

УДК 004.89:902.4

DOI 10.17513/snt.39887

ФЕНОМЕН КОНВЕРГЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Надеждин Е.Н., Карпов К.П.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», Москва,

e-mail: en-hope@yandex.ru, kpkarpov1@gmail.com

Ускорение научно-технического прогресса и стремительное освоение его новейших достижений определили тенденцию цифровой трансформации всех сфер современного информационного общества. В условиях ускоренного развития и расширения возможностей информационных и когнитивных технологий открылись значительные перспективы в создании цифрового контента гуманитарной области. В статье рассмотрены вопросы применения технологии виртуального моделирования при решении проблемы сохранения и презентации историко-культурного наследия. Обоснована содержательная модель и дана когнитивно-информационная интерпретация задачи виртуальной реконструкции архитектурных объектов историко-культурного наследия России. На основе анализа и обобщения отечественного опыта виртуальной реконструкции храмов и известных архитектурных памятников обоснован укрупненный алгоритм реализации технологии 3D-моделирования. Показано, что в основе разработки комплекса виртуальных моделей лежат процедуры сбора, критического анализа, систематизации, идентификации и преобразования всей доступной информации о культовом объекте в специальные знания предметной области. С применением диаграммы коопераций универсального языка визуального моделирования UML изучен механизм взаимодействия информационных и когнитивных технологий. Раскрыта сущность феномена конвергенции информационных и когнитивных технологий в составе технологии 3D-моделирования. Установлены особенности их взаимодействия и эффект конвергенции. На примерах решения задач виртуальной реконструкции культовых объектов выявлена ведущая роль информационных технологий в тандеме «когнитивные и информационные технологии».

Ключевые слова: историко-культурное наследие, виртуальная реконструкция, информационные и когнитивные технологии, конвергенция технологий, специальные знания

THE PHENOMENON OF TECHNOLOGY CONVERGENCE IN TASKS OF VIRTUAL RECONSTRUCTION OF OBJECTS HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE

Nadezhdin E.N., Karpov K.P.

Russian State Humanitarian University, Moscow,

e-mail: en-hope@yandex.ru, kpkarpov1@gmail.com

The acceleration of scientific and technological progress and the rapid development of its latest achievements have determined the trend of digital transformation of all spheres of the modern information society. In the context of the accelerated development and expansion of information and cognitive technologies, significant prospects have opened up in the creation of digital content in the humanitarian field. The article discusses the use of virtual modeling technology in solving the problem of preserving and presenting historical and cultural heritage. A meaningful model is substantiated and a cognitive-informational interpretation of the problem of virtual reconstruction of architectural objects of the historical and cultural heritage of Russia is given. Based on the analysis and generalization of domestic experience in the virtual reconstruction of temples and famous architectural monuments, an enlarged algorithm for implementing 3D modeling technology has been substantiated. It is shown that the development of a complex of virtual models is based on procedures for collecting, critically analyzing, systematizing, identifying and converting all available information about a cult object into specialized knowledge of the subject area. Using the cooperation diagram of the universal visual modeling language UML, the mechanism of interaction between information and cognitive technologies is studied. The essence of the phenomenon of convergence of information and cognitive technologies as part of 3D modeling technology is revealed. The features of their interaction and the convergence effect have been established. Using examples of solving problems of virtual reconstruction of religious objects, the leading role of information technologies in the tandem of “cognitive and information technologies” is revealed.

Keywords: historical and cultural heritage, virtual reconstruction, information and cognitive technologies, convergence of technologies, special knowledge

Сохранение православных храмов и архитектурных памятников XVII–XIX вв. в максимально достоверных формах – одно из приоритетных направлений современной музеефикации и деятельности по охране историко-культурного наследия России [1, 2]. Это обстоятельство определяется

исключительной важностью сбережения, сохранения и актуализации для потомков достижений и традиций национальной культуры в условиях физического старения и естественного разрушения архитектурных объектов. На состояние и защищенность артефактов культурного наследия России

негативное влияние оказывают многочисленные факторы различной физической природы [3]. Нейтрализация (или ослабление) угроз существованию или сохранению первоначального облика памятников затрудняется трудоемкостью и затратностью существующих технологий и ограниченностью ресурсов, выделяемых для реставрации и/или восстановления. Все это вынуждает искать принципиально новые подходы к проблемам охраны, сбережения и реконструкции памятников историко-культурного наследия.

Перспективный способ решения указанной проблемы – виртуальная реконструкция памятников культуры на базе современных компьютерных технологий с применением методов и инструментальных средств 3D-моделирования [4]. Как известно, виртуальная реконструкция – научное направление, в котором нашли отражение результаты взаимного развития и влияния методов и средств современной информатики, информационных технологий, искусственного интеллекта, культурологии и архитектурного дизайна. Эксперты в области музеефикации рассматривают виртуальную реконструкцию как специальный инструмент социогуманитарного исследования, главной задачей которого является точное воссоздание какого-либо объекта или события в трехмерной среде для его визуализации, сохранения внешнего облика и формирования информационно-методической платформы для дальнейшего научного исследования [5]. Опираясь на отечественный опыт виртуальной реконструкции, также отметим, что комплекс 3D-моделей культового или архитектурного объекта следует рассматривать как особую (визуальную) форму представления структурированных знаний – модель предметной области, удобную для последующего гуманитарного исследования.

Сегодня наблюдается динамичный рост количества публикаций, в которых обсуждаются вопросы развития и практического использования компьютерных технологий для идентификации виртуальных моделей и воссоздания первоначального облика избранных объектов культовой архитектуры. Практически утраченные или требующие особого отношения объекты нередко могут быть восполнены лишь с помощью мультимедийного контента в формате цифровых технологий. Применение электронных ресурсов может помочь наиболее целостно отобразить объекты материального и нематериального культурного наследия. С привлечением данных ресурсов возможно реконструировать виртуальными средствами

также объекты культурного наследия, которым грозит физическое разрушение или утрата. Как показал анализ потока публикаций [6], виртуальные реконструкции объектов историко-культурного наследия являются одной из наиболее динамично развивающихся сфер приложения ИТ в отечественных социогуманитарных исследованиях. Произошедший в начале XXI в. «цифровой поворот» в гуманитарных науках существенно актуализировал проблему реконструкции и сохранения историко-культурного наследия в цифровой среде [7].

По оценкам ведущих экспертов [4, 5], основные трудности в создании унифицированных методик виртуальной реконструкции исторических памятников в значительной степени обусловлены: недостатком или противоречивостью первичной информации об исследуемом объекте, сложностью структуризации и представления знаний предметной области, гетерогенностью существующих инструментальных программных средств и технологий и, собственно, уникальностью процесса визуальности артефактов в виртуальной цифровой среде, требующего от исследователей высокой квалификации для реализации междисциплинарного подхода к задачам идентификации, анализа и синтеза 3D-моделей.

Цель исследования – анализ существующих подходов к проблеме виртуальной реконструкции культовых и архитектурных объектов, а также структуризация и формальное представление перспективной междисциплинарной технологии синтеза 3D-моделей, основными компонентами которой выступают информационные и когнитивные технологии (ИТ и КТ) с учетом эффекта их конвергенции.

Материалы и методы исследования

Анализ доступных источников, отражающих отечественный и мировой опыт разработки и применения 3D-моделирования культовых сооружений и архитектурных объектов, позволил выделить ряд общих положений, которые лежат в основе современных гибридных технологий виртуальной реконструкции историко-культурного наследия.

1. Любая виртуальная реконструкция культового, архитектурного (или иного физического) объекта должна базироваться на системном подходе к изучению архивных документов и материалов и их научно-историческом анализе.

2. Систематизированные информационные материалы об объекте должны быть размещены в унифицированной источниковой базе с открытым доступом.

3. Принципиальными являются вопросы о научно обоснованной декомпозиции проблемы виртуальной реконструкции, выборе системы показателей качества реконструкции и форм представления ее результатов.

4. Научно обоснованные виртуальные реконструкции как отдельных компонентов, так и всего культурного объекта должны быть верифицированы на основе общепринятой методики.

5. Применение для решения частных задач реконструкции апробированных методов, технологий и унифицированных инструментальных средств математического

моделирования и интеллектуального анализа данных.

В процессе настоящего исследования был изучен и проанализирован отечественный опыт создания 3D-моделей виртуальной реконструкции Страстного монастыря в г. Москве [1], виртуальной реконструкции Московского женского монастыря «Всех скорбящих радости» начала XX в. [2], Казанского кафедрального собора г. Иркутска и др. культурных объектов.

Базовую методику виртуальной реконструкции с интерактивным показом представим в виде обобщенного алгоритма (рис. 1).

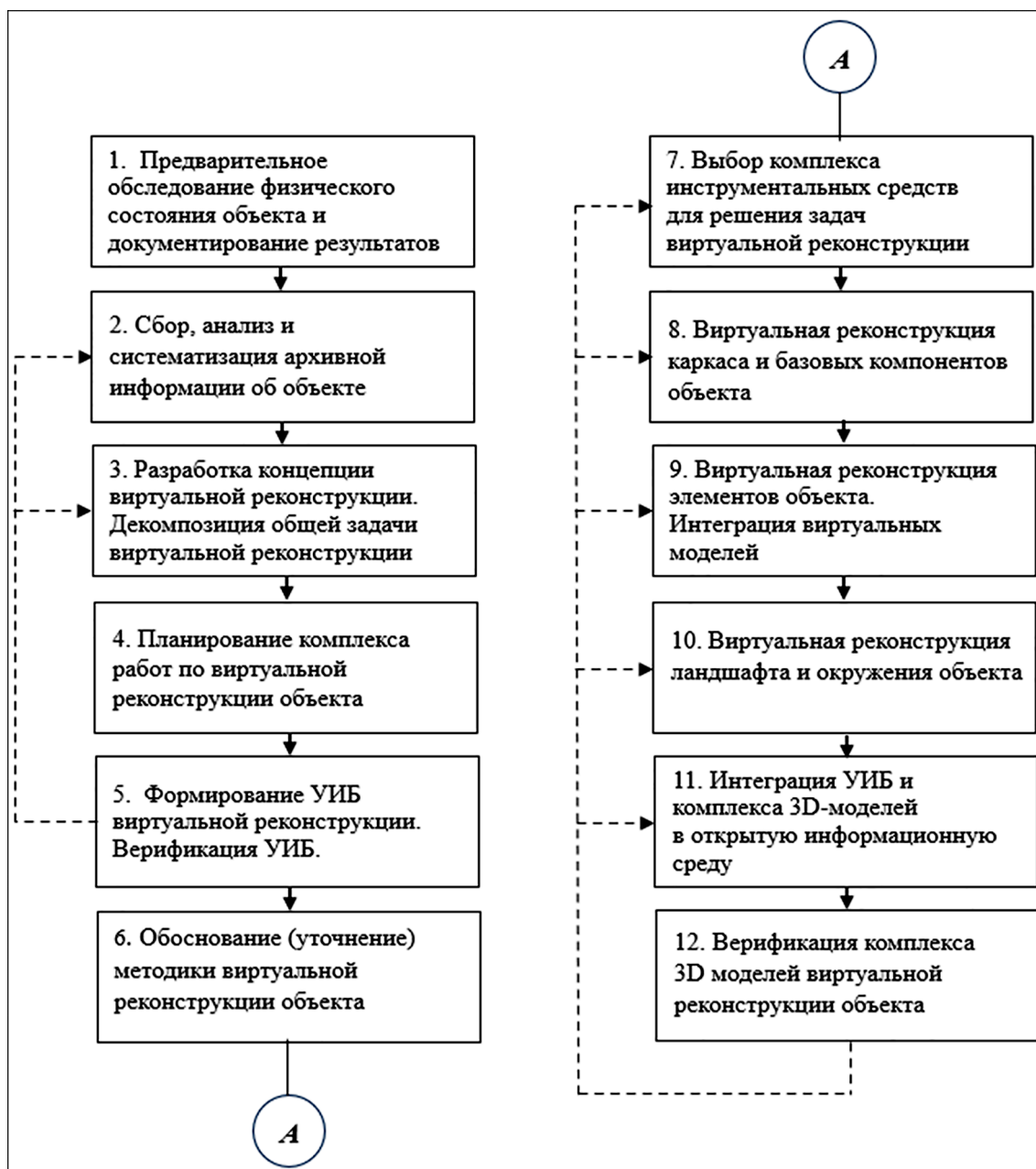


Рис. 1. Схема обобщенного алгоритма виртуальной реконструкции объекта историко-культурного наследия

ЭТАП 1. Осуществляется предварительное профессиональное обследование физического состояния объекта историко-культурного наследия с фиксацией результатов.

ЭТАП 2. На этом этапе производится комплекс поисковых и научно-исследовательских работ, связанных с выявлением и изучением всех доступных источников информации (архивные материалы, чертежи, фотографии, эскизы, мемуары и др.). Основное внимание уделяется вопросам критического анализа, проверки достоверности данных и систематизации полученной информации.

ЭТАП 3. Разработка концепции виртуальной реконструкции. Декомпозиция исходной задачи виртуальной реконструкции на совокупность частных задач анализа, синтеза и идентификации составных компонентов исследуемого объекта. На практике в ходе формирования концепции формируются и утверждаются техническое задание и другие документы на выполнение проекта виртуальной реконструкции.

ЭТАП 4. Планирование комплекса работ по виртуальной реконструкции объекта с учетом располагаемых ресурсов и привлекаемых профильных специалистов. Как правило, здесь составляется календарный план выполняемых мероприятий с указанием содержания выполняемых работ, сроков их реализации, используемых инструментальных средств, привлекаемых ресурсов и конкретных исполнителей.

ЭТАП 5. Формирование и обновление унифицированной информационной базы (УИБ) виртуальной реконструкции. Основное содержание этапа составляют действия по накоплению, обобщению и формализации информации и созданию базы данных, а в перспективе – специализированной базы знаний предметной области. Предполагается, что наряду с режимами адресного поиска и доставки информации по запросу пользователя допускаются режимы форматирования, обновления и пополнения содержания документов УИБ. После завершения основных работ по созданию УИБ осуществляется ее верификация.

ЭТАП 6. Обоснование (или уточнение) методики виртуальной реконструкции объекта с учетом арсенала доступных инструментальных средств поддержки D-моделирования [4, 5].

ЭТАП 7. Выбор комплекса инструментальных программных средств для решения задач виртуальной реконструкции. Для каждой стадии виртуальной реконструкции из набора имеющихся в распоряжении средств выбираются программные пакеты с учетом следующих требований: унификация; совместимость; масштабируемость и др.

ЭТАП 8. Виртуальная реконструкция каркаса и базовых компонентов объекта.

ЭТАП 9. Виртуальная реконструкция элементов объекта. Интеграция виртуальных моделей на единой информационной платформе.

ЭТАП 10. Виртуальная реконструкция ландшафта и окружения объекта.

ЭТАП 11. Интеграция УИБ и комплекса 3D-моделей в открытую информационную среду. Кроме этого, в состав комплекса 3D-моделей вводятся компоненты, поддерживающие интерактивный режим работы с пользователем.

ЭТАП 12. Верификация комплекса 3D-моделей виртуальной реконструкции объекта. На основе известных методов и инструментальных средств верификации пространственных моделей сложных систем осуществляется верификация комплекса 3D-моделей виртуальной реконструкции объекта.

Изложенный выше алгоритм реализации технологии виртуальной реконструкции культового (или архитектурного объекта) в связи с уникальностью последнего и сложностью формирования полноценной УИБ предметной области имеет, как правило, итерационный характер. По результатам верификации УИБ (этап 5) в теле алгоритма возможны циклы, связанные с изменением структуры и содержания УИБ (циклы типа «этап 5 – этап 2» и «этап 5 – этап 3»). В случае неудачной верификации всего комплекса 3D-моделей на этапе 12 предусматриваются циклы, обусловленные возвратом исследователей к работам, выполняемым на этапах 7–11.

Наиболее трудоемкими, ответственными и одновременно наименее формализованными на настоящее время остаются исследования, проводимые на этапах 1–4 виртуальной реконструкции. В значительной степени это обстоятельство определяется уникальностью исследуемого культового объекта и спецификой решаемой задачи виртуальной реконструкции. Междисциплинарный характер и многоаспектность научных исследований накладывают дополнительные требования на выбор стратегии, методов и средств информационно-аналитической поддержки выполнения комплекса разноплановых работ. Методологическую базу исследований составляют положения и принципы системного подхода, методы гуманитарного исследования, методы прикладной информатики и искусственного интеллекта. Опираясь на отечественный опыт успешного решения задач виртуальной реконструкции культовых объектов, можно указать на ведущую роль информационных и когнитивных технологий,

которые часто выступают в формате тандема. Современная интерпретация взаимного развития, проникновения и интеграции информационных и когнитивных технологий при решении проблем конкретной предметной области приводит нас к понятию «конвергенция» [8].

Конвергенция (от англ. *convergence* – схождение в одной точке) означает взаимное влияние и взаимопроникновение технологий, их частичное объединение в единую научно-технологическую область знания, когда границы между отдельными технологиями стираются, и на стыке разных областей в процессе системной междисциплинарной работы появляются инновационные

результаты. Влияние феномена конвергенции науки и технологии на нашу цивилизацию носит системный характер. Это новое целостное представление о мире, новое знание; новый результат познания внешнего мира; новый результат познания внутреннего мира самого субъекта. Опираясь на рекомендации известных работ [8, 9], в данном исследовании конвергенцию технологий будем понимать как процесс синергетического взаимодействия и сходимости когнитивных и информационных технологий, развивающихся в одном направлении и совместно решающих нетривиальные задачи виртуальной реконструкции избранных объектов гуманитарной сферы.



Рис. 2. Диаграмма сотрудничества ИТ и КТ для второго и третьего этапов виртуальной реконструкции

Наиболее значительным эффектом проявления конвергенции информационных и когнитивных технологий при решении проблемы виртуальной реконструкции является создание инновационной формы представления знаний предметной области – комплекса пространственных моделей, интегрированных в открытую интерактивную информационную среду. Разработка и использование такой концептуальной модели фактически поднимает накопленные и систематизированные знания об исследуемом культовом объекте и его окружении на более высокий междисциплинарный уровень гуманитарного исследования.

Особенности механизма конвергенции информационных и когнитивных технологий на отдельных этапах виртуальной реконструкции покажем с использованием диаграмм взаимодействия, синтаксис которых разработан в составе универсального языка визуального моделирования UML [10]. При этом ограничимся рассмотрением этапов 1–4 реализации методики виртуальной реконструкции (рис. 1), для которых построим диаграмму сотрудничества (кооперации) технологий.

Известно, что в диаграмме сотрудничества (*collaboration diagram*), относящейся к группе диаграмм взаимодействий UML, основной акцент сделан на визуальном представлении объектной архитектуры системы реконструкции и отображении отношений (механизма взаимодействия) информационных объектов, посылающих и получающих сообщения.

На рис. 2 представлена диаграмма сотрудничества ИТ и КТ при выполнении комплекса работ на втором и третьем этапах виртуальной реконструкции.

Отметим, прежде всего, разделение областей ответственности ИТ и КТ. Инструментальные программные средства ИТ здесь традиционно используются для предварительной обработки и цифровизации первичной информации, а также для автоматизации аналитической и исследовательской деятельности. Итогом практического приложения базовых ИТ является создание УИБ исследуемого культового объекта, которая представляет собой базу данных с соответствующей системой управления, обеспечивающей комфортный доступ пользователя к цифровым копиям документов. Для обеспечения автоматизированного поиска информации в УИБ с учетом принятой модели разграничения прав доступа создается система управления базами данных (СУБД).

Потенциал КТ в большей степени востребован при разработке моделей представления и интерпретации знаний, а так-

же при создании базы знаний предметной области на основе дальнейшей обработки, визуализации и анимации накопленной в УИБ информации. Одной из ответственных прикладных задач является идентификация отсутствующих (утраченных) конструктивных элементов исследуемого объекта с применением нейросетевых и семантических моделей и процедур машинного обучения. Для получения формального представления и семантического анализа дополнительной информации об объекте и его окружении используются эвристические методы исследования с привлечением профильных экспертов [3].

Одним из перспективных приложений одновременно средств ИТ и КТ являются задачи оцифровки и интеллектуального анализа (сегментация, кластеризация, распознавание, идентификация) результатов лазерного сканирования объекта и окружающего ландшафта в целях получения изображений высокой четкости, уточнения числовых характеристик и создания точных геометрических моделей местности. Другим научным направлением реализации потенциала конвергентной технологии, использующей новейшие достижения в области современных ИТ и КТ, может стать разработка методологии верификации УИБ.

Таким образом, применение виртуальной реконструкции, сочетающей теоретическое гуманитарное знание и прикладные практики, позволяет получить новые научные данные, основанные на достоверных исторических сведениях и представленные с использованием инструментальных средств современных ИТ и КТ.

Выводы

1. Обобщение накопленного опыта и структуризация технологии виртуальной реконструкции являются важным этапом ее развития и формализации на основе применения современных методов и инструментальных средств прикладной информатики, математического моделирования и интеллектуального анализа данных.

2. Следует ожидать, что результатом совместного развития и конвергенции ИТ и КТ в контексте постановки и решения проблемы виртуальной реконструкции объектов историко-культурного наследия будет создание базы знаний предметной области, которая, в свою очередь, является ключевым компонентом прототипа специализированной интеллектуальной информационной системы поддержки виртуальной реконструкции.

3. Технология виртуальной реконструкции объектов историко-культурного насле-

дия при активном развитии и последующей формализации основных видов работ на платформе интерактивной информационной среды 3D-моделирования в перспективе может стать универсальным рабочим инструментом гуманитарного исследования.

Список литературы

1. Бородкин Л.И. Виртуальная реконструкция монастырских комплексов Москвы: проекты в контексте Digital humanities // Вестник Пермского университета. Сер. История. 2014. № 3 (26). С. 107–112.
2. Жеребятнев Д.И. Построение открытой информационной среды в задачах 3D-моделирования историко-культурного наследия: онлайн-доступ к источникам виртуальной реконструкции монастырского комплекса начала XX в. // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. Алтайский гос. ун-т (Барнаул). 2012. № 1 (1). С. 80–91.
3. Надеждин Е.Н. Многофакторный когнитивный анализ защищенности объектов культурно-исторического наследия России // Вестник РГГУ. Серия «Информатика. Информационная безопасность. Математика». 2023. № 1. С. 23–37.
4. Вареник К.А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf> (дата обращения: 17.11.2023).
5. Румянцев М.В., Смолин А.А., Барышев Р.А., Рудов И.Н., Пиков Н.О. Виртуальная реконструкция объектов историко-культурного наследия // Прикладная информатика. 2011. № 6 (36). С. 62–77.
6. Павлов К.В. Виртуальные реконструкции объектов историко-культурного наследия как научное направление (1996–2020): структура научной коммуникации в контексте анализа цитирований // Историческая информатика. 2021. № 3. С. 162–178.
7. Лопатина Н.В. Принципы цифровизации сохранения культурного наследия // Вестник РГГУ. Серия «Информатика. Информационная безопасность. Математика». 2020. № 4. С. 8–18.
8. Алиева Н.З., Шевченко Ю.С., Горинова Е.В. Синергетика как интегратор науки и технологий / В кн.: Теоретико-методологические основания трансформации технонауки в XXI веке в контексте процессов конвергенции: монография. Новочеркасск: Лик, 2012. С. 96–106.
9. Бешенков С.А., Шутикова М.И., Миндзаева Э.В. Информационно-когнитивные технологии – современный образовательный тренд // Информатика и образование. 2017. № 7 (286). С. 26–28.
10. Галисханов Э.Г., Воробьев А.С. Анализ и проектирование систем с использованием UML: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт. 2023. 125 с.