

Использование генеративного искусственного интеллекта для визуализации логистических процессов

В.Н. Трегубов, И.А. Горячева

Аннотация – В статье представлены результаты исследований по применению технологий визуализации в логистике и управлении цепями поставок. Актуальность работы обусловлена широким использованием методов визуализации в логистике и цепях поставок, что позволит упростить и ускорить восприятие информационного потока, обеспечивая сквозную прозрачность цепи и возможность оперативно реагировать на изменения бизнес-среды за счет предоставления аналитической информации в режиме реального времени. Подчеркивается важность правильного выбора метода визуализаций для предотвращения потери ценной информации. Интерактивные визуализации повышают скорость принятия решений и упрощают анализ данных. Современные подходы к управлению цепями поставок, например, Supply Chain Control Tower (SCCT), основаны на интерактивных онлайн формах организации визуализации, что позволяет пользователям в режиме реального времени отслеживать поставки, выявлять уязвимости в цепи и оперативно реагировать на возникающие угрозы. Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и прогнозной аналитики в системы визуализации способствует повышению прозрачности цепей поставок и ведет к оптимизации логистических процессов. В эмпирической части исследования авторы демонстрируют возможности генеративного ИИ для автоматизированной визуализации данных в логистике. Показано, что ИИ может эффективно использоваться для создания блок-схем логистических процессов, интеллект-карт, диаграмм Ганта, ER- и UML-диаграмм. Особое внимание уделено автоматизации разработки визуализаций с использованием библиотеки Mermaid и их текстовых описаний. Приведены примеры автоматизированной генерации визуальных представлений. Результаты исследования подтверждают гипотезу о том, что внедрение ИИ и интерактивных визуализаций в логистику упрощает восприятие сложной информации и способствует повышению эффективности управления цепями поставок.

Ключевые слова — ChatGPT, искусственный интеллект, генеративный искусственный интеллект, визуализация данных, мониторинг поставок, оптимизация бизнес-процессов, блок-схемы, интеллект-карты, диаграммы Ганта, Mermaid.

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире логистика и управление цепями поставок приобретают первостепенное значение. Эффективные каналы сбыта и возможность оперативной доставки продукции становятся такими же важными для клиента, как и сам продукт. Однако усложнение информационных потоков, обилие данных и сложность корпоративных и технологических структур могут затруднять передачу и восприятие информации, что приводит к трудностям в принятии обоснованных управленческих решений. Для обеспечения эффективной коммуникации необходимо, чтобы информация передавалась в полном

объёме и быстро. В таком контексте ключевую роль играет визуализация данных, которая предлагает эффективные способы представления информации с применением различных визуальных средств: диаграмм, графиков, блок-схем, карт, интерактивных отчетов, симуляций и т.д.

Визуализация процессов и данных в системе поставок не только помогает эффективно представлять информацию, но и упрощает принятие решений, что способствует эффективному управлению логистическими операциями в процессе доставки. Крупные компании, как правило, создают разветвлённые цепочки поставок, охватывающие обширные географические регионы, поэтому для них визуализация должна использовать карты, симуляции, сложные интерактивные отчеты. Небольшие компании, напротив, стремятся обобщить и использовать важную информацию, получаемую из своей логистической системы, для них визуализации могут быть гораздо проще. Визуализация имеет широкие возможности применения и в академических исследованиях в сфере логистики.

Система поставок имеет ключевое значение для функционирования и развития любой компании. Вне зависимости от масштаба, хорошо организованная система поставок приносит пользу компании и обеспечивает стабильность её работы и дальнейшее развитие. Если система поставок работает неэффективно, то это может ослабить бизнес и привести к высоким скрытым затратам, которые нанесут ущерб компании и будут препятствовать её росту. Чтобы улучшить свою систему поставок и поддерживать её, компании стремятся создать надёжные и эффективные каналы коммуникации.

Традиционно разделяют управление бизнес-операциями и управление бизнес-процессами. Однако такое разделение часто приводит к возникновению информационного разрыва, что повышает важность эффективной коммуникации между различными подразделениями компании. Отчетность и аналитика, основанная на данных цепочки поставок, обычно формируются в виде пользовательских отчетов и информационных панелей. Однако такой подход может создавать трудности в удобстве использования и эффективности передачи аналитических данных через соответствующие информационные системы. Основная проблема заключается в том, что разные уровни детализации запрашиваемой информации усложняют разработку и внедрение таких систем.

II. МЕТОДЫ ВИЗУАЛЬНОЙ АНАЛИТИКИ В ЛОГИСТИКЕ И УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Визуальная аналитика — это объединение «представления данных с аналитическими инструментами». Это новый и активно развивающийся подход, который может помочь в работе со сложными сетями, используя визуальные когнитивные способности человека для анализа больших и сложных данных в цепях поставок. Обзор подходов и инструментов представлен в исследовании [1].

Существует множество способов визуализации цепей поставок. Необходимо выбрать подходящий визуальный дизайн, который соответствует когнитивным способностям пользователей в соответствии с теорией когнитивного соответствия. Каждый визуальный дизайн имеет свои особенности и может играть важную роль в выделении конкретных аспектов сети. Можно использовать комбинацию дизайнов, чтобы получить больше информации. Однако важно, чтобы каждый дизайн имел общую основу, чтобы избежать потери ценных данных. Пример решения этой проблемы описан в работе [2]. Авторы демонстрируют, что предоставление информации на разных уровнях детализации и с разной степенью видимости улучшает удобство использования и эффективность принятия решений. Такой инструмент позволяет отображать данные на нужном уровне детализации, что особенно полезно для крупных организаций с большими цепочками поставок. Такой подход также помогает эффективно работать с большими объемами данных и множеством информационных потоков и уровней.

А. Визуализация мониторинга цепей поставок в реальном времени

По мере того как цепочки поставок становятся всё более сложными, возникает необходимость в обеспечении их непрерывного мониторинга. В исследовании [3] авторы описывают платформу для визуализации цепочки поставок RiskVis, основанную на иерархической модульной системе. Такой инструмент предназначен для решения сложных задач, связанных с обеспечением прозрачности в сети поставок. Основная цель платформы — управление рисками и мониторинг поставок в режиме реального времени, что позволяет контролировать риски в цепочке поставок. Данная платформа предоставляет менеджменту цепи поставок четкое понимание и возможность анализа данных о функционировании цепочки поставок на локальном и глобальном уровнях. Она определяет пространственно-временные схемы взаимодействия различных элементов в цепочке поставок. Платформа позволяет выявлять уязвимости, собирать данные в режиме реального времени, отслеживать риски и генерировать аналитические данные. Ещё одно применение визуализации в платформе — обнаружение аномалий в режиме реального времени и оперативное развертывание персонала для их устранения.

Развитие этой технологии обеспечивается в направлении создания Supply Chain Control Tower (SCCT) (диспетчерский центр цепи поставок). Например, в работе [4] рассматривается важность и преимущества цифровой трансформации логистических процессов для обеспечения их прозрачности на основе концепции

SCCT. Прозрачность логистических процессов рассматривается как ключевой аспект внедрения SCCT для контроля и мониторинга параметров всех грузопотоков. Авторы приводят результаты аналитических исследований по оценке прозрачности логистических процессов в компаниях различных отраслей, также представлена основная терминология и проанализированы ключевые этапы развития концепции SCCT.

Более полно данная концепция рассматривается в исследовании [5]. Исследователи рассматривают SCCT как централизованную облачную платформу, обладающую инструментальным набором средств для сбора данных из множества источников о состоянии бизнес-процессов на всех этапах логистической цепочки - от поставщиков до конечного потребителя. Информационное обеспечение данными осуществляется в режиме реального времени, что повышает результативность процессов управления и прозрачность цепей поставок, способствует своевременному выявлению и устранению узких мест в цепи поставок. Управление процессами осуществляется через индивидуальную панель инструментов, которая обеспечивает хранение и контроль данных о статусе заказов, отслеживании грузов и графиках доставки. В будущем платформа может быть усовершенствована за счёт внедрения искусственного интеллекта и методов прогнозной аналитики, что позволит оптимизировать бизнес-процессы, минимизировать дорогостоящие ошибки и повысить общую эффективность работы.

В. Визуализация процессов принятия решений

Разделение функций контроля и операционного менеджмента создает серьезные препятствия в процессах принятия решений. Лица, ответственные за принятие решений, должны быть уверены в достоверности и своевременности данных. Необходимо оперативно реагировать на быстро меняющиеся условия в цепочке поставок, что ставит организацию в непростое положение. В таких условиях визуализация предлагает быстрый и эффективный способ представления больших объемов информации. Она позволяет принимать решения оперативно, эффективно доносить результаты до пользователей, что способствует принятию оптимальных решений.

Одной из ключевых тем в области визуализации процесса принятия решений является интерактивность визуализации. Этот подход находит все большее применение в различных отраслях благодаря своим неоспоримым преимуществам. В качестве примера можно привести работу [6], в которой авторы предложили прототип интерактивной визуализации, основанный на использовании интернета для отображения данных по цепочке поставок. Прототип системы был разработан в среде Django и направлен на то, чтобы облегчить процесс принятия решений менеджерами, предоставляя различные формы отображения информации (визуализации информации) о цепочке поставок.

Предлагаемый прототип предоставляет пользователю инструменты для визуальной аналитики, интегрируя визуализацию данных с аналитическими возможностями для получения ценной информации. Каждый дашборд позволяет сосредоточиться на конкретных аспектах логистического процесса и обеспечивает доступ

к различным визуальным макетам в одном месте, что позволяет избежать потери важной информации, необходимой для принятия решений.

С. Визуализация логистики производственных процессов

Такая визуализация позволяет увязать цепочку поставок с производственным процессом. Это открывает новые горизонты для использования современных тенденций в производстве при принятии решений в сфере поставок. Например, рассмотрим одну из часто используемых логистических технологий Just in Time, которая широко применяется в производственной среде. Она отвечает требованиям бизнеса, позволяет сократить расходы и повысить эффективность логистических операций. Однако вместе с этими преимуществами возникает и риск: например, если в процессе производства возникают какие-либо отклонения, они могут накапливаться и привести к значительным затратам, особенно за счет так называемого накопительного эффекта хлыста. Для решения этой проблемы было предложено несколько решений, среди которых выделяется работа [7]. Авторы исследования [7] предложили систему, которая фокусируется на процессе и визуализирует данные последовательности технологии производства таким образом, чтобы состояние производственных процессов (а именно отклонения от плановых параметров) могло быть быстро доведено до руководства, надзорных органов и оперативного персонала.

Д. Симуляторы цепочек поставок

Одним из перспективных направлений в области визуализации для поддержки принятия решений является создание симуляторов для моделирования цепочек поставок и визуальное представление таких моделей.

Один из примеров такого моделирования представлен в работе [8]. Авторы описывают симулятор, который представляет собой имитационную модель цепочки поставок. Он позволяет визуализировать реальное поведение динамической системы и предоставляет пользователю подробную информацию, что способствует более эффективному принятию решений. Модель отображает сеть объектов входящих в цепочки поставок и систему распределения, которая выполняет задачу по закупке и передаче материалов от производителя к потребителю.

Стремительное развитие технологий компьютерной графики приводит к тому, что трёхмерные модели-симуляторы находят всё более широкое применение для решения разнообразных научных и производственных задач. В частности, они активно используются для управления логистическими процессами в цепях поставок. Пример такой системы описан в работе [9].

Представленная авторами система позволяет моделировать основные логистические функции: управление складскими процессами, снабжением, запасами и транспортировкой. Эти задачи обычно решаются с помощью специализированных симуляторов. Трёхмерная визуализация помогает пользователю лучше понимать пространственные процессы, предоставляя наглядное отображение действий. Пользователь может наблюдать за движением логистических объектов в реалистичной

среде, что позволяет принимать обоснованные управленческие решения с использованием визуальных подсказок и инструментов.

III. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИИ

А. Описание технологии

В настоящее время наблюдается стремительный рост числа публикаций по теме прикладного использования технологий искусственного интеллекта в различных сферах [10]. Это свидетельствует о важности понимания потенциальных последствий, которые могут вызвать эти технологии. Важно сформировать единое понимание направлений прикладного использования данных технологий в сфере логистики и управления цепочками поставок [11]. А также сформировать понимание того, как ИИ может способствовать улучшению логистики и помогать в оптимизации процессов формирования цепочек поставок [12]. Многие исследователи концепции Supply Chain 4.0 указывают на потенциальное влияние технологий искусственного интеллекта на управление логистикой [13].

Одним из направлений прикладного использования генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) для визуализации и анализа данных и описания бизнес-процессов и логистических систем [14]. Нами выделены ряд направлений использования технологий ГИИ для визуализации:

- создание блок-схем логистических процессов с использованием текстового описания и библиотеки Mermaid;
- структурированное представление информации о логистических системах в виде интеллект-карт;
- разработка календарных графиков проектов и создание диаграмм Ганта с использованием библиотеки Mermaid и ГИИ;
- визуализация объектов цепей поставок и связей между ними с помощью ER-диаграмм, а также их автоматизированная разработка с помощью ГИИ;
- описание динамики логистических процессов в форме UML диаграмм последовательности и диаграмм деятельности и их автоматизированное создание с использованием ГИИ;
- использование диаграмм прецедентов для визуализация различных аспектов логистики, а также декомпозиции цепей поставок.

Для проведения исследований авторы использовали бесплатно распространяемый инструмент Mermaid - онлайн редактор для создания интерактивных диаграмм с использованием специализированного языка [15].

Для решения задач можно использовать различные варианты ИИ бесплатно доступные в России:

- DeepSeek - мощная языковая модель, способная генерировать код и помогать в решении различных задач [16].
- YandexGPT - генеративный текстовый ИИ от Яндекса, умеет приходить к ответу через цепочку рассуждений, понимает длинный контекст и позволяет вызы-

вать функции, чтобы получать данные из внешних источников [17].

• GigaChat - нейросетевая модель от Сбербанка, модель запоминает контекст в многошаговых диалогах, связывает новые вопросы с предыдущей информацией, показывает очень хорошие результаты в русскоязычных диалогах, а сами ответы генерируются быстрее чем у других моделей [18].

Используемые модели искусственного интеллекта обобщённо называются ГИИ и самостоятельно могут выбрать наиболее удобный и доступный им вариант модели. Для решения поставленных задач авторы рекомендуют использовать чат DeepSeek (<https://chat.deepseek.com/>) [16].

В. Визуализация логистических процессов с использованием блок-схем

Блок-схема - это иллюстрационное представление в графической форме алгоритма, представляющего собой последовательность действий при описании логистических процессов с использованием геометрических фигур, таких как квадраты, ромбы и другие (каждая из которых обозначает определённое действие), а также линии со стрелками, показывающие порядок выполнения шагов или направление движения процесса. Блок-схемы могут быть как простыми, созданными от руки, так и сложными, разработанными с помощью специализированных программ, включающими множество этапов и операций.

Блок-схемы являются одним из наиболее популярных способов визуализации логистических процессов. В некоторых случаях такие схемы могут иметь более узкие названия, например карта логистического процесса, функциональная модель, карта бизнес-процесса или технологическая схема.

Блок-схемы обычно создаются с помощью специализированных векторных графических редакторов, например Microsoft Visio или Draw.io. В популярном текстовом редакторе Microsoft Word на панели рисования имеется специальный набор графических фигур для рисования блок-схем. В современных условиях, характеризующихся высокой степенью изменчивости бизнес-среды для упрощения создания различных видов диаграмм и схем на основе их текстового описания можно использовать специализированный редактор Mermaid [15]. Приложение Mermaid использует свой специализированный язык для описания и модификации различных видов диаграмм. Основное назначение Mermaid – ускорить и упростить создание типовых видов диаграмм для документирования информационных систем.

Mermaid позволяет легко создавать различные диаграммы с помощью онлайн редактора Mermaid Live Editor [15]. Библиотека Mermaid интегрирована во множество современных инструментов используемых в разработке сложных информационных систем: GitLab, Notion и др. Существуют плагины, позволяющие интегрировать Mermaid в другие сервисы. Для популярных текстовых редакторов Microsoft Word и Google Docs существуют специальные надстройки, позволяющие создавать и отрисовывать диаграммы по их текстовому описанию в формате Mermaid.

Рассмотрим пример использования генеративного ИИ для построения блок-схемы решения задачи.

1) Постановка задачи

Задача 1. Рассчитать время оборота и построить графики движения автопоезда в составе автомобиля КамаЗ-5320 с прицепом СЗАП-83551 при перевозке пакетированных грузов сквозным методом с назначением одного и двух водителей на автомобиль. Расстояние перевозок составляет 200 километров для груза первого вида и 170 километров для груза второго вида. Нулевой пробег всегда одинаковый и составляет 40 километров. Техническая скорость при выполнении нулевого пробега 25 км/ч. При движении по маршруту 55 км/ч.

2) Запрос в ГИИ

Представь блок-схему решения задачи <Текст задачи 1> в формате Mermaid.

3) Ответ ГИИ

Конечно! Вот блок-схема решения задачи на языке Mermaid:

```
graph TD
    A["Начало"] --> B["Выберите вид груза"]
    B --> C["Груз первого вида?"]
    C -- Да --> D["Расстояние = 200 км"]
    C -- Нет --> E["Расстояние = 170 км"]
    D --> F["Ввести данные:"]
    E --> F["Ввести данные:"]
    F --> G["Нулевой пробег = 40 км"]
    G --> H["Техническая скорость при нулевом пробеге Vtn = 25 км/ч"]
    H --> I["Техническая скорость на маршруте Vtm = 55 км/ч"]
    I --> J["Количество водителей (1 или 2)"]
    J --> K["Рассчитать время оборота:"]
    K --> L["1. Рассчитать время нулевого пробега (Тн)"]
    L --> M["2. Рассчитать время нулевого пробега (Тм)"]
    M --> N["3. Общее время оборота (Тоб) = Тн + Тм"]
    N --> O["Построить график движения автопоезда"]
    O --> P["1. График движения с одним водителем"]
    P --> Q["1. График движения с двумя водителями"]
    Q --> R["Конец"]
    E --> O["Построить график движения автопоезда"]
    O --> P["1. График движения с одним водителем"]
    P --> Q["1. График движения с двумя водителями"]
    Q --> R["Конец"]
```

...

Пример расчета для груза первого вида (200 км)

Расчеты для одного водителя

Время нулевого пробега: $T_n = 2540 = 1.6$ часа

Время движения по маршруту: $T_m = 55200 \approx 3.64$ часа

Общее время оборота: $T_{об} = 1.6 + 3.64 = 5.24$ часа

Расчеты для двух водителей

Время нулевого пробега: $T_n = 2540 = 1.6$ часа

Время движения по маршруту: $T_m = 55200 \approx 3.64$ часа

Общее время оборота: $T_{об} = 1.6 + 3.64 = 5.24$ часа

Пример расчета для груза второго вида (170 км)

Расчеты для одного водителя

Время нулевого пробега: $T_n = 2540 = 1.6$ часа

Время движения по маршруту: $T_m = 55170 \approx 3.09$ часа

Общее время оборота: $T_{об} = 1.6 + 3.09 = 4.69$ часа

Расчеты для двух водителей

Время нулевого пробега: $T_n = 2540 = 1.6$ часа

Время движения по маршруту: $T_m = 55170 \approx 3.09$ часа

Общее время оборота: $T_{об} = 1.6 + 3.09 = 4.69$ часа

На рисунке 1 приведен результат построения диаграммы полученной с использованием ГИИ в Mermaid.



Рис.1. Блок-схема построенная в Mermaid

С. Визуализация логистических процессов с использованием ментальных карт

Технология ментальных карт (mind mapping) занимает значимое место среди инструментов визуализации и структурирования знаний. Технология построена на принципах ассоциативного мышления и визуальной репрезентации информации и демонстрирует высокую эффективность для решения когнитивных задач. Ключевое преимущество метода заключается в его способности оптимизировать процессы восприятия, понимания и запоминания информации. Структурирование знаний в виде интеллект-карты позволяет представить материал

в целостном и логически последовательном виде, что особенно актуально в условиях интенсивного обучения и освоения больших объемов данных. Применение ментальных карт не только способствует глубокому осмыслению и систематизации информации, но и стимулирует активизацию когнитивных процессов, что делает их эффективным инструментом для интеллектуальной деятельности.

Интеллект-карта представляет собой схему, предназначенную для визуального структурирования данных в иерархическом порядке, которая демонстрирует связи между отдельными элементами общей системы. Обычно она строится вокруг одной ключевой идеи или концепции, которая размещается в центре листа, а затем дополняется связанными понятиями и ассоциациями, формируя разветвленную структуру.

Для оформления таких карт можно использовать дополнительные изображения, форматирования слов или их частей. Идеи первого уровня напрямую связаны с центральной, а дополнительные идеи вытекают из идей первого уровня. В таблице 1 представлено описание интеллект-карты логистики. Для более компактного представления таблица разделена на две части, в редакторе Mermaid эти части должны быть размещены друг под другом.

ТАБЛИЦА 1 - ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТА ОПИСАНИЯ ЛОГИСТИКИ

Первая часть карты	Вторая часть карты
mindmap root((Логистика 🌐)) Основные аспекты 🛠️ Оптимизация 🌱 Расходов 💰 Времени ⌚ Ресурсов ⚡ Контроль 📊 Качество ✅ Сроки ⌚ Затраты 💵 Виды логистики 🚚 Транспортная 🚚 Складская 📦 Производственная 🏭 Распределительная 📦	Ключевые процессы 🔄 Планирование 📅 Маршрутов 📍 Запасов 📦 Управление 🧑‍💻 Перевозками 🚚 Хранением 📦 Мониторинг 🔍 Трекинг 📍 Анализ данных 📄 Инструменты 🛠️ Технологии 🖥️ GPS-трекинг 📍 Управление складом 📦 Планировщики маршрутов 📍 Методики 🧠 Just-In-Time ⌚ ABC-анализ 📊 ERP-системы 🛠️

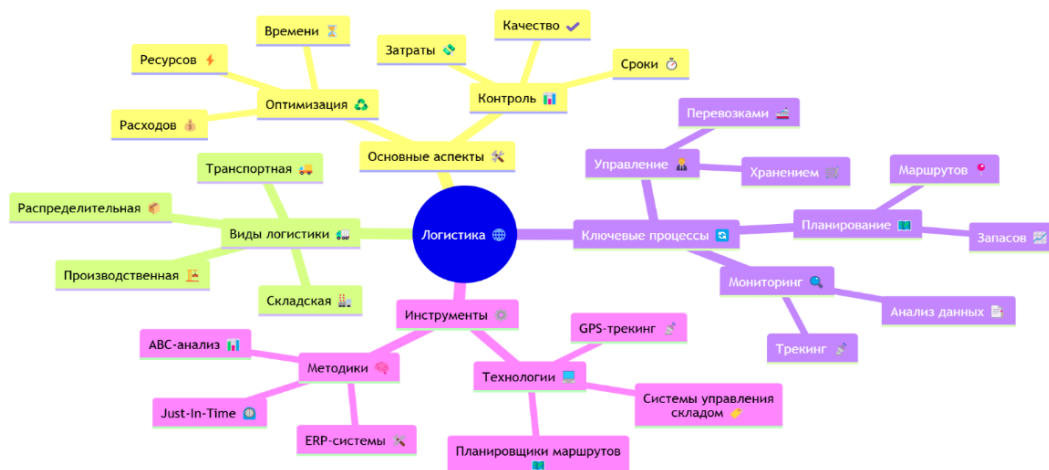


Рис. 2 - Интеллект-карта созданная в Mermaid

На рисунке 2 представлено графическое отображение интеллект карты, которая была создана в редакторе Mermaid на основе описания, представленного в таблице 1.

Рассмотрим пример использования генеративного ИИ для построения карты mind map для задачи 1.

1) Запрос в ГИИ

Построй mind map диаграмму в формате Mermaid для задачи: <Текст задачи 1>.

2) Ответ ГИИ

Конечно! Давайте создадим структуру 'mind map' диаграммы в формате Mermaid, чтобы представить основные компоненты и процессы, необходимые для решения задачи.

```

graph LR
    mermaid
    mindmap
    root((Расчет времени оборота и графики движения))
    Общие данные
    Расстояние перевозки
    Нулевой пробег (40 км)
    Техническая скорость (25 км/ч для нулевого пробега, 55 км/ч для маршрута)
    Варианты расписания
    Один водитель
    Расчет времени для груза 1
    Нулевой пробег
    Маршрут
    Время остановки
    Расчет времени для груза 2
    Нулевой пробег
    Маршрут
    Время остановки
    Два водителя
    Расчет времени для груза 1
    Нулевой пробег
    Маршрут
    Время остановки
    Расчет времени для груза 2
    Нулевой пробег
    Маршрут
    Время остановки
    Графики движения
    Для одного водителя
    График для груза 1
    График для груза 2
    Для двух водителей
    График для груза 1
    График для груза 2
  
```

...

Эта диаграмма охватывает все основные элементы, которые нужно учесть для расчета времени оборота и построения графика движения автопоезда.

На рисунке 3 данная диаграмма отображена с использованием Mermaid.

D. Визуализация с использованием диаграмм Ганта

Диаграмма Ганта (англ. Gantt chart) - это широко распространённый тип временной диаграммы, применяемый для визуализации процессов выполнения проектов. Она является одним из наиболее популярных инструментов планирования экономических проектов и активно используется в проектном управлении.

Диаграмма Ганта состоит из горизонтальных полос, расположенных вдоль временной оси. Край полосы обозначают начало и окончание задачи, а её длина отражает продолжительность выполнения. Каждая полоса соответствует отдельной задаче в рамках проекта. На вертикальной оси перечислены задачи проекта. Дополнительно на диаграмме могут быть приведены сводные задачи, степень готовности для отдельных задач, зависимости между задачами, последовательность выполнения, текущая дата и другие элементы.

В Mermaid диаграммы Ганта создаются с использованием ключевого слова **gantt**. После этого с помощью ключевого слова **title** задаётся название диаграммы. Далее, используя ключевое слово **dateFormat**, указывается формат даты, который будет применяться для отображения дат и времени на диаграмме.

На типовой диаграмме Ганта по оси X располагается шкала времени, а по оси Y задачи в порядке их выполнения. Отдельные разделы на оси Y задаются с помощью ключевого слова **section**, после которого указывается название секции. Ниже названия секции записываются задачи, которые относятся к этой секции. Описание каждой из задач состоит из короткого текста с названием задачи, ее условного имени, даты начала и продолжительности. Название задачи располагается в левой части, а остальные параметры с правой и разделяются запятой.



Рис. 3 - Интеллект-карта созданная с помощью генеративного ИИ

Рассмотрим построение диаграммы Ганта карты для задачи 1.

1) Запрос в ГИИ

Построй диаграмму Ганта для задачи. Используй разделение по часам. <текст задачи 1>.

2) Ответ ГИИ

Результат построения приведен на рисунке 4.

Конечно! Давайте построим диаграмму Ганта, которая будет отображать время оборота и графики движения автопоезда для одного и двух водителей.

Расчет времени оборота

Для одного водителя:

Нулевой пробег (40 км)

Время = 40 км / 25 км/ч = 1.6 часа

Маршрут (200 км для груза 1, 170 км для груза 2)

Время для груза 1 = 200 км / 55 км/ч ≈ 3.64 часа

Время для груза 2 = 170 км / 55 км/ч ≈ 3.09 часа

Время остановки

Предположим, что время остановки составляет 1 час.

Итого:

Время оборота для груза 1 = 1.6 + 3.64 + 1 = 6.24 часа

Время оборота для груза 2 = 1.6 + 3.09 + 1 = 5.69 часа

Для двух водителей:

Нулевой пробег (40 км)

Время = 40 км / 25 км/ч = 1.6 часа

Маршрут (200 км для груза 1, 170 км для груза 2)

Время для груза 1 = 200 км / 55 км/ч ≈ 3.64 часа

Время для груза 2 = 170 км / 55 км/ч ≈ 3.09 часа

Время остановки

Предположим, что время остановки составляет 1 час.

Итого:

Время оборота для груза 1 = 1.6 + 3.64 + 1 = 6.24 часа

Время оборота для груза 2 = 1.6 + 3.09 + 1 = 5.69 часа

Теперь построим диаграмму Ганта с учетом этих расчетов.

```
```mermaid
```

```
gantt
```

```
 dateFormat HH:mm
```

```
 title Расписание движения автопоезда
```

```
 section Один водитель
```

```
 Нулевой пробег (груз 1) : a, 00:00, 1.6h
```

```
 Маршрут (груз 1) : b, after a, 3.64h
```

```
 Время остановки (груз 1) : c, after b, 1h
```

```
 Нулевой пробег (груз 2) : d, after c, 1.6h
```

```
 Маршрут (груз 2) : e, after d, 3.09h
```

```
 Время остановки (груз 2) : f, after e, 1h
```

```
 section Два водителя
```

```
 Нулевой пробег (груз 1) : g, 00:00, 1.6h
```

```
 Маршрут (груз 1) : h, after g, 3.64h
```

```
 Время остановки (груз 1) : i, after h, 1h
```

```
 Нулевой пробег (груз 2) : j, after i, 1.6h
```

```
 Маршрут (груз 2) : k, after j, 3.09h
```

```
 Время остановки (груз 2) : l, after k, 1h
```

```
```
```

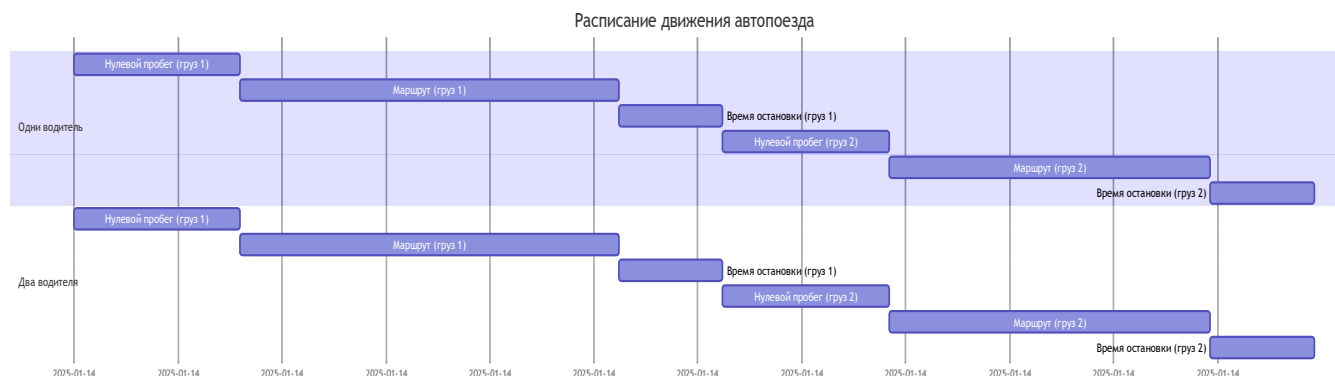


Рис.4. Диаграмма Ганта для времени оборота для каждого груза

Эта диаграмма Ганта показывает время оборота для каждого груза при разных вариантах расписания.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены результаты исследований по использованию технологий визуализации в логистике и управлении цепями поставок. Существует множество способов визуализации цепей поставок, требуется выбрать подходящий визуальный дизайн, который будет соответствовать информационным потребностям пользователей. Визуализация мониторинга цепочек поставок и процессов принятия решений играет ключевую роль в обеспечении прозрачности и эффективности логистических процессов. Активно развиваются различные платформы, например, такие как RiskVis и Supply Chain Control Tower (SCCT), которые используют иерархически организованные модели визуализации для мониторинга поставок в реальном времени, что позволяет выявлять уязвимости, оперативно реагировать на аномалии и принимать обоснованные решения. Внедрение искусственного интеллекта и прогнозной аналитики в эти системы способствует оптимизации бизнес-процессов. Интерактивные визуализации облегчают восприятие данных и ускоряют процесс принятия решений.

В эмпирической части исследования авторы показали, что генеративный искусственный интеллект может быть эффективно использован для визуализации и анализа данных в логистических системах и бизнес-процессах, что облегчает понимание и анализ сложных процессов. Применение ГИИ позволяет создавать блок-схемы логистических процессов с использованием текстового описания и библиотеки Mermaid, выполнить структурированное представление информации о логистических системах в виде интеллект-карт, разработку календарных графиков проектов и создание диаграмм Ганта с использованием Mermaid и ГИИ, визуализацию объектов цепей поставок и связей между ними с помощью ER-диаграмм, а также их автоматизированную разработку с помощью ГИИ, описание динамики логистических процессов в форме UML диаграмм последовательности и диаграмм деятельности и их автоматизированное создание с использованием ГИИ, использование диаграмм прецедентов для визуализации различных аспектов логистики и декомпозиции цепей поставок.

Авторами приведены примеры автоматизированной генерации визуальных представлений различных видов при решении задач в сфере логистики. Полученные ре-

зультаты свидетельствуют, что генеративный искусственный интеллект уже сейчас может быть эффективным помощником для построения визуализаций при решении логистических задач. Его использование существенно сокращает время на подготовку материала и его обработку. В будущем подобные инструменты визуализации будут напрямую встраиваться в системы управления цепями поставок и логистикой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] C. X. Lou, A. Bonti, M. Prokofieva, M. Abdelrazek, and S. M. Chowdary Kari, "Literature Review on Visualization in Supply Chain & Decision Making," in 2020 24th International Conference Information Visualisation (IV), Melbourne, Australia: IEEE, Sep. 2020, pp. 746–750. doi: 10.1109/IV51561.2020.00019.
- [2] Y. Urabe, S. Yagi, K. Tsuchikawa, and T. Masuda, "Visualizing User Action Data to Discover Business Process," presented at the 2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), IEEE, Sep. 2019, pp. 1–4. doi: 10.23919/apnoms.2019.8893024.
- [3] R. S. Goh et al., "RiskVis: Supply chain visualization with risk management and real-time monitoring," presented at the 2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), IEEE, Aug. 2013, pp. 207–212. doi: 10.1109/coase.2013.6653910.
- [4] Сергеев, В. Проблема видимости цепи поставок и использование концепции Supply Chain Control Tower / В. Сергеев, И. Сергеев, К. Хлобыстова // Логистика. – 2020. – № 3(160). – С. 35–43. – EDN XCOMQY
- [5] Синицын, М. Г. Диспетчеризация и визуализация в логистике / М. Г. Синицын, С. Н. Масленников // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2023. – № 1. – С. 25–28. – EDN DOXHBV
- [6] S. K. Singh, M. Jenamani, C. Garg, and H. Alirajpurwala, "Multi-echelon Supply network Analysis with Interactive Visualization," presented at the 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), IEEE, Feb. 2019, pp. 481–484. doi: 10.1109/comitcon.2019.8862244.
- [7] P. J. SACKETT and D. K. WILLIAMS, "DATA VISUALIZATION IN MANUFACTURING DECISION MAKING," Journal of Advanced Manufacturing Systems, vol. 02, no. 02, pp. 163–185, Dec. 2003, doi: 10.1142/s0219686703000307.
- [8] A. Siddiqui, M. Khan, and S. Akhtar, "Supply chain simulator: A scenario-based educational tool to enhance student learning," Computers & Education, vol. 51, no. 1, pp. 252–261, Aug. 2008, doi: 10.1016/j.compedu.2007.05.008.
- [9] Дмитриев И. Л. Трехмерная визуализация производственных и логистических процессов: выбор средства разработки / И. Л. Дмитриев, Н. В. Папуловская, К. А. Аксенов, В. Д. Камельский // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 84. – EDN SBWDIH
- [10] Трегубов, В. Н. Перспективные направления исследований использования генеративного искусственного интеллекта в маркетинге / В. Н. Трегубов // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12, № 5. – С. 23–32. – EDN RNREUK.
- [11] Трегубов, В. Н. Использование технологий искусственного интеллекта для совершенствования складских операций / В. Н. Трегубов, Е. А. Пузанова, Л. В. Славнецкова // Инновационная деятельность. – 2023. – № 1(64). – С. 33–42. – EDN BGINPH.
- [12] S. Fosso Wamba, C. Guthrie, M. M. Queiroz, and S. Minner, "ChatGPT and generative artificial intelligence: an exploratory study of key benefits and challenges in operations and supply chain management," International Journal of Production Research, vol. 62, no. 16, pp. 5676–5696, Aug. 2024, doi: 10.1080/00207543.2023.2294116.
- [13] P. Roozkhosh, A. Pooya, A. Modares, and V. Bafandegan Emroozzi, "Exploring the adoption and long-term effects of ChatGPT in a sustainable supply chain," Flex Serv Manuf J, Oct. 2024, doi: 10.1007/s10696-024-09575-5.
- [14] G. F. Frederico, "ChatGPT in Supply Chains: Initial Evidence of Applications and Potential Research Agenda," Logistics, vol. 7, no. 2, p. 26, Apr. 2023, doi: 10.3390/logistics7020026.
- [15] Online FlowChart & Diagrams Editor - Mermaid Live Editor." Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://mermaid.live>
- [16] DeepSeek." Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://chat.deepseek.com>
- [17] YandexGPT 4," YandexGPT 4. Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://ya.ru/ai/gpt-4>
- [18] GigaChat — русскоязычная нейросеть от Сбега," giga.chat. Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://giga.chat/>

Статья поступила 18.01.2025

Горячева Ирина Алексеевна, д.э.н., профессор кафедры «Производственный менеджмент», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (<https://www.sstu.ru/>), Саратов, email: rahmaninaia@mail.ru, elibrary.ru: authorid=419446, scopus.com: authorId=57203429163, ORCID: orcidID=0000-0003-0607-8549

Трегубов Владимир Николаевич, д.э.н., профессор кафедры «Производственный менеджмент», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (<https://www.sstu.ru/>), Саратов, email: tregubovvn@outlook.com

Visualization of logistics processes with generative artificial intelligence

V.N. Tregubov, I.A. Goryacheva

Abstract — The article presents the results of research on the application of visualization technologies in logistics and supply chain management. The relevance of the work is due to the wide use of visualization methods in logistics and supply chains, which will simplify and accelerate the perception of information flow, providing end-to-end transparency of the chain and the ability to respond quickly to changes in the business environment by providing analytical information in real time. The importance of choosing the right visualization method to prevent loss of valuable information is emphasized. Interactive visualizations increase the speed of decision-making and simplify data analysis. Modern approaches to supply chain management, for example, Supply Chain Control Tower (SCCT), are based on interactive online forms of visualization, which allows users to monitor supplies in real time, identify vulnerabilities in the chain and promptly respond to emerging threats. The integration of artificial intelligence (AI) and predictive analytics into visualization systems contributes to supply chain visibility and leads to optimization of logistics processes. In the empirical part of the study, the authors demonstrate the potential of generative AI for automated data visualization in logistics. It is shown that AI can be effectively used to create block diagrams of logistics processes, intelligence maps, Gantt charts, ER- and UML-diagrams. Special attention is paid to automatization of visualization development using Mermaid library and their text descriptions. Examples of automated generation of visualizations are given. The results of the study confirm the hypothesis that the introduction of AI and interactive visualizations in logistics simplifies the perception of complex information and helps to improve the efficiency of supply chain management.

Keywords — ChatGPT, generative artificial intelligence, data visualization, supply chain monitoring, business process optimization, flowcharts, mind maps, Gantt charts, Mermaid.

REFERENCES

- [1] C. X. Lou, A. Bonti, M. Prokofieva, M. Abdelrazek, and S. M. Chowdary Kari, "Literature Review on Visualization in Supply Chain & Decision Making," in 2020 24th International Conference Information Visualisation (IV), Melbourne, Australia: IEEE, Sep. 2020, pp. 746–750. doi: 10.1109/IV51561.2020.00019.
- [2] Y. Urabe, S. Yagi, K. Tsuchikawa, and T. Masuda, "Visualizing User Action Data to Discover Business Process," presented at the 2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), IEEE, Sep. 2019, pp. 1–4. doi: 10.23919/apnoms.2019.8893024.
- [3] R. S. Goh et al., "RiskVis: Supply chain visualization with risk management and real-time monitoring," presented at the 2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), IEEE, Aug. 2013, pp. 207–212. doi: 10.1109/coase.2013.6653910.
- [4] V. Sergeev, I. Sergeev, and K. Khlobystova, "The problem of supply chain visibility and the use of the Supply Chain Control Tower concept," *Logistics*, vol. 3(160), pp. 35–43, 2020. EDN: XCOMQY.
- [5] M. G. Sinitsyn and S. N. Maslennikov, "Dispatching and visualization in logistics," *Scientific Problems of Transport in Siberia and the Far East*, vol. 1, pp. 25–28, 2023. EDN: DOXHBU.
- [6] S. K. Singh, M. Jenamani, C. Garg, and H. Alirajpurwala, "Multi-echelon Supply network Analysis with Interactive Visualization," presented at the 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), IEEE, Feb. 2019, pp. 481–484. doi: 10.1109/comitcon.2019.8862244.
- [7] P. J. Sackett and D. K. Williams, "Data visualization in manufacturing decision making," *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 163–185, Dec. 2003. doi: 10.1142/s0219686703000307.
- [8] A. Siddiqui, M. Khan, and S. Akhtar, "Supply chain simulator: A scenario-based educational tool to enhance student learning," *Computers & Education*, vol. 51, no. 1, pp. 252–261, Aug. 2008. doi: 10.1016/j.compedu.2007.05.008.
- [9] I. L. Dmitriev, N. V. Papulovskaya, K. A. Aksenov, and V. D. Kamelsky, "Three-dimensional visualization of production and logistics processes: choosing a development tool," *Modern Problems of Science and Education*, vol. 2, pp. 84, 2014. EDN: SBWDIH.
- [10] V. N. Tregubov, "Promising research directions in the use of generative artificial intelligence in marketing," *International Journal of Open Information Technologies*, vol. 12, no. 5, pp. 23–32, 2024. EDN: RNREUK.
- [11] V. N. Tregubov, E. A. Puzanova, and L. V. Slavnetskova, "Using artificial intelligence technologies to improve warehouse operations," *Innovation Activity*, vol. 1(64), pp. 33–42, 2023. EDN: BGINPH.
- [12] S. Fosso Wamba, C. Guthrie, M. M. Queiroz, and S. Minner, "ChatGPT and generative artificial intelligence: an exploratory study of key benefits and challenges in operations and supply chain management," *International Journal of Production Research*, vol. 62, no. 16, pp. 5676–5696, Aug. 2024. doi: 10.1080/00207543.2023.2294116.
- [13] P. Roozkhosh, A. Pooya, A. Modares, and V. Bafandegan Emrooz, "Exploring the adoption and long-term effects of ChatGPT in a sustainable supply chain," *Flex Serv Manuf J*, Oct. 2024. doi: 10.1007/s10696-024-09575-5.
- [14] G. F. Frederico, "ChatGPT in Supply Chains: Initial Evidence of Applications and Potential Research Agenda," *Logistics*, vol. 7, no. 2, p. 26, Apr. 2023. doi: 10.3390/logistics7020026.
- [15] Online FlowChart & Diagrams Editor - Mermaid Live Editor. (Accessed: Jan. 07, 2025). Available: <https://mermaid.live>
- [16] DeepSeek. (Accessed: Jan. 07, 2025). Available: <https://chat.deepseek.com>
- [17] YandexGPT 4. (Accessed: Jan. 07, 2025). Available: <https://ya.ru/ai/gpt-4>
- [18] GigaChat — Russian-speaking neural network from Sber. (Accessed: Jan. 07, 2025). Available: <https://giga.chat/>