

УДК 004.946:930.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ИСТОРИЧЕСКОГО АТЛАСА

Стрешнев Игорь Андреевич,

Студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (Программная инженерия), Москва, Россия

E-mail: igor.streshnev2019@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается разработка компонента визуализации пространственно-временных данных с интеллектуальной системой поддержки пользователя для интерактивного исторического атласа. Проведён анализ существующих систем визуализации исторических данных, таких как ArcGIS StoryMaps, Recogito и Historypin, выявлены их преимущества и недостатки. Сформулированы функциональные и нефункциональные требования к разрабатываемому компоненту. Предложены два варианта алгоритма формирования контекстно-зависимых подсказок на основе взаимодействия пользователя с картой с использованием генеративной языковой модели (LLM). Построены модели работы системы в нотациях IDEF0 и C4. Обоснован выбор технологий реализации на базе Unity и C#.

Ключевые слова: интерактивный исторический атлас, визуализация пространственно-временных данных, интеллектуальная система поддержки пользователя, генеративная языковая модель, IDEF0, C4, Unity.

DESIGN OF A VISUALIZATION COMPONENT OF SPATIO-TEMPORAL DATA WITH AN INTELLIGENT USER DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AN INTERACTIVE HISTORICAL ATLAS

Streshnev Igor Andreevich,

Student, MIREA – Russian Technological University (Software engineering), Moscow, Russia

E-mail: igor.streshnev2019@gmail.com

ABSTRACT

The article considers the development of a spatio-temporal data visualization component with an intelligent user support system for an interactive historical atlas. An analysis of existing historical data visualization systems, such as ArcGIS StoryMaps, Recogito and Historypin, was conducted, and their advantages and disadvantages were identified. Functional and non-

functional requirements for the developed component were formulated. Two variants of the algorithm for generating context-dependent hints based on user interaction with the map using a generative language model (LLM) were proposed. System operation models in IDEF0 and C4 notations were built. The choice of implementation technologies based on Unity and C# was justified.

Keywords: interactive historical atlas, spatio-temporal data visualization, intelligent user support system, generative language model, IDEF0, C4, Unity.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Визуализация исторических данных, привязанных одновременно к географическому пространству и временным периодам, является одной из актуальных задач в области цифровых гуманитарных исследований и геоинформационных систем. Современные исторические атласы должны обеспечивать не только наглядное отображение событий на карте, но и интеллектуальную поддержку пользователя при навигации по большим массивам пространственно-временной информации.

Существующие системы, такие как ArcGIS StoryMaps, Recogito и Historypin, предоставляют различные инструменты для работы с историческими и географическими данными. Однако ни одна из них не реализует в полной мере механизм формирования контекстно-зависимых подсказок и рекомендаций на основе текущего состояния взаимодействия пользователя с картой. Таким образом, разработка компонента визуализации пространственно-временных данных, дополненного интеллектуальной системой поддержки принятия решений пользователя с использованием генеративной языковой модели, представляется актуальной задачей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является проектирование компонента визуализации пространственно-временных данных с интеллектуальной системой поддержки пользователя для интерактивного исторического атласа. В рамках достижения данной цели были поставлены следующие задачи: проведение анализа существующих систем визуализации исторических данных; формулирование функциональных и нефункциональных требований к разрабатываемому компоненту; разработка алгоритмов формирования контекстно-зависимых подсказок с использованием генеративной языковой модели; построение моделей работы системы в нотациях IDEF0 и C4; обоснование выбора технологий реализации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве материалов исследования были использованы существующие платформы и сервисы для визуализации исторических данных.

Методологическую основу исследования составили методы системного анализа, объектно-ориентированного проектирования и моделирования информационных систем. На этапе анализа предметной области применялись методы сравнительного анализа существующих решений, позволившие выявить их преимущества, недостатки и особенности реализации, требующие учёта при разработке. Сравнение проводилось по единому набору критериев, что обеспечило объективность оценки.

В процессе проектирования применялись методы функционального моделирования в нотации IDEF0, а также методы архитектурного моделирования в нотации C4.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ существующих решений.

ArcGIS StoryMaps [1] представляет собой систему для создания интерактивных исторических карт и визуальных повествований, основанных на географических данных. Система позволяет объединять карты, текстовую информацию, изображения и мультимедийные материалы, формируя интерактивный исторический атлас. Преимуществом является удобная визуализация исторических данных, а к недостаткам относятся ограниченные возможности интеллектуального взаимодействия с пользователем.

Recogito [2] представляет собой веб-платформу, используемую в цифровых гуманитарных исследованиях для анализа исторических текстов. Система позволяет выделять в тексте географические названия и связывать их с конкретными координатами на карте. К недостаткам относятся ограниченные средства интерактивной навигации и отсутствие встроенной системы интеллектуальной помощи.

Historypin [3] представляет собой онлайн-платформу для публикации исторических материалов с привязкой к географическим местам. Преимуществом является удобная визуализация и возможность коллективного наполнения базы данных, а к недостаткам — ограниченные возможности анализа данных. Сравнительная характеристика систем представлена в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение систем визуализации исторических данных

Система	Основная идея	Преимущества	Недостатки
ArcGIS StoryMaps	Интерактивное представление исторических событий на карте	Наглядная визуализация, интерактивное повествование	Отсутствие интеллектуальной поддержки
Recogito	Связывание исторических текстов с географическими объектами	Визуализация данных из текстовых источников	Ограниченная интерактивность
Historypin	Привязка исторических материалов к местам на карте	Коллективное наполнение базы данных	Ограниченный анализ данных

Функциональные и нефункциональные требования. На основе анализа существующих систем были выделены ключевые функциональные возможности разрабатываемого компонента: интерактивная визуализация исторических данных на карте с возможностью масштабирования и навигации; отображение и фильтрация данных по временным интервалам; связывание текстовых исторических источников с географическими объектами; отображение мультимедийных исторических материалов; интеллектуальная система поддержки пользователя на основе генеративной языковой модели; автоматическое извлечение географических объектов из текстовых источников.

Нефункциональные требования включают обеспечение высокой производительности при визуализации большого объёма исторических объектов на карте, наличие интуитивно понятного интерфейса с удобной навигацией по пространственно-временным данным, расширяемую архитектуру без существенных изменений структуры системы, надёжное хранение и обработку данных, устойчивость к ошибкам и сбоям при длительной эксплуатации.

Алгоритмы формирования подсказок. В ходе проектирования были предложены два варианта алгоритма формирования контекстно-зависимых подсказок. В обоих вариантах основу составляет использование генеративной языковой модели (LLM) [4], которая формирует текстовые подсказки на основе отфильтрованных исторических данных и действий пользователя на карте.

Первый вариант алгоритма предполагает формирование подсказок на основе текущих действий пользователя и выбранного объекта на карте. История просмотра используется только для определения того, какие объекты уже были изучены. Данный подход обеспечивает быстрое формирование подсказок и требует меньшего объёма обработки данных, однако подсказки могут представлять собой отдельные описания объектов без связи с ранее просмотренными событиями.

Второй вариант алгоритма предполагает формирование подсказок с учётом истории взаимодействия пользователя с системой. При генерации подсказки анализируются ранее просмотренные объекты, что позволяет устанавливать связи между историческими событиями и формировать более связное повествование. Данный подход обеспечивает более информативные подсказки, однако требует дополнительной обработки данных [5].

Модели работы системы. Для описания работы компонента были построены модели в нотации IDEF0 [6] (рисунки 1-6). Контекстная диаграмма (уровень А-0) одинакова для обоих вариантов алгоритма, поскольку оба варианта принимают одни и те же входные данные и формируют одинаковые типы выходных данных. Декомпозиция контекстной диаграммы включает пять основных функциональных блоков: обработка исторических данных (А1), извлечение географических объектов (А2), фильтрация данных по времени (А3), визуализация объектов на карте (А4) и формирование контекстных подсказок (А5). Различия между вариантами алгоритма проявляются в декомпозиции блока А5.

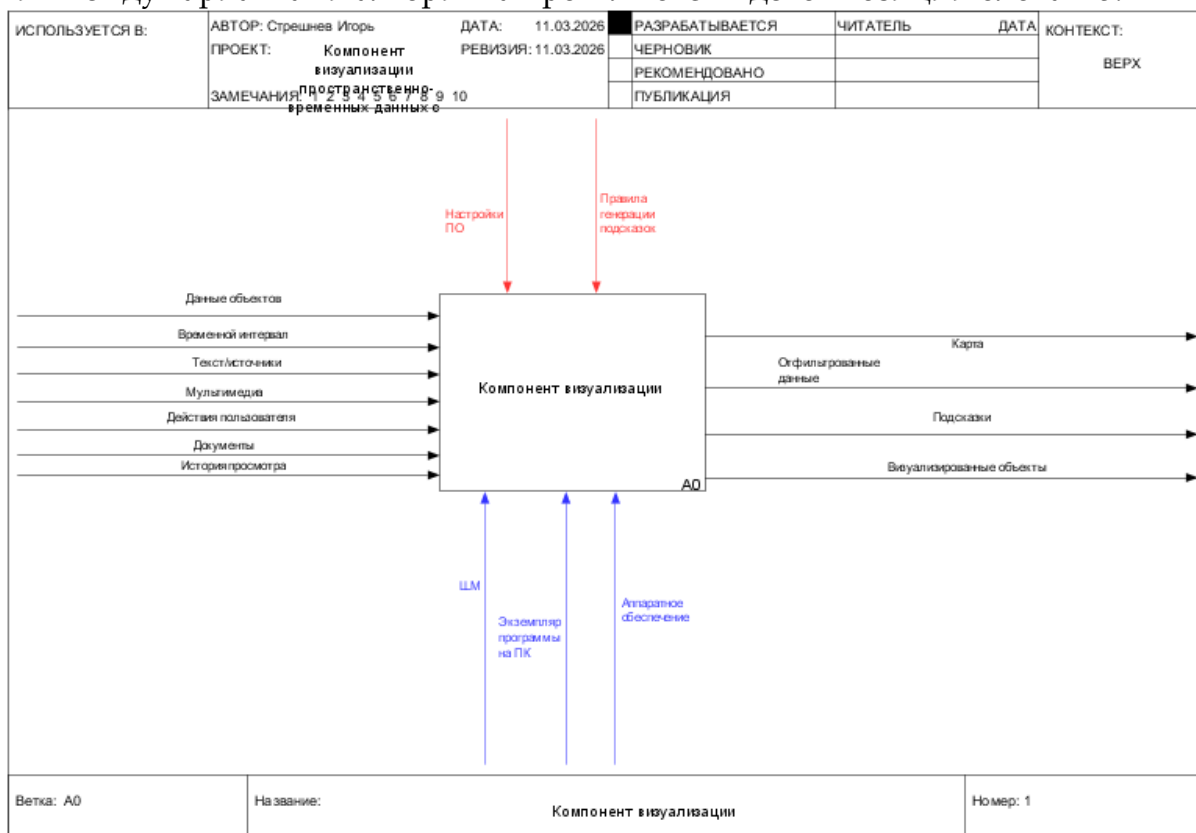


Рисунок 1 – Контекстный уровень модели компонента [Разработано автором]

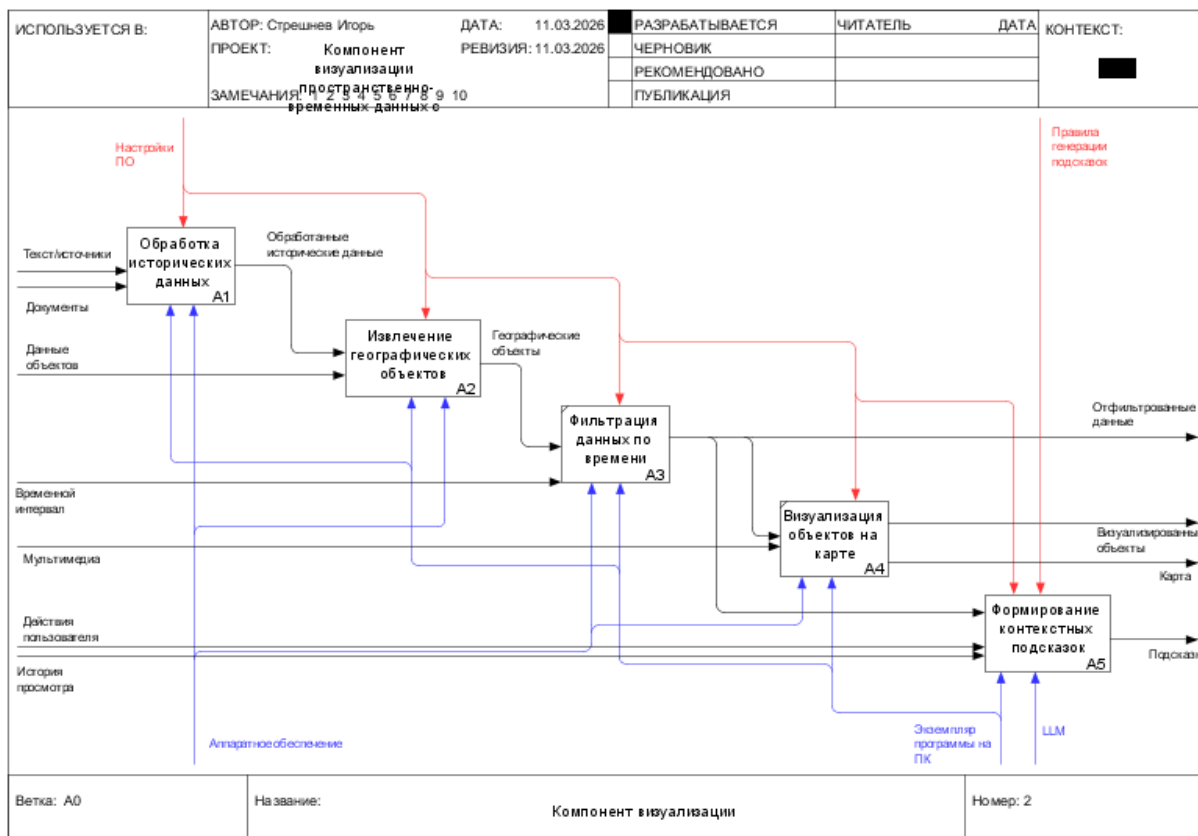


Рисунок 2 – Декомпозиция контекстной диаграммы компонента [Разработано автором]

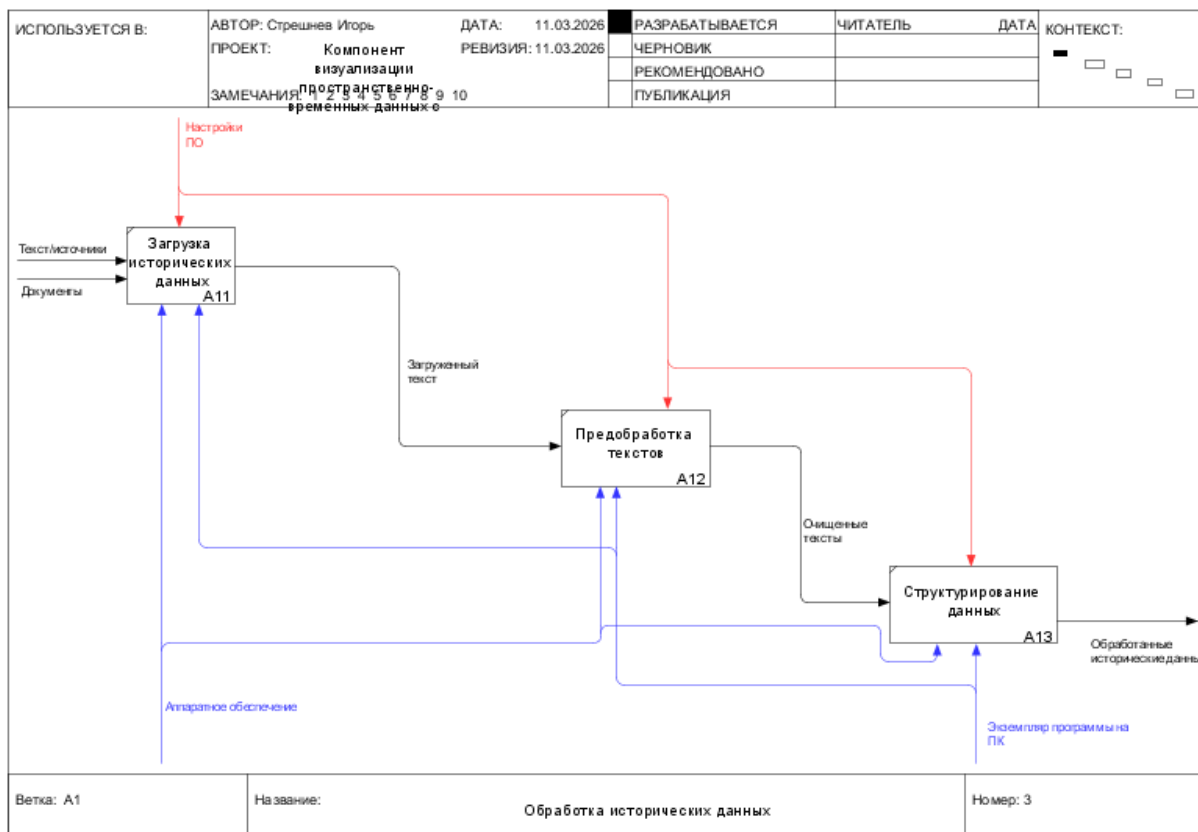


Рисунок 3 – Декомпозиция блока A1 «Обработка исторических данных» [Разработано автором]

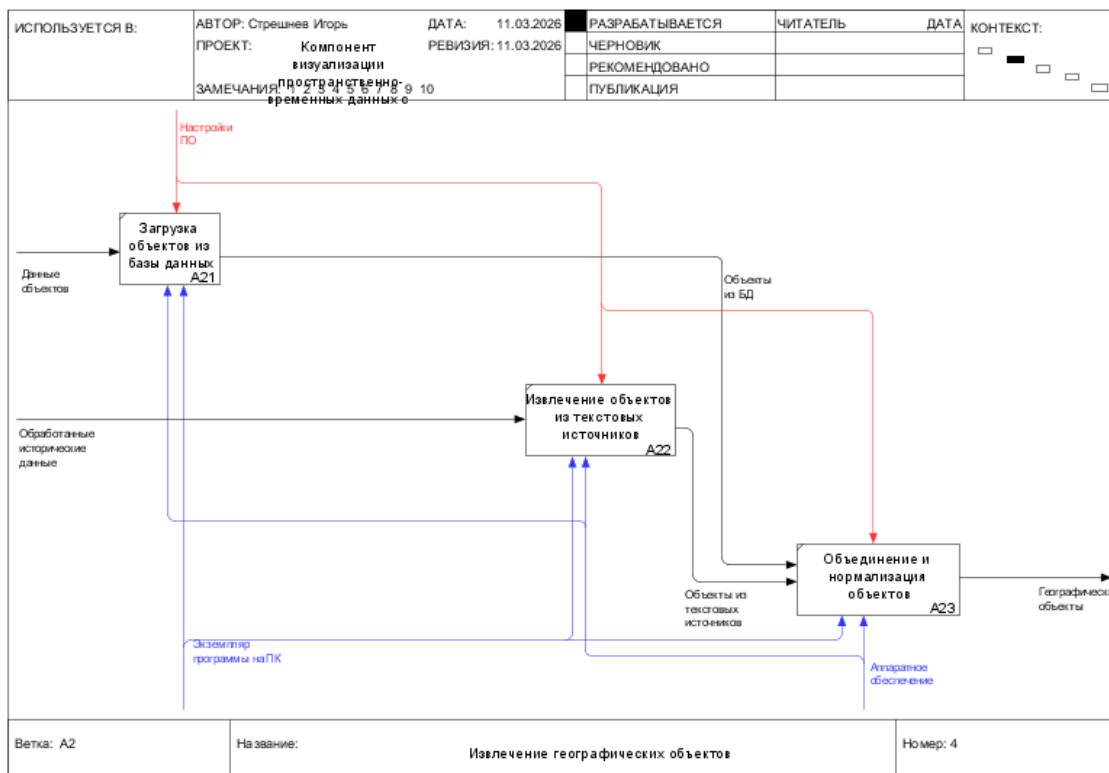


Рисунок 4 – Декомпозиция блока A2 «Извлечение географических объектов» [Разработано автором]

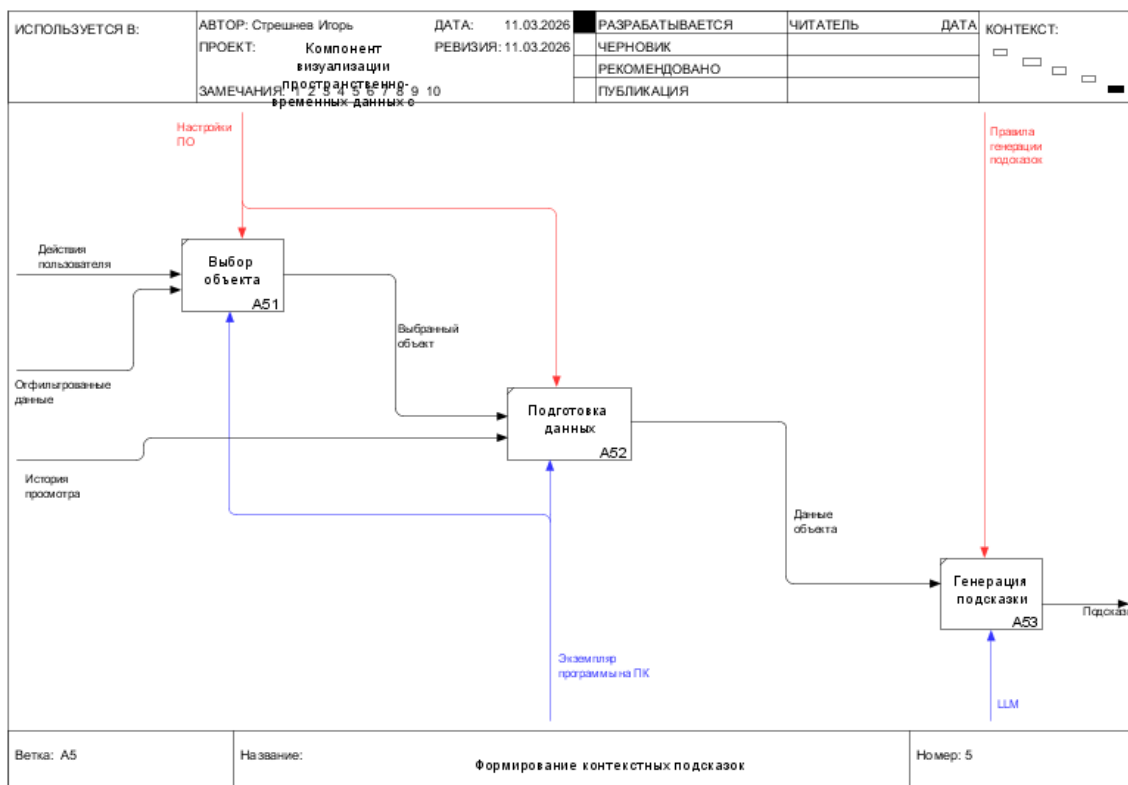


Рисунок 5 – Декомпозиция блока A5 «Формирование контекстных подсказок» (первый вариант алгоритма) [Разработано автором]

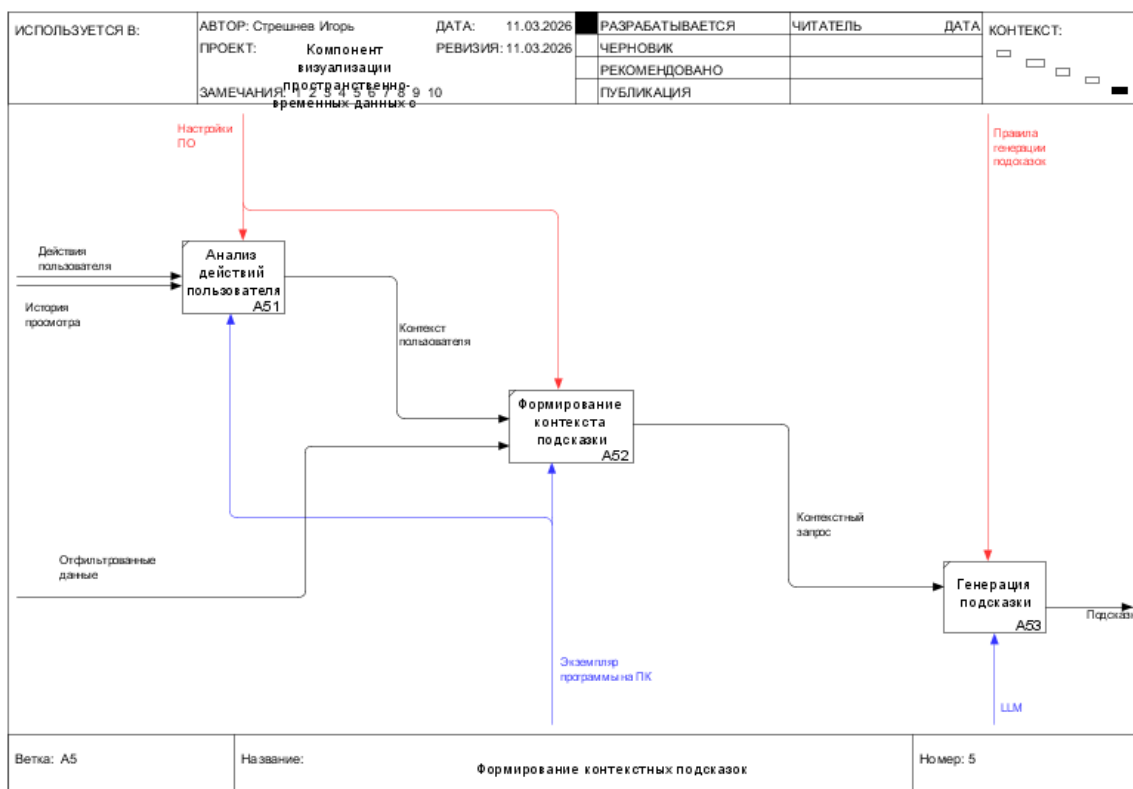


Рисунок 6 – Декомпозиция блока А5 «Формирование контекстных подсказок» (второй вариант алгоритма) [Разработано автором]

Модели взаимодействия в нотации С4. Для описания взаимодействия с внешними системами были построены диаграммы в нотации С4 [7]. Диаграмма контекста (рисунок 7) показывает, что компонент визуализации взаимодействует с картографическим сервисом, хранилищем исторических данных, LLM-сервисом и сервисом анализа текста. Диаграмма контейнеров (рисунок 8) раскрывает внутреннюю структуру компонента, включающую модуль визуализации карты, модуль работы с историческими данными, модуль подсказок и модуль истории действий пользователя.

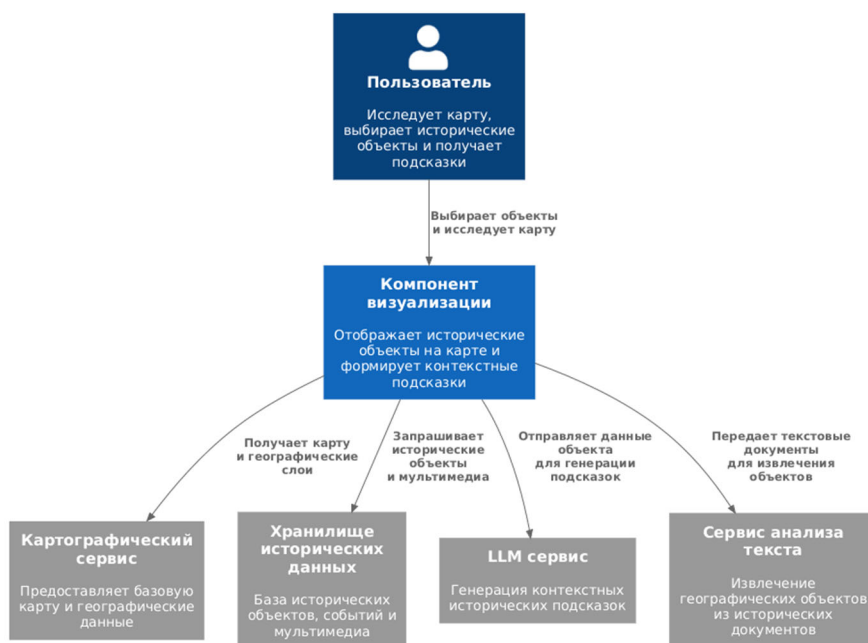


Рисунок 7 – Диаграмма контекста для разрабатываемого компонента [Разработано автором]

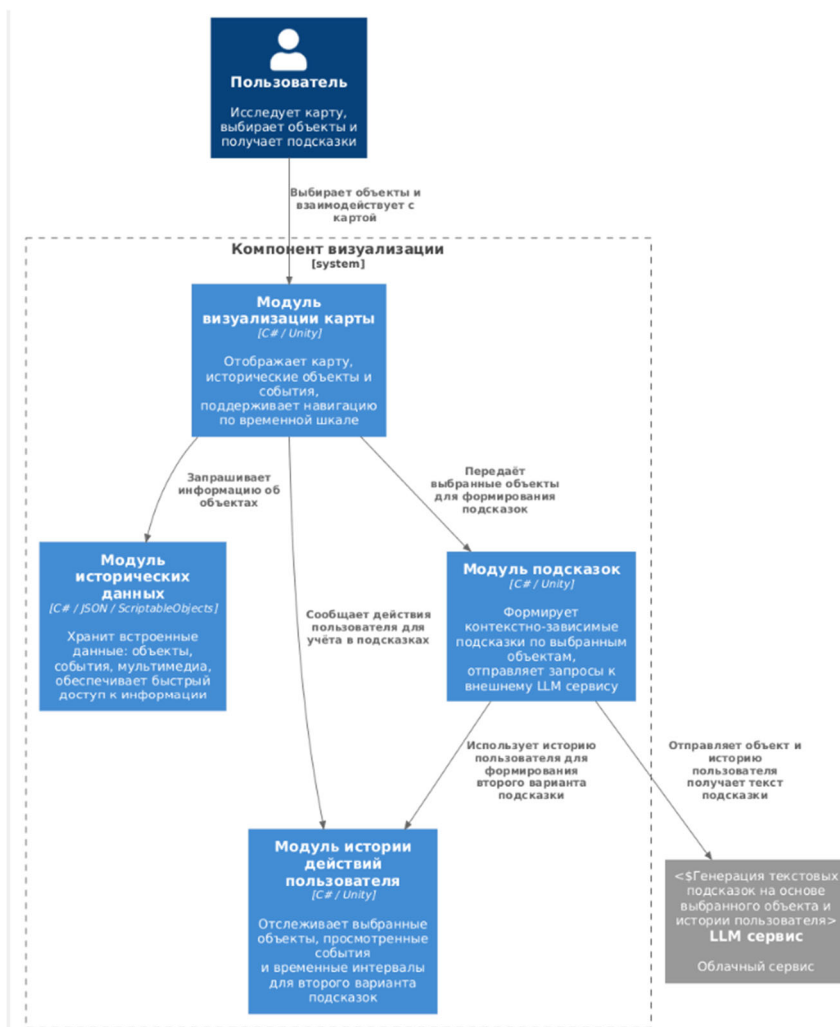


Рисунок 8 – Диаграмма контейнеров для разрабатываемой системы [Разработано автором]

Выбор технологий реализации. В качестве основной платформы разработки выбран игровой движок Unity, обеспечивающий высокую производительность при визуализации карты и обработке пользовательских взаимодействий. Основным языком программирования выбран C# [8], являющийся основным языком для разработки на Unity [9]. Для интеллектуальной системы подсказок используется внешний LLM-сервис, формирующий контекстно-зависимые текстовые рекомендации. Минимальные требования к аппаратному обеспечению включают процессор Intel Core i5 7-го поколения, 8 ГБ оперативной памяти, видеокарту Nvidia GeForce GTX 1060 и операционную систему Windows 10 [10].

ВЫВОДЫ

В результате проведённого исследования был спроектирован компонент визуализации пространственно-временных данных с интеллектуальной системой поддержки пользователя для интерактивного исторического атласа. Анализ существующих систем (ArcGIS StoryMaps, Recogito, Historypin) позволил выявить отсутствие встроенных механизмов интеллектуальной поддержки пользователя, что подтверждает актуальность разработки.

Предложены два варианта алгоритма формирования контекстно-зависимых подсказок с использованием генеративной языковой модели. Первый вариант ориентирован на текущие действия пользователя и обеспечивает быстрое формирование подсказок. Второй вариант учитывает историю взаимодействия пользователя с системой и обеспечивает более связное повествование.

Построены модели работы системы в нотациях IDEF0 и C4, позволяющие формализовать функциональную декомпозицию и взаимодействие с внешними системами. Обоснован выбор технологий реализации на базе Unity и C#, определены минимальные требования.

Дальнейшее развитие работы предполагает реализацию спроектированного компонента, проведение тестирования и оценку эффективности интеллектуальной подсистемы при работе с историческими пространственно-временными данными.

Список литературы:

1. ArcGIS StoryMaps [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://storymaps.arcgis.com/> (дата обращения: 08.03.2026).
2. Recogito [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://recogito.pelagios.org/> (дата обращения: 08.03.2026).
3. Historypin [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://www.historypin.org/> (дата обращения: 11.03.2026).
4. Brown T. B., Mann B., Ryder N. [и др.] Language models are few-shot learners // Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020). – 2020. – С. 1877–1901. – DOI: 10.5555/3495724.3495883.
5. Adomavicius G. Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, A. Tuzhilin // Recommender Systems Handbook / под ред. F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira. – 2-е изд. – Boston: Springer, 2015. – С. 191–226. – DOI: 10.1007/978-1-4899-7637-6_6.
6. IDEF0. Знакомство с нотацией и пример использования [Электронный ресурс]. – URL: <https://trinion.org/blog/idef0-znakomstvo-s-notaciey-i-primer-ispolzovaniya> (дата обращения: 13.03.2026).
7. C4 model for software architecture [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://c4model.info/#what-is-the-c4-model> (дата обращения: 13.03.2026).
8. C# Language Documentation [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/> (дата обращения: 08.03.2026).
9. Unity [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://unity.com/ru> (дата обращения: 08.03.2026).
10. Windows [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/resources/> (дата обращения: 13.03.2026).

References:

1. ArcGIS StoryMaps [Online]. – 2026. – URL: <https://storymaps.arcgis.com/> (accessed 08.03.2026).
2. Recogito [Online]. – 2026. – URL: <https://recogito.pelagios.org/> (accessed 08.03.2026).
3. Historypin [Online]. – 2026. – URL: <https://www.historypin.org/> (accessed 11.03.2026).
4. Brown T. B., Mann B., Ryder N. [et al.] Language models are few-shot learners // Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020). – 2020. – P. 1877–1901. – DOI: 10.5555/3495724.3495883.
5. Adomavicius G. Context-Aware Recommender Systems / G. Adomavicius, A. Tuzhilin // Recommender Systems Handbook / ed. by F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira. – 2nd ed. – Boston: Springer, 2015. – P. 191–226. – DOI: 10.1007/978-1-4899-7637-6_6.

6. IDEF0. Introduction to notation and usage example [Online]. – 2026. – URL: <https://trinion.org/blog/idef0-znakomstvo-s-notaciey-i-primer-ispolzovaniya> (accessed 13.03.2026).
7. C4 model for software architecture [Online]. – 2025. – URL: <https://c4model.info/#what-is-the-c4-model> (accessed 13.03.2026).
8. C# Language Documentation [Online]. – 2026. – URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/> (accessed 08.03.2026).
9. Unity [Online]. – 2026. – URL: <https://unity.com/ru> (accessed 08.03.2026).
10. Windows [Online]. – 2026. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/resources/> (accessed 13.03.2026).