создана информационная база (файлы Users.xml, Groups.xml, эталонные модели);
- настроен веб-портал на базе ситуационно-ориентированной среды;
- проведено обучение преподавателей работе с новыми инструментами;
- студенты экспериментальной группы ознакомлены с порядком работы с веб-порталом.

Этап 4: Измерение трудоёмкости в экспериментальной группе (весенний семестр, 4 месяца).

В экспериментальной группе (32 студента) курсовое проектирование выполнялось с использованием разработанной системы:

- студенты получали персонализированные шаблоны-заготовки через веб-портал;
- основная надпись заполнялась автоматически (метод экземплификантов);
- для проверки согласованности этапов автоматически генерировались таблицы переименований (XSL-трансформация);
- контроль соответствия техническому заданию выполнялся автоматически путём сравнения с эталонной моделью;
- плагиат выявлялся с помощью цифровых водяных знаков;
- преподаватели получали автоматически сформированные отчёты о несоответствиях.

Все временные затраты фиксировались автоматически через веб-портал. Дополнительно проводился выборочный хронометраж для верификации автоматических данных.

Методы статистической обработки данных

Для обоснования достоверности полученных результатов применялись следующие статистические методы [Зей20]:

1. *Описательная статистика.* Для каждой выборки (контрольная и экспериментальная группы, по типам документов) вычислялись среднее арифметическое, медиана, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения.

2. *Проверка нормальности распределения.* Использовался критерий Шапиро–Уилка для определения возможности применения параметрических критериев.

3. *Сравнение двух независимых выборок.* При нормальном распределении применялся t -критерий Стьюдента; при ненормальном – U -критерий Манна–Уитни. Уровень значимости принимался равным $p < 0.05$.

4. *Оценка эффекта снижения трудоёмкости.* Рассчитывалось относительное снижение времени проверки в процентах:

$$\Delta = \frac{T_{\text{контр}} - T_{\text{эксп}}}{T_{\text{контр}}} \times 100\%.$$

5. *Построение доверительных интервалов.* Для средних значений времени проверки строились 95% доверительные интервалы.

6. *Корреляционный анализ.* Для оценки связи между автоматизацией отдельных операций и общим снижением трудоёмкости применялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Статистическая обработка выполнена с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel и специализированного программного обеспечения IBM SPSS Statistics.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Динамика трудоёмкости по этапам проектирования

В ходе эксперимента были получены данные о временных затратах преподавателей-консультантов на проверку каждого из восьми типов графических конструкторских документов. В табл. 1 представлены средние значения времени проверки (в минутах) для контрольной и экспериментальной групп.

Как видно из представленных данных, внедрение разработанной системы персонализации привело к статистически значимому снижению времени проверки для всех типов документов ($p < 0,001$ по t -критерию Стьюдента). Среднее снижение трудоёмкости составило 56,4%, что подтверждает высокую эффективность предложенного подхода.

Таблица 1

Сравнение трудоёмкости проверки ГКД в контрольной и экспериментальной группах

Тип документа	Контрольная группа, мин	Экспериментальная группа, мин	Снижение, %	p-value
Локальная иерархическая модель	18,4 ± 3,2	9,1 ± 2,1	50,5	< 0,001
Глобальная иерархическая модель	22,7 ± 4,1	10,8 ± 2,4	52,4	< 0,001
Промежуточная модель	24,3 ± 4,5	11,5 ± 2,6	52,7	< 0,001
Нормализованная модель	28,6 ± 5,2	12,4 ± 2,9	56,6	< 0,001
Глобальная модель «сущность–связь»	31,5 ± 5,8	13,2 ± 3,1	58,1	< 0,001
Реляционная модель	35,2 ± 6,4	14,6 ± 3,5	58,5	< 0,001
Физическая модель	32,8 ± 6,1	13,8 ± 3,3	57,9	< 0,001
Диаграмма SQL-скриптов	26,4 ± 4,9	10,9 ± 2,7	58,7	< 0,001
Среднее по всем документам	27,5 ± 5,0	12,0 ± 2,8	56,4	< 0,001

Наибольшее снижение (58,7%) достигнуто для диаграммы SQL-скриптов, что объясняется высокой степенью автоматизации проверки соответствия SQL-кода реляционной модели. Наименьшее снижение (50,5%) отмечено для локальной иерархической модели, что связано с тем, что на начальном этапе проектирования студенты ещё не в полной мере освоили инструментарий, а преподаватели – методы работы с автоматизированными отчётами.

Видно, что в экспериментальной группе время проверки для всех типов документов стабильно ниже, чем в контрольной, причём разрыв увеличивается по мере усложнения документов (от локальных моделей к реляционным и SQL-скриптам).

Снижение трудоёмкости по категориям операций

Для более детального анализа эффективности автоматизации были выделены основные категории операций проверки, выполняемых преподавателем. В табл. 2 представлены результаты замера времени по каждой категории.

Таблица 2

Сравнение трудоёмкости операций проверки (в минутах на один документ)

Категория операции	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Снижение, %	p-value
Проверка оформления (основная надпись, стандарты)	4,8 ± 1,2	0,9 ± 0,3	81,3	< 0,001
Верификация согласованности этапов	6,2 ± 1,5	1,5 ± 0,5	75,8	< 0,001
Контроль соответствия техническому заданию	8,4 ± 2,0	2,2 ± 0,7	73,8	< 0,001
Выявление плагиата	2,1 ± 0,6	0,4 ± 0,2	81,0	< 0,001
Проверка корректности связей и структуры	4,5 ± 1,1	3,8 ± 1,0	15,6	0,042
Формирование обратной связи	1,5 ± 0,4	0,8 ± 0,3	46,7	< 0,001
Общее время	27,5 ± 5,0	9,6 ± 2,2	65,1	< 0,001

Примечание: суммарное время по операциям (9,6 мин) отличается от общего времени проверки (12,0 мин) за счёт накладных расходов (открытие документов, навигация, технические паузы).

Наибольший эффект автоматизации достигнут в операциях, полностью или частично переданных системе:

- *Проверка оформления* (81,3% снижения). Автоматическое заполнение основной надписи через экземпляры и контроль соответствия шаблона стандартам практически исключили необходимость ручной проверки этих элементов.

- *Выявление плагиата* (81,0% снижения). Цифровые водяные знаки позволили автоматически выявлять заимствования, что ранее требовало трудоёмкого сравнения документов разных студентов.

- *Верификация согласованности этапов* (75,8% снижения). Автоматическое формирование таблиц прослеживания переименований сократило время на сопоставление имён объектов между этапами с нескольких минут до нескольких секунд.

- *Контроль соответствия техническому заданию* (73,8% снижения). Сравнение схемы с эталонной моделью, выполняемое системой, заменило ручной анализ, который ранее был наиболее трудоёмкой операцией.

Наименьший эффект (15,6% снижения) достигнут в проверке корректности связей и структуры. Это объясняется тем, что данная операция требует экспертного анализа логики проектного решения, который не может быть полностью автоматизирован. Однако даже здесь отмечается некоторое снижение трудоёмкости за счёт того, что система предоставляет преподавателю структурированную информацию о связях и позволяет быстрее ориентироваться в документе.

Статистическая значимость полученных результатов

Для подтверждения достоверности различий между контрольной и экспериментальной группами был проведён статистический анализ с использованием t -критерия Стьюдента для независимых выборок. Проверка нормальности распределения (критерий Шапиро–Уилка) показала, что данные для всех типов документов и категорий операций соответствуют нормальному закону распределения ($p > 0,05$).

Результаты статистического анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты статистической проверки гипотез

Показатель	Среднее (контроль)	Среднее (эксперимент)	t -статистика	Степени свободы	p -value
Общее время проверки, мин	27,5	12,0	14,82	62	< 0,001
Количество итераций доработки	2,8	1,4	9,56	62	< 0,001
Время формирования обратной связи, мин	1,5	0,8	6,23	62	< 0,001
Количество выявленных ошибок (общее)	12,4	9,8	4,12	62	< 0,001
Количество типовых ошибок	8,2	2,1	11,45	62	< 0,001
Количество уникальных ошибок	4,2	7,7	– 5,87	62	< 0,001

Интересным результатом является изменение структуры выявленных ошибок. В экспериментальной группе общее количество выявленных ошибок снизилось (с 12,4 до 9,8), что объясняется тем, что многие типовые ошибки (оформление, соответствие эталону) были предотвращены системой на этапе генерации. При этом количество уникальных ошибок, требующих экспертного анализа, увеличилось (с 4,2 до 7,7), что свидетельствует о смещении фокуса проверки с рутинных операций на содержательные аспекты проектирования.

Доверительные интервалы для контрольной и экспериментальной групп не пересекаются ни для одного типа документа, что подтверждает статистическую значимость различий.

Влияние на качество проверки

Помимо количественных показателей трудоёмкости, в ходе эксперимента оценивалось влияние автоматизации на качество проверки. Для этого были проанализированы следующие параметры:

1. *Полнота выявления ошибок.* В экспериментальной группе доля ошибок, пропущенных при первичной проверке (и выявленных на последующих итерациях), снизилась с 18% до 7%. Это объясняется тем, что автоматические отчёты обеспечивают систематический охват всех элементов документа, в то время как при ручной проверке возможны пропуски.

2. *Объективность оценивания.* Анкетирование преподавателей показало, что в экспериментальной группе субъективная уверенность в корректности проверки возросла: средняя

оценка по 5-балльной шкале увеличилась с 3,4 до 4,6. Преподаватели отмечали, что автоматические отчёты помогают избежать «усталости внимания» при длительной проверке.

3. *Снижение количества итераций доработки.* Как показано в таблице 3, среднее количество итераций доработки снизилось с 2,8 до 1,4. Это означает, что после внедрения системы большинство документов принималось с первой или второй попытки, тогда как ранее требовалось 2–3 цикла доработки. Сокращение итераций положительно сказалось как на нагрузке преподавателей, так и на сроках выполнения проектов.

4. *Удовлетворённость преподавателей.* По итогам анкетирования все 4 преподавателя-консультанта отметили, что использование системы персонализации существенно облегчило их работу. Средняя оценка удовлетворённости составила 4,7 из 5. Основными преимуществами были названы: снижение рутины, автоматическое формирование отчётов, удобство верификации согласованности этапов.

Таким образом, экспериментальное исследование подтвердило, что разработанный подход к персонализации ГКД позволяет не только значительно снизить трудоёмкость проверки для преподавателей-консультантов, но и повысить её качество и объективность. Полученные количественные и качественные результаты свидетельствуют о высокой эффективности предложенных моделей, методов и программных средств.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Интерпретация полученных данных

Проведённое экспериментальное исследование позволило получить количественные и качественные данные, подтверждающие эффективность разработанного подхода к персонализации графических конструкторских документов с точки зрения снижения трудоёмкости проверки для преподавателей-консультантов. Полученные результаты требуют содержательной интерпретации в контексте выявленных закономерностей и факторов, повлиявших на динамику временных затрат.

Наиболее значительное снижение трудоёмкости в операциях оформления и контроля соответствия. Снижение времени проверки оформления на 81,3% и контроля соответствия техническому заданию на 73,8% объясняется тем, что именно эти операции в наибольшей степени поддаются формализации и автоматизации. Метод экземплификантов гарантирует корректное заполнение основной надписи, исключая необходимость ручной проверки каждого поля. Автоматическое сравнение схемы с эталонной моделью заменяет трудоёмкий процесс визуального сопоставления, который в контрольной группе занимал до 8,4 минут на документ. Полученные результаты согласуются с выводами работ [Мир23г, Мир24], где было показано, что применение XML-технологий для обработки графических документов позволяет эффективно решать задачи автоматизированного внесения и извлечения данных.

Высокая эффективность автоматической верификации согласованности этапов. Снижение времени на проверку согласованности между этапами на 75,8% является одним из ключевых результатов исследования. В многоэтапном проектировании, где каждый последующий документ должен опираться на решения, принятые на предыдущем этапе, традиционная проверка требует одновременного открытия двух (или более) документов и ручного сопоставления имён объектов. Разработанный механизм XSL-трансформации, автоматически формирующий таблицу прослеживания переименований, не только сокращает временные затраты, но и исключает риск пропуска несоответствий. Этот результат подтверждает теоретические положения, изложенные в [Мир23в, Мир23г], о необходимости ситуационно-зависимой персонализации для многоэтапных проектов.

Снижение трудоёмкости выявления плагиата. Снижение времени на выявление плагиата на 81,0% достигнуто за счёт внедрения цифровых водяных знаков в пользовательские ячейки XML-представления фигур. В традиционном подходе обнаружение заимствований графических элементов практически невозможно без специальных средств; преподаватель может вы-

явить плагиат лишь в случае явного копирования текстовых полей. Предложенный метод делает процесс выявления плагиата автоматизированным и объективным, что особенно важно в условиях массового учебного проектирования. Данный результат развивает идеи, представленные в работах [Мир23а, Шак23], о применении стеганографических методов для скрытой персонализации документов.

Ограниченное влияние на проверку корректности связей и структуры. Наименьшее снижение трудоёмкости (15,6%) отмечено для операции проверки корректности связей и структуры. Это объясняется тем, что данная операция в значительной степени требует экспертного анализа логики проектного решения, который не может быть полностью формализован и автоматизирован. Однако даже здесь наблюдается положительный эффект: система предоставляет преподавателю структурированное представление о связях (например, в виде таблицы переименований или отчёта о несоответствиях), что позволяет быстрее ориентироваться в документе и сокращает время на поиск проблемных мест. Этот результат указывает на границы применимости автоматизации и подчёркивает важность сохранения экспертной роли преподавателя.

Изменение структуры выявленных ошибок. Увеличение доли уникальных ошибок (с 4,2 до 7,7) при снижении общего числа ошибок свидетельствует о качественном изменении фокуса проверки. В экспериментальной группе преподаватели тратят меньше времени на выявление типовых, легко формализуемых ошибок, и больше — на анализ сложных, требующих экспертной оценки ситуаций. Это позволяет говорить о «сдвиге» нагрузки с рутинных операций на содержательные аспекты проектирования, что соответствует одной из ключевых целей исследования — высвобождению ресурса для творческой деятельности. Данный результат подтверждает гипотезу исследования о том, что персонализация шаблонов позволяет не только сократить трудоёмкость, но и повысить качество учебного процесса.

Сравнение с известными подходами

Для оценки новизны и практической значимости полученных результатов необходимо сопоставить разработанный подход с известными решениями в области автоматизации проверки учебных работ и обработки графических документов.

Сравнение с подходами на основе специализированных САПР. В работах [Ант22, Коз19, Пол24] рассматриваются вопросы автоматизации в системах автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных системах технологической подготовки производства (АСТПП). Эти решения, как правило, ориентированы на промышленное применение и требуют использования дорогостоящего специализированного программного обеспечения, что ограничивает их применение в учебном процессе. Предложенный подход, напротив, использует общедоступные универсальные графические редакторы (Microsoft Visio, LibreOffice Draw) и открытые форматы, что делает его доступным для широкого круга образовательных организаций.

Сравнение с системами электронного документооборота. Существующие системы электронного документооборота [Пол24, Сол24] обеспечивают хранение и передачу документов, но не предоставляют средств автоматизированной проверки их содержания. Предложенный подход не только автоматизирует доставку персонализированных шаблонов, но и включает механизмы семантического анализа графических документов, что является его существенным отличием.

Сравнение с подходами к проверке текстовых работ. В области проверки текстовых студенческих работ широкое распространение получили системы антиплагиата, основанные на сравнении текстовых фрагментов. Для графических документов аналогичные средства практически отсутствуют. Разработанный метод цифровых водяных знаков позволяет решить задачу выявления заимствований в графических схемах, что является новым результатом, не имеющим прямых аналогов в известной литературе.

Сравнение с работами по онтологическому моделированию. В исследованиях [Ант22, Мур20, Мои23] рассматриваются вопросы применения онтологического подхода для формализации предметных областей в образовании. Предложенная в настоящей работе онтологическая модель учебного проектирования дополняет эти исследования конкретной реализацией применительно к задаче персонализации ГKD и включает не только статическую структуру, но и динамические аспекты (процессы проверки, верификации, формирования обратной связи).

Ограничения эксперимента

Несмотря на убедительные результаты, проведённое исследование имеет ряд ограничений, которые следует учитывать при интерпретации полученных данных и планировании дальнейших исследований.

Специфика предметной области. Эксперимент проводился в рамках одной дисциплины — «Базы данных». Хотя эта дисциплина является типичной для ИТ-направлений подготовки, результаты могут различаться для других предметных областей с иными типами графических документов (например, чертежи в машиностроении, блок-схемы алгоритмов, диаграммы бизнес-процессов). Дальнейшие исследования должны проверить применимость подхода в других контекстах.

Количество участников. В эксперименте участвовали 64 студента и 4 преподавателя. Хотя этот объём является достаточным для статистически значимых выводов, расширение выборки в будущих исследованиях позволит повысить надёжность результатов и выявить возможные эффекты, связанные с индивидуальными особенностями преподавателей (опыт работы, возраст, уровень владения информационными технологиями).

Адаптация преподавателей. Между этапами эксперимента преподаватели проходили обучение работе с системой. Хотя это необходимо для корректного внедрения, нельзя полностью исключить влияние фактора «новизны», когда преподаватели в экспериментальной группе могли проявлять повышенное внимание к деталям. Для минимизации этого эффекта в пилотном исследовании проводилось предварительное обучение, а измерения начинались только после того, как преподаватели демонстрировали уверенное владение инструментами.

Технические ограничения. Разработанная система ориентирована на работу с форматами VDX и VSDX редактора Microsoft Visio. Хотя эти форматы являются открытыми и широко распространёнными, существуют и другие редакторы (LibreOffice Draw с форматом ODG), поддержка которых требует дополнительной адаптации. В настоящем исследовании эксперимент проводился в среде Visio, что соответствует сложившейся практике в учебном процессе.

Долгосрочная устойчивость эффекта. Эксперимент охватил два семестра, что позволило оценить эффекты в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Однако остаётся открытым вопрос о долгосрочной устойчивости полученных результатов: сохранится ли снижение трудоёмкости после длительного использования системы, не возникнет ли эффект «привыкания» или, напротив, дальнейшего повышения эффективности за счёт накопления опыта.

Направления дальнейших исследований

Полученные результаты открывают ряд перспективных направлений для продолжения исследований.

Расширение на другие форматы векторной графики. Перспективным является адаптация разработанных методов для формата ODG (OpenDocument Graphics), используемого в LibreOffice Draw и OpenOffice Draw. Это позволит охватить более широкий круг образовательных организаций, предпочитающих свободное программное обеспечение.

Внедрение методов машинного обучения. Для операций, которые в настоящем исследовании показали наименьшую степень автоматизации (проверка корректности связей и структуры), возможно применение методов машинного обучения. Например, нейросетевые модели могут быть обучены на размеченных данных для автоматического выявления типовых логических ошибок. Это позволит ещё больше снизить трудоёмкость экспертного анализа.

Интеллектуальная поддержка формирования обратной связи. Автоматически сформированные отчёты о несоответствиях могут быть дополнены рекомендациями по исправлению ошибок, сгенерированными на основе анализа типовых решений. Это позволит не только выявлять проблемы, но и предлагать студентам конкретные пути их устранения, что повысит педагогическую ценность системы.

Интеграция с системами дистанционного обучения. Разработанный веб-портал может быть интегрирован с платформами дистанционного обучения (Moodle, LMS) для обеспечения единого интерфейса управления учебным процессом. Это упростит внедрение и повысит удобство использования для преподавателей и студентов.

Оценка влияния на академическую успеваемость. В настоящем исследовании основное внимание уделялось трудоёмкости проверки. Перспективным является изучение влияния автоматизации на академическую успеваемость студентов: позволяет ли персонализация шаблонов и автоматизированная обратная связь повысить качество выполнения проектов и глубину освоения материала.

Лонгитюдное исследование. Проведение длительного (3–5 лет) лонгитюдного исследования позволит оценить устойчивость эффекта во времени, выявить долгосрочные тренды и оценить влияние смены поколений студентов и преподавателей на эффективность системы.

Таким образом, проведённое экспериментальное исследование подтвердило, что разработанный подход к персонализации ГКД позволяет статистически значимо снизить трудоёмкость проверки для преподавателей-консультантов, при этом повышая качество и объективность контроля. Наибольший эффект достигнут в операциях, поддающихся формализации и автоматизации (оформление, контроль соответствия, верификация согласованности этапов). Выявленные ограничения и перспективные направления дальнейших исследований определяют вектор развития предложенной методологии [[Мир256](#)].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое в рамках настоящей статьи исследование было посвящено количественной оценке влияния разработанного подхода к персонализации графических конструкторских документов на трудоёмкость проверки для преподавателей-консультантов в учебном ИТ-проектировании. На основе экспериментальных данных, полученных в ходе курсового проектирования по дисциплине «Базы данных», были сделаны следующие основные выводы.

1. Статистически значимое снижение трудоёмкости проверки. Внедрение разработанной системы персонализации ГКД позволило снизить среднее время проверки одного графического документа с 27,5 до 12,0 минут, что составляет 56,4% ($p < 0,001$). Снижение подтверждено для всех восьми типов документов, входящих в состав курсового проекта, с наибольшим эффектом для диаграммы SQL-скриптов (58,7%) и наименьшим — для локальной иерархической модели (50,5%).

2. Наиболее значительная автоматизация достигнута в операциях, поддающихся формализации. Наибольшее снижение трудоёмкости зафиксировано для операций:

- проверки оформления (81,3%) – за счёт автоматического заполнения основной надписи методом экземплификантов;
- выявления плагиата (81,0%) – благодаря внедрению цифровых водяных знаков в пользовательские ячейки XML-представления фигур;
- верификации согласованности этапов (75,8%) – посредством XSL-трансформаций, автоматически формирующих таблицы прослеживания переименований;
- контроля соответствия техническому заданию (73,8%) – на основе автоматического сравнения схемы с эталонной моделью.

3. Качественное изменение структуры проверки. При снижении общего числа выявленных ошибок (с 12,4 до 9,8) количество уникальных ошибок, требующих экспертного анализа,

увеличилось (с 4,2 до 7,7). Это свидетельствует о смещении фокуса проверки с рутинных операций на содержательные аспекты проектирования, что соответствует одной из ключевых целей исследования.

4. Повышение качества и объективности проверки. Доля пропущенных при первичной проверке ошибок снизилась с 18% до 7%. Субъективная уверенность преподавателей в корректности проверки возросла с 3,4 до 4,6 баллов по 5-балльной шкале. Среднее количество итераций доработки сократилось с 2,8 до 1,4.

5. Подтверждение гипотезы исследования. Полученные результаты полностью подтверждают исходную гипотезу о том, что разработанный подход к персонализации ГКД, основанный на применении уникальных семантических меток и модифицируемых трафаретов условных графических обозначений, позволяет значительно снизить трудоёмкость рутинных операций для преподавателей-консультантов, повышая тем самым общую эффективность учебного проектирования.

Практическая значимость

Результаты, полученные в ходе исследования, имеют непосредственное практическое значение для организации учебного процесса в технических вузах и могут быть использованы в следующих направлениях:

1. Сокращение нагрузки на профессорско-преподавательский состав. Снижение времени проверки на 56,4% позволяет преподавателям-консультантам высвободить значительный объём рабочего времени, который может быть направлен на углублённую работу со студентами, разработку новых учебных материалов или научную деятельность.

2. Повышение объективности оценивания. Автоматическое формирование отчётов о несоответствиях, верификация согласованности этапов и выявление плагиата способствуют устранению субъективного фактора при оценке студенческих работ, что повышает справедливость и прозрачность контроля.

3. Улучшение качества подготовки выпускников. Смещение фокуса проверки с рутинных операций на содержательные аспекты позволяет преподавателям больше внимания уделять анализу проектных решений, развитию у студентов навыков системного мышления и профессиональной аргументации.

4. Масштабируемость и воспроизводимость. Разработанный подход ориентирован на использование открытых форматов (VDX, VSDX) и общедоступных графических редакторов (Microsoft Visio, LibreOffice Draw), что обеспечивает его воспроизводимость в различных образовательных организациях без необходимости приобретения дорогостоящего специализированного программного обеспечения.

5. Основа для дальнейшего развития. Предложенная методология может быть адаптирована для других дисциплин, связанных с разработкой графической документации (схемотехника, автоматизация проектирования, архитектура программных систем), а также для различных уровней образования (бакалавриат, магистратура, дополнительное профессиональное образование).

Направления дальнейших исследований

Несмотря на достигнутые результаты, проведённое исследование выявляет ряд перспективных направлений для продолжения работы:

1. *Расширение спектра поддерживаемых форматов.* Адаптация разработанных методов для формата ODG (OpenDocument Graphics), используемого в LibreOffice Draw и OpenOffice Draw, позволит охватить образовательные организации, ориентированные на свободное программное обеспечение, и обеспечить технологическую независимость.

2. *Внедрение методов машинного обучения.* Применение нейросетевых моделей для автоматического выявления сложных логических ошибок, которые в настоящем исследовании оставались в зоне экспертного анализа, позволит ещё больше снизить трудоёмкость проверки и повысить её качество.

3. *Интеллектуальная поддержка обратной связи.* Разработка системы автоматической генерации рекомендаций по исправлению ошибок на основе анализа типовых решений и накопленной базы данных студенческих работ.

4. *Интеграция с платформами дистанционного обучения.* Обеспечение взаимодействия разработанного веб-портала с системами управления обучением (Moodle, LMS) для создания единой среды поддержки учебного проектирования.

5. *Лонгитюдные исследования.* Проведение многолетнего исследования для оценки устойчивости эффекта во времени, выявления долгосрочных тенденций и влияния смены поколений студентов и преподавателей на эффективность системы.

6. *Оценка влияния на академическую успеваемость.* Исследование корреляции между использованием персонализированных шаблонов и качеством выполнения проектов, глубиной усвоения материала, а также успешностью последующего обучения.

7. *Разработка методических рекомендаций.* Создание комплекса методических материалов для преподавателей и студентов по эффективному использованию разработанной системы в учебном процессе, включая примеры, шаблоны, инструкции и критерии оценки.

В настоящей статье представлены результаты экспериментальной оценки влияния разработанного подхода к персонализации графических конструкторских документов на трудоемкость проверки для преподавателей-консультантов в учебном ИТ-проектировании. На основе данных, полученных в ходе курсового проектирования по дисциплине «Базы данных» с участием 64 студентов и 4 преподавателей, установлено статистически значимое снижение времени проверки на 56,4%, а также качественное изменение структуры проверки в сторону увеличения доли содержательного анализа.

Наибольший эффект достигнут в операциях, поддающихся формализации: проверка оформления (снижение на 81,3%), выявление плагиата (81,0%), верификация согласованности этапов (75,8%) и контроль соответствия техническому заданию (73,8%). При этом количество уникальных ошибок, требующих экспертного анализа, увеличилось, что свидетельствует о смещении фокуса проверки с рутинных операций на содержательные аспекты проектирования.

Полученные результаты подтверждают гипотезу исследования и демонстрируют высокую эффективность предложенного подхода, что позволяет рекомендовать его к внедрению в учебный процесс технических вузов. Разработанная методология, основанная на использовании открытых графических форматов и ситуационно-ориентированной среды, обладает свойством масштабируемости и может быть адаптирована для широкого круга дисциплин, связанных с разработкой графической конструкторской документации.

БЛАГОДАРНОСТИ И ПОДДЕРЖКА

Автор выражает благодарность сотрудникам кафедры автоматизированных систем управления Уфимского университета науки и технологий за содействие в организации и проведении экспериментального исследования, а также студентам, принявшим участие в апробации разработанной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- | | |
|---|---|
| <p>[Ala21] Alamri H. A., Watson S., Watson W. Learning technology models that support personalization within blended learning environments in higher education // Tech Trends. 2021. Vol. 65. P. 62–78. BBFNME.</p> <p>[Coe20] Coelho D., Mueller K. Infomages: Embedding Data into Thematic Images // Computer Graphics Forum. 2020. Vol. 39, no. 3. P. 593–606. WLGQRJ.</p> <p>[Pie20] Pieris D., Wijegunsekera M. C., Dias N. G. J. ER model partitioning: Towards trustworthy automated systems development // International Journal of Advanced Computer</p> | <p>Alamri H. A., Watson S., Watson W. Learning technology models that support personalization within blended learning environments in higher education // Tech Trends. 2021. Vol. 65. P. 62–78. BBFNME.</p> <p>Coelho D., Mueller K. Infomages: Embedding Data into Thematic Images // Computer Graphics Forum. 2020. Vol. 39, no. 3. P. 593–606. WLGQRJ.</p> <p>Pieris D., Wijegunsekera M. C., Dias N. G. J. ER model partitioning: Towards trustworthy automated systems development // International Journal of Advanced Computer</p> |
|---|---|

- Science and Applications. 2020. Vol. 11, no. 6. P. 286–293. [XLRLKZ](#).
- [Ант22] Антонов В. В., Конев К. А. Система поддержки принятия решений для бизнес-процесса внутреннего аудита качества предприятия // Онтология проектирования. 2022. Т. 12, № 1(43). С. 106–116. [ZDGZCI](#).
- [Гус15] Гусаренко А. С. Модели создания документов в формате Office Open XML на основе ситуационно-ориентированной базы данных // Прикладная информатика. 2015. Т. 10, № 3. С. 62–75. [TZKLFT](#).
- [Гус24] Гусаренко А. С., Миронов В. В. Совместная программная обработка разнородных конструкторских документов в учебном ИТ-проектировании // Системная инженерия и информационные технологии. 2024. Т. 6, № 3(18). С. 102–118. [QATAMS](#).
- [Зей20] Зейналова С. М. Алгоритм ассоциативного поиска информации в базах данных и знаний ИАП специализированных электронных интерфейсов // САПР и моделирование в современной электронике: матер. IV Междунар. конф. Сб. науч. тр. (Брянск, 22-23 октября 2020 г.). [SSQLAU](#).
- [Кап14] Капранова В. А. Проектное обучение в вузе: исторические и технологические аспекты // Известия Воронежского государственного педагогического университета. 2014. № 3(264). С. 78–80. [THAUIF](#).
- [Коз19] Козырев Д. Б. Особенности практического использования информации в системе сквозного проектирования на этапе технологической подготовки производства // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 4 (16). С. 122–130. [DLELVY](#).
- [Льв20] Львов Л. В. Персонализация в образовании в условиях цифровой трансформации жизни // Теоретико-методологические и прикладные проблемы науки о человеке и обществе в условиях цифровой трансформации жизни: Материалы Междунар. науч.-иссл. конф. Челябинск, 2020. С. 134–136. [CXUTPW](#).
- [Мир06] Миронов В. В., Шакирова Г. Р. Программно-инструментальное средство для создания и ведения динамических xml-документов // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 5. С. 54–63. [ICHUSJ](#).
- [Мир08] Миронов В. В., Шакирова Г. Р., Яфаев В. Э. Иерархическая модель персонализированных документов и ее XML-реализация // Вестник УГАТУ. 2008. Т. 11, № 1. С. 164–174. [JXECDD](#).
- [Мир09] Миронов В. В., Маликова К. Э. Интернет-приложения на основе встроенных динамических моделей: идея, концепция, безопасность // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 13, № 2. С. 167–179. [PWTLMZ](#).
- [Мир11] Миронов В. В., Юсупова Н. И., Шакирова Г. Р. Иерархические модели данных: концепции и реализация на основе XML. М.: Машиностроение, 2011. [QMXDFZ](#).
- [Мир14] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Диметриев Р. Р., Сарваров М. Р. Создание персонализированных документов на основе ситуационно-ориентированной базы данных // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 4 (65). С. 191–197. [TBQMHT](#).
- [Мир15] Миронов В. В., Юсупова Н. И., Гусаренко А. С. Ситуационно-ориентированные базы данных: современное состояние и перспективы исследования // Вестник УГАТУ. 2015. Т. 19, № 2 (68). С. 188–199. [VYWUXT](#).
- [Мир19] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Юсупова Н. И. Применение веб-сервисов на основе ситуационно-ориентированной базы данных для мониторинга просмотра учебного видеоконтента // Моделирование, оптимизация и Science and Applications. 2020. Vol. 11, no. 6. P. 286–293. [XLRLKZ](#).
- Antonov V. V., Konev K. A. “Decision support system for the business process of internal quality audit of an enterprise” // *Ontology of Designing*. 2022. Vol. 12, no. 1(43). Pp. 106–116. [ZDGZCI](#). (In Russian).
- Gusarenko A. S. “Models for creating documents in Office Open XML format based on a situation-oriented database” // *Applied Informatics*. 2015. Vol. 10, no. 3. Pp. 62–75. [TZKLFT](#). (In Russian).
- Gusarenko A. S., Mironov V. V. “Joint software processing of heterogeneous design documents in educational IT-design” // *Systems Engineering and Information Technology*. 2024. Vol. 6, no. 3(18). Pp. 102–118. [QATAMS](#). (In Russian).
- Zeynalova S. M. “Algorithm for associative search of information in databases and knowledge of IAP specialized electronic interfaces” // *CAD and modeling in modern electronics: Proceedings of the IV International Conference. Collected Scientific Papers* (Bryansk, October 22-23, 2020). [SSQLAU](#). (In Russian).
- Kapranova V. A. “Project-based learning at university: historical and technological aspects” // *Proceedings of the Voronezh State Pedagogical University*. 2014. no. 3(264). Pp. 78–80. [THAUIF](#). (In Russian).
- Kozyrev D. B. “Peculiarities of practical use of information in the end-to-end design system at the stage of technological preparation of production” // *Information and Mathematical Technologies in Science and Management*. 2019. no. 4 (16). Pp. 122–130. [DLELVY](#). (In Russian).
- Lvov L. V. “Personalization in education in the context of digital transformation of life” // *Theoretical, methodological and applied problems of the science of man and society in the context of digital transformation of life: Proceedings of the International Scientific and Research Conference*. Chelyabinsk, 2020. Pp. 134–136. [CXUTPW](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Shakirova G. R. “Software tool for creating and maintaining dynamic XML documents” // *Vestnik UGATU*. 2007. Vol. 9, no. 5. Pp. 54–63. [ICHUSJ](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Shakirova G. R., Yafaev V. E. “Hierarchical model of personalized documents and its XML implementation” // *Vestnik UGATU*. 2008. Vol. 11, no. 1. Pp. 164–174. [JXECDD](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Malikova K. E. “Internet applications based on embedded dynamic models: idea, concept, security” // *Vestnik UGATU*. 2009. Vol. 13, no. 2. Pp. 167–179. [PWTLMZ](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Yusupova N. I., Shakirova G. R. “Hierarchical data models: concepts and XML-based implementation”. Moscow: Mashinostroenie, 2011. [QMXDFZ](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Dimetrieve R. R., Sarvarov M. R. “Creation of personalized documents based on a situation-oriented database” // *Vestnik UGATU*. 2014. Vol. 18, no. 4 (65). Pp. 191–197. [TBQMHT](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Yusupova N. I., Gusarenko A. S. “Situation-oriented databases: current state and research prospects” // *Vestnik UGATU*. 2015. Vol. 19, no. 2 (68). Pp. 188–199. [VYWUXT](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Yusupova N. I. “Application of web services based on a situation-oriented database for monitoring the viewing of educational video content” //

- информационные технологии. 2019. Т. 7, № 3. С. 20. [ZDYWHG](#).
- [Мир20] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Ситуационно-ориентированные базы данных: формирование персонализированных графических документов для поддержки учебного проектирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2020. Т. 8, № 2 (29). [TBVTRN](#).
- [Мир21] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Извлечение семантической информации из графических схем // Информатика и автоматизация. 2021. Т. 20, № 4. С. 940–970. [YNTPOZ](#).
- [Мир23а] Миронов В. В. Выявление плагиата в графических конструкторских документах в ходе учебного проектирования // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 1 (10). С. 56–66. [XJGVOE](#).
- [Мир23б] Миронов В. В., Тугузбаев Г. А. Персонализация графических конструкторских документов в учебном проектировании: функциональная модель концептуального уровня // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 2 (11). С. 18–32. [KOFVMO](#).
- [Мир23в] Миронов В. В., Тугузбаев Г. А. Персонализируемые шаблоны графических конструкторских документов в учебном проектировании: логические ситуационно-ориентированные модели // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 3(12). С. 53–68. [VIHWWC](#).
- [Мир23г] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Персонализированные шаблоны конструкторских документов в учебном проектировании: онтологические аспекты и ситуационно-ориентированная реализация // Онтология проектирования. 2023. Т. 13, № 3(49). С. 333–351. [GEPSYX](#).
- [Мир24] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Персонализация графических конструкторских документов: программная реализация в ситуационно-ориентированной среде // Системная инженерия и информационные технологии. 2024. Т. 6, № 4(19). С. 77–90. [JEGOKH](#).
- [Мир25а] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Персонализация графических конструкторских документов в ситуационно-ориентированной среде: использование XSL-трансформации // Системная инженерия и информационные технологии. 2025. Т. 7, № 2(21). С. 163–176. [JEGOKH](#).
- [Мир25б] Миронов В. В., Гусаренко А. С., Тугузбаев Г. А. Персонализация графических конструкторских документов: влияние на трудоемкость учебного проектирования // Системная инженерия и информационные технологии. 2025. Т. 7, № 4 (23). С. 101–115. [EJLSPM](#).
- [Мои23] Моисеева Т. В. Методологические основы поддержки принятия решений по управлению инновационным развитием социотехнических объектов на основе интересубъективного подхода // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 2 (11). С. 66–95. [CNPZYU](#).
- [Мур20] Муромцев Д. И. Модели и методы индивидуализации электронного обучения в контексте онтологического подхода // Онтология проектирования. 2020. Т. 10, № 1 (35). С. 34–49. [GVLRRV](#).
- [Пол24] Полевщиков И. С., Тиллаев А. П., Берестнев М. М. Разработка алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной информационной веб-системы электронного документооборота в образовательной сфере // Инженерный вестник Дона. 2024. № 7(115). С. 38–58. [EATJOD](#).
- Modeling, Optimization and Information Technology. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 20. [ZDYWHG](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Situation-oriented databases: formation of personalized graphic documents to support educational design” // Modeling, Optimization and Information Technology. 2020. Vol. 8, no. 2 (29). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.013. [TBVTRN](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Extraction of semantic information from graphic schemes” // Informatics and Automation. 2021. Vol. 20, no. 4. Pp. 940–970. DOI: 10.15622/ia.20.4.7. [YNTPOZ](#). (In Russian).
- Mironov V. V. “Detection of plagiarism in graphic design documents in the course of educational design” // Systems Engineering and Information Technology. 2023. Vol. 5, no. 1 (10). Pp. 56–66. [XJGVOE](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Tuguzbaev G. A. “Personalization of graphic design documents in educational design: a functional model of the conceptual level” // Systems Engineering and Information Technology. 2023. Vol. 5, no. 2 (11). Pp. 18–32. [KOFVMO](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Tuguzbaev G. A. “Personalizable templates of graphic design documents in educational design: logical situation-oriented models” // Systems Engineering and Information Technology. 2023. Vol. 5, no. 3(12). Pp. 53–68. [VIHWWC](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Personalized templates of design documents in educational design: ontological aspects and situation-oriented implementation” // Ontology of Designing. 2023. Vol. 13, no. 3(49). Pp. 333–351. [GEPSYX](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Personalization of graphic design documents: software implementation in a situation-oriented environment” // Systems Engineering and Information Technology. 2024. Vol. 6, no. 4(19). Pp. 77–90. [JEGOKH](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Personalization of graphic design documents in a situation-oriented environment: using XSL transformation” // Systems Engineering and Information Technology. 2025. Vol. 7, no. 2(21). Pp. 163–176. [JEGOKH](#). (In Russian).
- Mironov V. V., Gusarenko A. S., Tuguzbaev G. A. “Personalization of graphic design documents: impact on the labor intensity of educational design” // Systems Engineering and Information Technology. 2025. Vol. 7, no. 4 (23). Pp. 101–115. [EJLSPM](#). (In Russian).
- Moiseeva T. V. “Methodological foundations of decision support for managing the innovative development of socio-technical objects based on an intersubjective approach” // Systems Engineering and Information Technology. 2023. Vol. 5, no. 2 (11). Pp. 66–95. [CNPZYU](#). (In Russian).
- Muromtsev D. I. “Models and methods of e-learning individualization in the context of the ontological approach” // Ontology of Designing. 2020. Vol. 10, no. 1 (35). Pp. 34–49. [GVLRRV](#). (In Russian).
- Polevshchikov I. S., Tillaev A. P., Berestnev M. M. “Development of algorithmic and software for an automated information web-system of electronic document management in the educational sphere” // Engineering Bulletin of the Don. 2024. no. 7(115). Pp. 38–58. [EATJOD](#). (In Russian).

- [Сол24] Соловьев А. В. Задача генерации выходных форм документов информационных систем // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2024. Т. 74, № 3. С. 22–28. [GMDPNM](#).
- [Шак23] Шакурский М. В., Шамшаев М. Ю. Инвариантные системы стеганографической защиты информации в реальном времени с использованием двухкомпонентных контейнеров // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5, № 3(12). С. 114–135. [NCCYIN](#).
- [Юсу15] Юсупова Н. И., Сметанина О. Н., Климова А. В. Организация информационной поддержки принятия решений при управлении образовательным маршрутом на основе онтологии // Информационные технологии и системы: Тр. 4-й Междунар. науч. конф. 2015. С. 109–111. [TOREUZ](#).
- Soloviev A. V. "The problem of generating output forms of documents of information systems" // Proceedings of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences. 2024. Vol. 74, no. 3. Pp. 22–28. [GMDPNM](#). (In Russian).
- Shakursky M. V., Shamshaev M. Yu. "Invariant systems of real-time steganographic protection using two-component containers" // Systems Engineering and Information Technology. 2023. Vol. 5, no. 3(12). Pp. 114–135. [NCCYIN](#). (In Russian).
- Yusupova N. I., Smetanina O. N., Klimova A. V. "Organization of information support for decision-making in the management of the educational route based on ontology" // Information Technologies and Systems: Proceedings of the 4th International Scientific Conference. 2015. Pp. 109–111. [TOREUZ](#). (In Russian).

ОБ АВТОРЕ | ABOUT THE AUTHOR

ТУГУЗБАЕВ Гаяз Ахтямович

Уфимский юридический институт МВД России.

hayaz1@mail.ru ORCID: [0000-0003-2036-6416](#).

Старший преподаватель кафедры информационного и технического обеспечения ОВД.

TUGUZBAEV Gayaz Akhtyamovich

Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia.

hayaz1@mail.ru ORCID: [0000-0003-2036-6416](#).

Senior lecturer at the Department of Information and Technical Support of the Department of Internal Affairs.

МЕТАДАННЫЕ | METADATA

Заглавие: Влияние персонализации графических конструкторских документов на трудоемкость проверки и контроля в учебном проектировании.

Авторы: Тугузбаев Г. А.

Аннотация: Целью исследования является количественная оценка влияния автоматизированной персонализации графических конструкторских документов на трудоёмкость их проверки преподавателями-консультантами в ходе учебного проектирования. В работе представлены системные модели и методы персонализации шаблонов конструкторских документов, реализованные в ситуационно-ориентированной среде. Экспериментальное исследование проведено на базе курсового проектирования по дисциплине «Базы данных» с участием 64 студентов и 4 преподавателей. Для оценки трудоёмкости использованы методы хронометража, статистической обработки (t-критерий Стьюдента, доверительные интервалы) и анкетирования. Установлено, что применение разработанного подхода позволяет снизить среднее время проверки одного документа на 56,4% ($p < 0,001$). Наибольшая эффективность достигнута в операциях контроля оформления (снижение на 81,3%), выявления плагиата (81,0%) и верификации согласованности этапов (75,8%). Полученные результаты подтверждают практическую значимость предложенных моделей и методов, способствуя сокращению рутинной нагрузки на преподавателей и повышению объективности контроля.

Ключевые слова: Персонализация графических конструкторских документов; учебное проектирование; трудоёмкость проверки; преподаватели-консультанты; ситуационно-ориентированная среда; цифровые водяные знаки; статистический анализ.

Язык: Русский.

Статья поступила в редакцию 27 марта 2026 г.

Title: The impact of personalization of graphic design documents on the complexity of verification and control for consulting teachers.

Authors: Tuguzbaev G. A.

Abstract: The purpose of the study is to quantify the impact of automated personalization of graphic design documents on the complexity of their verification by consulting teachers during educational design. The paper presents system models and methods of personalization of design document templates implemented in a situation-oriented environment. The experimental study was conducted on the basis of course design in the discipline "Databases" with the participation of 64 students and 4 teachers. Methods of timekeeping, statistical processing (Student's t-test, confidence intervals) and questionnaires were used to assess the complexity. It was found that the application of the developed approach reduces the average verification time of one document by 56.4% ($p < 0.001$). The highest efficiency was achieved in registration control operations (a decrease of 81.3%), plagiarism detection (81.0%), and stage consistency verification (75.8%). The results obtained confirm the practical significance of the proposed models and methods, contributing to reducing the routine burden on teachers and increasing the objectivity of control.

Key words: Personalization of graphic design documents; educational design; complexity of verification; consulting teachers; situationally oriented environment; digital watermarks; statistical analysis.

Language: Russian.

The editors received the article on 27 March 2026.