

1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

УДК: 004.82, 621.13

1.1. Использование технологии генеративного искусственного интеллекта для проектирования цифровых двойников в логистике

Трегубов В.Н., Матушкин М.А.,
ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, Россия

Аннотация: Авторами исследуется концепция «Логистика 4.0», которая формируется на принципах «Индустрии 4.0» и направлена на цифровую трансформацию логистических процессов с использованием искусственного интеллекта и других цифровых технологий. Использование в логистике интернета вещей (IoT), киберфизических систем, больших данных и облачных вычислений позволяет создавать цифровые двойники логистических систем. Это способствует повышению экономической, социальной и экологической устойчивости, обеспечивая прозрачность, безопасность и оперативность управления цепочками поставок. Эффективным инструментом моделирования для создания цифровых двойников является унифицированный язык моделирования (UML). Российские и зарубежные исследования демонстрируют его хорошую применимость для описания архитектуры, функциональности и поведения логистических систем. Интеграция UML с другими методами, например моделью спецификации дискретных событий, расширяет его возможности как инструмента концептуального моделирования. В статье рассматривается применение генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) для создания диаграмм прецедентов при разработке цифрового двойника логистической системы. Хотя предложенное ГИИ решение не является идеальным, оно демонстрирует потенциал ГИИ в решении подобных задач, и созданная модель может служить отправной точкой для дальнейшей разработки информационной системы. В будущем интеграция ГИИ в программные средства для создания информационных систем откроет новые возможности формирования логистических процессов.

Введение

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в логистике представляет собой перспективное направление развития, которое может быть реализовано в рамках реализации концепции «Логистика 4.0», которая формирует единую методологию цифровизации в логистике и включает в себя различные цифровые технологии, такие как интернет вещей (IoT), киберфизические системы, большие данные, облачные вычисления, мобильные системы и даже социальные сети. Логистическая система, построенная на принципах «Логистика 4.0», позволяет удовлетворять индивидуальные запросы клиентов без увеличения их затрат и обеспечивает эффективную цифровизацию логистики в том числе и с помощью методов ИИ.

«Логистика 4.0» ориентирована на создание цифровых двойников, когда виртуальная модель цепи поставок выполнена, например в виде симуляции, непрерывно связана с реальной логистической системой. Такой подход формирует обмен информацией между реальным миром и виртуальным пространством. Это обеспечивает повышение устойчивости цепи поставок, способствуют улучшению операционной эффективности и наглядности представления логистических процессов. С помощью технологии цифровых двойников обеспечивается рост экономической эффективности цепи поставок и повышение ее экологической устойчивости. Важным элементом технологии является возможность отслеживать и контролировать перемещение грузов в режиме реального времени, что в современных условиях при снижении стоимости датчиков отслеживания можно выполнять даже на уровне отдельных товарных единиц.

Для моделирования цифровых двойников нами предлагается использовать унифицированный язык моделирования (UML). Это специализированный язык, который широко используется для визуального представления процессов и поведения программных систем. Он применяется для моделирования программных, бизнес-систем, основанных на объектно-ориентированном подходе. Преимущества UML включают в себя: гибкость, удобочитаемость, точное представление архитектуры системы, упрощение планирования и отладки программ. UML широко используется в исследовательских работах для создания прототипов систем.

В нашем исследовании мы продемонстрируем, как с использованием генеративного искусственного интеллекта и UML может быть спроектирована система цифровых двойников в виде UML диаграмм вариантов использования.

Теоретический обзор

Широкое использование искусственного интеллекта возможно в рамках формирования концепции «Логистика 4.0» по аналогии с концепцией «Индустрия 4.0», применяемой в промышленном производстве. В ее основе лежит возможность использования цифровых технологий при выполнении логистических операций [1]. Изначально «Индустрия 4.0» представляла собой инициативу, которая была направлена на использование цифровых технологий для повышения конкурентоспособности отраслей тяжелой промышленности. Она была предложена и первоначально разработана немецкими исследователями, а ее ключевая идея заключалась в применении интеллектуальных технологий для автоматизации производств, роботизации, формирования киберфизических систем и использования интеллектуальных технологий для повышения конкурентоспособности промышленных компаний.

В дальнейшем «Индустрия 4.0» стала распространяться на другие сферы, а предлагаемая метафора использовалась все более широко, появились различные варианты систем 4.0, в частности «Логистика 4.0», «Снабжение 4.0», «Закупки 4.0». Все они используются для цифровизации различных сфер логистики и включают в себя вспомогательные технологии, которые адаптируются под потребности клиентов и помогают решать их проблемы, например, достижение устойчивости цепи поставок (Evtodieva и др. 2019), повышение эффективности логистического процесса (Amr, Ezzat, и Kassem 2019), сбор больших данных о логистических процессах для их дальнейшего использования в моделировании (Khan и др. 2022).

С учетом специфики логистики, особенно в связи с тем, что цифровых технологий в ней широко использовались всегда, ряд авторов задается вопросом, не является ли «Логистика 4.0» просто модным словом, а не новым вкладом в развитие логистической технологии (Szymańska 2017). Для разрешения этого противоречия сформировалось понимание, что концепция «Логистика 4.0» должна включать в себя ряд вспомогательных технологий, которые помогают эффективно решать логистические проблемы. В обзоре литературы (Winkelhaus и Grosse 2019) авторами выделены ключевые составляющие «Логистика 4.0». Среди них: интернет вещей (IoT), киберфизические системы, большие данные, облачные вычисления, мобильные системы, системы на основе социальных сетей, большие данные, интеллектуальный анализ данных, облачные вычисления, искусственный интеллект. Во время пандемии COVID-19 именно переход к «Логистика 4.0», включая IoT, искусственный интеллект, блокчейн, облачные вычисления и дополненную реальность, рассматривалась как фактор повышения устойчивости цепочек поставок (Gupta и др. 2022).

Одним из инструментов «Логистика 4.0» является создание цифровых двойников, когда виртуальная модель цепи поставок, выполненная в виде симуляции, постоянно связана с реальной логистической системой. Такой подход формирует прямую связь между реальным миром (фактическими событиями в цепи поставок) и виртуальным пространством - имитационной моделью. Для реализации этого подхода используются технические устройства, которые позволяют отслеживать и контролировать перемещение грузов в режиме реального времени, что максимально способствует цифровой трансформации сферы логистики. Результаты исследований показывают, что внедрение технологий отслеживания в цепях поставок позволяет повысить эффективность логистики, обеспечить высокую прозрачность логистических процессов и безопасность транспортировки грузов. Экономическая эффективность внедрения таких технологий зависит от объема операций, стоимости доставки грузов, возможности повторного использования меток отслеживания, продолжительности поездок и структуры цепочки поставок (Le и Fan 2024).

Первоначально устройства для отслеживания устанавливались только на автомобили, морские суда или контейнеры. В настоящее время, за счет существенного снижения стоимости устройств слежения, они могут использоваться гораздо шире, например, ими могут оснащаться отдельные товарные единицы с дорогостоящими товарами, а также отдельные паллеты или товарные сборки. Развитие облачных технологий помогает создавать централизованные хранилища для агрегации данных, полученных в результате отслеживания, а также создавать гибридные системы, позволяющие объединять информацию об отслеживании с традиционными системами управления (Liu, Pan, и Ballot 2024).

Кроме того, «Логистика 4.0» обеспечивает повышение устойчивости организации, примеры, приведенные в исследовании (Hrouga и Sbihi 2023) убедительно показывают, что повышение операционной эффективности и наглядности с помощью цифровых технологий обеспечивает повышение производительности и эффективности цепи поставок и их социальной и экологической устойчивости.

В нашем исследовании мы будем опираться на понятие «Логистики 4.0», которое основано на определении из (Winkelhaus и Grosse 2019): «Логистика 4.0 - логистическая система, позволяющая устойчиво удовлетворять индивидуальные запросы клиентов без увеличения затрат и поддерживающая это развитие в промышленности и торговле с помощью ее цифровизации и использование технологий искусственного интеллекта». При таком подходе не нужно полагаться на определенные вспомогательные технологии, а необходимо сосредоточиться на потребностях в удовлетворении запросов клиентов, которые реализуются технологиями цифровизации.

Для проектирования информационных систем в рамках концепции «логистика 4.0» можно использовать унифицированный язык моделирования (UML), который станет инструментом для наглядного представления процессов и поведения системы. Он позволяет выполнить стандартизацию визуального представления информационных систем (Галиаскаров Э.Г. 2024). UML широко применяется для моделирования как программных, так и для бизнес-систем. В основе UML лежит объектно-ориентированный

подход, который подразумевает разложение сложной системы на естественно существующие объекты, содержащие данные и процессы взаимодействия этих объектов. С помощью UML появляется возможность визуализировать сложные системы как в статическом, так и в динамическом аспектах.

Использование UML в моделирование логистических систем имеет достаточно длительную историю. Анализ, проведенный нами по публикациям российских исследователей, показывает, что UML использовался в логистических системах различного вида. Например, в статье (Ивашенко 2006) авторами рассматриваются ключевые аспекты создания логистических систем для пассажирского транспорта с применением унифицированного языка моделирования. В работе представлены основные концепции и схемы языка моделирования, а также их практическое применение. В статье приведены примеры создания схем, описывающих работу логистической системы пассажирского транспорта.

В исследовании (Абд Алхади 2023) авторами были проанализированы ключевые объектно-ориентированные модели информационной системы транспортной логистики. Модели были разработаны с использованием языка UML и включают в себя различные типы диаграмм: вариантов использования, классов, последовательности и компонентов. Диаграммы были созданы на основе ранее разработанных математических моделей принятия решений сотрудниками транспортно-логистического предприятия.

В зарубежных исследованиях больше внимания уделяется прикладному использованию этой технологии, например для описания методов обеспечения безопасности информационной системы. Используются UML-стереотипы которые помогают разработчикам выявлять уязвимые участки логистической цепи и автоматизировать разработку тестовых примеров безопасности (Dakis и др. 2018). В исследовании (Zhiyong, Jie, и Xinhui 2013) представлена модель спецификации дискретных событий (DEVS), которая применяется в логистической системе вместе с моделированием UML. Авторы считают, что система DEVS является отличным инструментом для концептуального моделирования и предлагают инструменты для улучшения модели, расширив ее с помощью моделирования UML. В статье (Yonghua Zhou, Yuliu Chen, и Huaru Lu 2004) авторы описывают, как UML был использован в рамках пилотного проекта в Китае. Технологические и информационные объекты моделировались с помощью диаграмм вариантов использования, диаграмм последовательности и диаграммы классов.

Обобщая данные исследования заметим, что все авторы указывают, что преимущества моделирования с помощью UML заключаются в его гибкости, удобочитаемости, способности точно представлять архитектуру системы и упростить процесс планирования и разработки программ на конкретных языках реализации. Многие исследовательские работы используют моделирование UML для демонстрации различных систем, охватывающих разнообразные области, функциональные возможности, структуру и поведение.

Проектирование информационной системы цифровых двойников

Разработка UML модели UML с использованием текстового формата

Для создания диаграмм UML различных типов традиционно использовались специализированные графические редакторы, например Microsoft Visio или Draw.IO, в которых представлены графические примитивы с основными элементами UML. В последние годы большое распространение получили редакторы, которые позволяют создавать диаграммы UML на основе их текстового описания. К таким инструментам относятся Mermaid и PlantUML (PlantUML 2025).

PlantUML – это открытый формат описания диаграмм и кроссплатформенный редактор для построения диаграмм UML на основе их текстового описания. Помимо диаграмм UML с помощью редактора PlantUML можно создавать и некоторые другие виды диаграмм, например диаграммы Ганта и интеллектуальные карты. PlantUML это удобный и эффективный онлайн редактор, который позволяет быстро подготовить иллюстрации для программной документации в виде диаграмм UML.

Диаграммы UML создаются с помощью специализированного языка описания диаграмм PlantUML. Язык PlantUML поддерживает создание различных диаграмм, имеет развитую систему команд и поддерживает большой набор элементов. Изначально язык PlantUML был разработан только для создания диаграмм UML, однако затем был существенно расширен разработчиками и в настоящее время позволяет создавать широкий спектр диаграмм. Язык PlantUML поддерживают различные онлайн-редакторы, которые позволяют создавать UML диаграммы без установки специализированного программного обеспечения на компьютер. Официальный редактор расположен на сайте PlantUML.com. Однако, существуют более эффективные с точки зрения реализации интерфейса варианты, например редактор PlantText (PlantText 2025) Данный редактор предлагает удобный пользовательский интерфейс для ввода кода, шаблоны и подсказки, а также подсветку синтаксиса и автозавершение ввода команд.

Подобно языкам программирования PlantUML поддерживает возможность подключения дополнительных библиотек, предлагающих функциональность, отсутствующую в ядре языка. Например, с использованием дополнительной библиотеки на диаграмму можно добавить пиктограммы и использовать расширенные способы разметки, которые позволяют добавить пиктограммы на диаграмму PlantUML. Стандартная библиотека встроена в базовый PlantUML, поэтому для ее использования не требуется ничего дополнительно загружать.

Готовая диаграмма может быть экспортирована в различных в графических форматах. Если текстовая документация создается в специализированных системах, которые поддерживают формат

Markdown, то может быть использован механизм прямого встраивания кода PlantUML в текстовом формате. Такую возможность представляет, например, система контроля версий GitLab, которая позволяет включить текст в формате PlantUML прямо в документ и при отображении такого документа текст автоматически преобразуется в изображения. При необходимости в диаграмму можно внести правки, которые изменят результат.

Генерация моделей с использованием искусственного интеллекта

Одним из способов применения генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) в практических целях является визуализация представленных данных в виде специализированных диаграмм, а также описание бизнес-процессов и логистических систем. Мы определили несколько областей применения технологий ГИИ для создания визуализации логистических процессов (Трегубов 2024):

- Создание блок-схем логистических процессов на основе их текстового описания и библиотеки Mermaid.
- Структурированное представление информации о логистических системах с помощью интеллект-карт.
- Разработка календарных графиков логистических 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, а также их автоматизированное создание с использованием ГИИ.
- Использование диаграмм прецедентов для визуализации логистических процессов, а также декомпозиции цепей поставок.

В России доступно несколько вариантов доступа к системам генеративного искусственного интеллекта, которые можно использовать для решения задач:

- DeepSeek — мощная языковая модель, которая может генерировать код и помогать в решении различных задач (DeepSeek 2025).
- YandexGPT — генеративный текстовый ИИ от Яндекса, который умеет приходить к ответу через цепочку рассуждений, понимает длинный контекст и позволяет вызывать функции для получения данных из внешних источников (Yandex 2025).
- GigaChat — нейросетевая модель от Сбербанка, которая запоминает контекст в многошаговых диалогах, связывает новые вопросы с предыдущей информацией и показывает хорошие результаты в русскоязычных диалогах (СберБанк 2025).

Все эти модели искусственного интеллекта можно обобщённо называть системы генеративного искусственного интеллекта (ГИИ). Они могут самостоятельно выбрать наиболее удобный и доступный им вариант модели.

Диаграммы вариантов использования в UML

На начальных этапах для описания базового функционала программного продукта логистической системы используется диаграмма вариантов использования (диаграмма прецедентов, use case diagram). Она представляет собой элемент нотации UML, который визуальное описывает функциональные требования к системе с точки зрения её взаимодействия с внешними пользователями (актерами) (Галиаскаров Э.Г. 2024).

Основные компоненты диаграммы вариантов использования:

- Актеры — внешние сущности (люди, системы), которые взаимодействуют с системой. Актеры отображаются в виде значков в форме человечков или прямоугольников.
- Прецеденты — функциональные сценарии или действия, которые может выполнять система. Они изображаются в виде овальных фигур.
- Связи — линии, обозначающие взаимодействие между актерами и прецедентами. Используются различные типы связей, включая ассоциации, расширения и обобщения.

Диаграммы вариантов использования помогают разработчикам и другим заинтересованным сторонам понять, какие функции должна выполнять система и как пользователи будут с ней взаимодействовать. Они являются эффективным инструментом на этапе сбора требований при проектировании информационной системы. На диаграмме вариантов использования актеры представлены в виде схематических фигур людей, а прецеденты — в виде эллипсов. Стрелки между элементами показывают направление взаимодействия.

Диаграмма вариантов использования помогает понять, какие возможности предоставляет информационная система и кто может их использовать. Они используются на этапе анализа требований к системе, так как позволяют выявить и графически изобразить основные функциональные возможности информационной системы и потребности пользователей.

В диаграммах вариантов использования поддерживаются различные типы связей между прецедентами и актерами:

ассоциация показывает, что актер использует прецедент, она изображается в виде линии между актёром и прецедентом без стрелки;

включение указывает на то, что один прецедент является частью другого, оно изображается в виде пунктирной линии со стрелкой, указывающей на включаемый прецедент;

расширение означает, что прецедент может быть расширен дополнительными действиями, оно отображается в виде пунктирной линии со стрелкой, направленной от расширяемого прецедента к расширяющему.

Создания диаграммы вариантов использования для двойника логистической системы

Рассмотрим процедуру создания диаграммы вариантов использования на примере проектирования цифрового двойника для логистической компании. Ниже представлена постановка задачи, запросы в систему ГИИ и полученные от нее ответы, а также нарисованный с использованием редактора результат.

Постановка задачи

Логистическая компания ООО «ЛогЛаб» занимается транспортным обслуживанием клиентов в своем регионе. Перевозки выполняются для конкретных грузоотправителей с использованием транспортных средств и водителей компании. Все выполненные перевозки фиксируются в путевых листах. Для улучшения управления и анализа информации о перевозках требуется создание информационной системы. В рамках этой системы предполагается разработка цифрового двойника для ООО «ЛогЛаб». Этот цифровой двойник должен выполнять несколько важных функций:

Представлять справочник марок транспортных средств, которые используются компанией. В этом справочнике будут указаны следующие характеристики каждой марки: (название марки, год выпуска, максимальная грузоподъемность, объем кузова, тип двигателя, тип кузова, пробег)

Справочник транспортных средств, доступных компании. В этом справочнике будут указаны следующие характеристики каждого транспортного средства: (номер автомобиля, марка, год выпуска, состояние, пробег, дата последнего технического обслуживания, идентификатор водителя)

Справочник водителей, работающих на предприятии в настоящее время. По каждому водителю приводится следующая информация: (имя, фамилия, отчество, номер водительского удостоверения, дата выдачи водительского удостоверения, категория водительского удостоверения, дата последней проверки навыков вождения)

Справочник грузоотправителей, обслуживаемых логистической компанией. По каждому грузоотправителю приводится следующая информация: (название компании, адрес, контактный телефон, email, сайт, руководитель, дата заключения договора)

Справочник видов груза, перевозка которых осуществляется компанией. Для каждого вида груза сохраняется следующая информация: (наименование груза, категория груза, вес, объем, размеры, условия хранения, особые требования)

Учет транспортной работы осуществляется с использованием путевых листов. Поэтому создается отдельная таблица для их хранения, в которой для каждого путевого листа сохраняются следующие данные: (номер путевого листа, дата, номер автомобиля, идентификатор водителя, название грузоотправителя, вид груза, расстояние, пройденное по маршруту)

Запрос в ГИИ

Разработай для данной задачи диаграмму вариантов использования для заказчика перевозки в формате PlantUML

Ответ ГИИ

Вот пример диаграммы вариантов использования в формате PlantUML для грузоотправителя в контексте задачи логистической компании ООО «ЛогЛаб»:

```
plantuml
```

```
Copy
```

```
@startuml
```

```
left to right direction
```

```
actor Грузоотправитель
```

```
rectangle "Информационная система ООО «ЛогЛаб»" {
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр справочника марок ТС)
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр справочника ТС)
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр справочника водителей)
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр справочника грузоотправителей)
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр справочника видов груза)
```

```
    Грузоотправитель -- (Просмотр путевых листов)
```

```
(Просмотр справочника марок ТС) --> (Справочник марок ТС) : Включает
```

```
(Просмотр справочника ТС) --> (Справочник ТС) : Включает
```

```
(Просмотр справочника водителей) --> (Справочник водителей) : Включает
```

(Просмотр справочника грузоотправителей) --> (Справочник грузоотправителей) : Включает
 (Просмотр справочника видов груза) --> (Справочник видов груза) : Включает
 (Просмотр путевых листов) --> (Таблица путевых листов) : Включает

note right of (Справочник марок ТС)
 Название марки, год выпуска,
 грузоподъемность, объем кузова,
 тип двигателя, тип кузова, пробег
end note

note right of (Справочник ТС)
 Номер автомобиля, марка, год выпуска,
 состояние, пробег, дата ТО,
 идентификатор водителя
end note

note right of (Справочник водителей)
 Имя, фамилия, отчество,
 номер водительского удостоверения,
 дата выдачи, категория,
 дата проверки
end note

note right of (Справочник грузоотправителей)
 Название компании, адрес, телефон,
 email, сайт, руководитель,
 дата договора
end note

note right of (Справочник видов груза)
 Наименование груза, категория,
 вес, объем, размеры,
 условия хранения, особые требования
end note

note right of (Таблица путевых листов)
 Номер путевого листа, дата,
 номер автомобиля, идентификатор водителя,
 грузоподрядчик, вид груза, расстояние
end note

}

@enduml

Описание диаграммы:

1. Грузоотправитель — основной актор, который взаимодействует с системой.
2. Просмотр справочников и таблиц — варианты использования, которые доступны грузоотправителю.
3. Справочники и таблицы — содержат информацию о марках ТС, транспортных средствах, водителях, грузоотправителях, видах груза и путевых листах.
4. Примечания (notes) — описывают атрибуты каждого справочника или таблицы.
 Эта диаграмма наглядно показывает, как грузоотправитель взаимодействует с системой и какие данные он может просматривать.

Описание полученного результата

Полученный цифровой двойник логистической компании ООО «ЛогЛаб» предлагает различные варианты использования информационной системы с позиций грузоотправителей. С использованием этого цифрового двойника грузоотправители смогут фиксировать в системе создание заказов на перевозку и другие ее параметры. Система процесс позволяет грузоотправителям сохранить все необходимые детали заказа.

Вторым вариантом использования является отслеживание текущего состояния перевозки. Грузоотправители могут отслеживать перемещение своих грузов в режиме реального времени, что обеспечивает прозрачность цепи поставок и непрерывный контроль над процессом. Грузоотправители смогут своевременно реагировать на любые изменения и оперативно решать возникающие вопросы.

Также цифровой двойник предоставляет возможность управления информацией о грузе. Это будет востребовано для сложных заказов, в которых требуется постоянное обновление информации о текущем состоянии груза. Таким образом, цифровой двойник обеспечивает грузоотправителям удобство и контроль над различными аспектами процесса перевозки.

На рисунке 1 приведен результат построения диаграммы вариантов использования для полученной из системы генеративного искусственного интеллекта описания диаграммы.



Рис.1. Результат построения диаграммы вариантов использования цифрового двойника логистической системы

В результате была получена диаграмма вариантов использования для создания информационной системы цифрового двойника логистической системы. Несмотря на то, что предложенный вариант не идеален, но он может служить хорошей отправной точкой для дальнейшей работы системному аналитику. Уже сейчас ГИИ показывает хорошие результаты для таких задач, и в будущем он будет напрямую интегрирован непосредственно в программные средства для создания информационных систем.

Заключение

1. Широкое использование искусственного интеллекта и цифровых технологий в логистике формирует основу концепции «Логистика 4.0», которая аналогична принципам «Индустрии 4.0». Эта концепция направлена на цифровизацию логистических процессов, повышение их эффективности и устойчивости цепочек поставок, что особенно актуально в условиях глобальных вызовов.

2. Внедрение таких технологий, как интернет вещей (IoT), киберфизические системы, большие данные, облачные вычисления и искусственный интеллект, позволяет создавать цифровые двойники логистических систем. Это обеспечивает прозрачность, безопасность и оперативность управления цепочками поставок, а также способствует повышению экономической, социальной и экологической устойчивости.

3. Создание цифровых двойников, связанных с реальными логистическими системами, позволяет моделировать и оптимизировать процессы в режиме реального времени. Широкое использование устройств отслеживания, включая IoT-устройства, обеспечивает контроль над перемещением грузов на всех этапах, что повышает эффективность и снижает издержки.

4. «Логистика 4.0» фокусируется на удовлетворении индивидуальных потребностей клиентов без увеличения затрат, что достигается за счет цифровизации и использования интеллектуальных технологий. Такой подход позволяет адаптировать логистические процессы под изменяющиеся требования рынка, обеспечивая конкурентоспособность и устойчивое развитие компаний.

5. UML активно используется для моделирования логистических систем различного типа, включая пассажирский транспорт, транспортную логистику и планирование производства. Российские и зарубежные исследования демонстрируют его универсальность и применимость для описания архитектуры, функциональности и поведения сложных логистических систем.

6. В логистических исследованиях применяются различные типы диаграмм UML, такие как диаграммы вариантов использования, классов, последовательностей, компонентов и действий. Эти диаграммы позволяют визуализировать ключевые аспекты логистической системы, включая взаимодействие объектов, процессы принятия решений и структуру данных, что упрощает проектирование информационных систем поддержки.

7. UML успешно интегрируется с другими подходами, например с такими как модель спецификации дискретных событий (DEVS), что расширяет возможности для концептуального моделирования логистических систем. Такая интеграция позволяет улучшить точность и детализацию моделей, а также автоматизировать процессы тестирования и выявления уязвимостей.

8. В статье рассматривается пример применения генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) для создания диаграммы прецедентов информационной системы цифрового двойника логистической системы. Хотя предложенный вариант не является идеальным, но он может послужить отправной точкой для дальнейшей разработки информационной системы. ГИИ демонстрирует хорошие результаты в решении подобных задач и в будущем будет интегрирован непосредственно в программные средства для создания информационных систем.

Литература

1. Абд Алхади, Х. 2023. «Моделирование информационной системы транспортной логистики / Х. Абд Алхади, Ю. В. Минин // Информационные процессы, системы и технологии. – 2023. – Т. 4, № 1(25). – С. 22-28. – DOI 10.52529/27821617_2023_4_1_22. – EDN OBSVLL.»
2. Галиаскаров Э.Г. 2024. Анализ и проектирование систем с использованием UML : учебное пособие для вузов / Э. Г. Галиаскаров, А. С. Воробьев.— Москва: Издательство Юрайт, 2024.— 125с.
3. Иващенко, Н. Ю. 2006. «Применение унифицированного языка моделирования для проектирования логистических систем пассажирского транспорта / Н. Ю. Иващенко, В. Н. Трегубов, Е. В. Феклин // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2006. – Т. 4, № 2(17). – С. 107-112. – EDN ZVKHYH.»
4. СберБанк. 2025. «GigaChat — русскоязычная нейросеть от Сбера». giga.chat. <https://giga.chat/> (7 январь 2025 г.).
5. Трегубов, В. 2024. «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.»
6. Amr, Mohamed, Mohamed Ezzat, и Sally Kassem. 2019. «Logistics 4.0: Definition and Historical Background». В IEEE, 46–49. doi:10.1109/niels.2019.8909314.
7. Dakic, Dusanka, Darko Stefanovic, Teodora Lolic, Srdjan Sladojevic, и Andras Anderla. 2018. «Production planning business process modelling using UML class diagram». В IEEE, 1–6. doi:10.1109/in-foteh.2018.8345535.
8. DeepSeek. 2025. «DeepSeek». <https://chat.deepseek.com> (7 январь 2025 г.).
9. Evtodieva, T. E., D. V. Chernova, N. V. Ivanova, и N. S. Kisteneva. 2019. «Logistics 4.0». Contributions to Economics: 207–19. doi:10.1007/978-3-030-11754-2_16.
10. Gupta, Himanshu, Avinash Kumar Yadav, Simonov Kusi-Sarpong, Sharfuddin Ahmed Khan, и Shashi Chandra Sharma. 2022. «Strategies to overcome barriers to innovative digitalisation technologies for supply chain logistics resilience during pandemic». Technology in Society 69: 101970. doi:10.1016/j.techsoc.2022.101970.
11. Hrouga, Mustapha, и Abdelkader Sbihi. 2023. «Logistics 4.0 for Supply Chain Performance: Perspectives from a Retailing Case Study». Business Process Management Journal 29(6): 1892–1919. doi:10.1108/BPMJ-03-2023-0183.
12. Khan, Shahbaz, Rubee Singh, José Carlos Sá, Gilberto Santos, и Luís Pinto Ferreira. 2022. «Modeling of Determinants of Logistics 4.0 Adoption: Insights from Developing Countries». Machines 10(12): 1242. doi:10.3390/machines10121242.
13. Le, Tho V., и Ruoling Fan. 2024. «Digital Twins for Logistics and Supply Chain Systems: Literature Review, Conceptual Framework, Research Potential, and Practical Challenges». Computers & Industrial Engineering 187: 109768. doi:10.1016/j.cie.2023.109768.
14. Liu, Yu, Shenle Pan, и Eric Ballot. 2024. «Unveiling the Potential of Digital Twins in Logistics and Supply Chain Management: Services, Capabilities, and Research Opportunities». Digital Engineering 3: 100025. doi:10.1016/j.dte.2024.100025.
15. PlantText. 2025. «PlantText UML Editor». <https://www.planttext.com/> (7 январь 2025 г.).
16. PlantUML. 2025. «Инструмент с открытым исходным кодом, использующий простые текстовые описания для рисования UML-диаграмм.» <https://plantuml.com/ru/> (7 январь 2025 г.).
17. Szymańska. 2017. «Logistics 4.0 - a new paradigm or set of known solutions?» doi:10.21008/J.2083-4950.2017.7.4.2.
18. Winkelhaus, Sven, и Eric H. Grosse. 2019. «Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system». International Journal of Production Research 58(1): 18–43. doi:10.1080/00207543.2019.1612964.
19. Yandex. 2025. «YandexGPT 4». <https://ya.ru/ai/gpt-4> (7 январь 2025 г.).
20. Yonghua Zhou, Yuliu Chen, и Huapu Lu. 2004. «UML-based systems integration modeling technique for the design and development of intelligent transportation management system». В 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583), The Hague, Netherlands: IEEE, 6061–66. doi:10.1109/ICSMC.2004.1401349.
21. Zhiyong, Zhang, Liu Jie, и Zhang Xinhui. 2013. «UML Modeling for Dynamic Logistics System Based on DEVS». TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering 11(4). doi:10.11591/telkomnika.v11i4.2397.

References in Cyrillics

1. Abd Alhadi, X. 2023. «Modelirovanie informacionnoj sistemy transportnoj logistiki / H. Abd Alhadi, Yu. V. Minin // Informacionnye processy, sistemy i tekhnologii. – 2023. – Т. 4, № 1(25). – S. 22-28. – DOI 10.52529/27821617_2023_4_1_22. – EDN OBSVLL.»
2. Galiaskarov E.G. 2024. Analiz i proektirovanie sistem s ispol'zovaniem UML : uchebnoe posobie dlya vuzov / E. G. Galiaskarov, A. S. Vorob'ev.— Moskva: Izdatel'stvo Yurajt, 2024.— 125s.
3. Ivashchenko, N. Yu. 2006. «Primenenie unificirovannogo yazyka modelirovaniya dlya proektirovaniya logisticheskikh sistem passazhirskogo transporta / N. Yu. Ivashchenko, V. N. Tregubov, E. V. Feklin // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2006. – Т. 4, № 2(17). – S. 107-112. – EDN ZVKHYH.»
4. SberBank. 2025. «GigaChat — russkoyazychnaya nejroset' ot Sbera». giga.chat. <https://giga.chat/> (7 yanvar' 2025 g.).
5. Tregubov, V. 2024. «Perspektivnye napravleniya issledovaniy ispol'zovaniya generativnogo iskusstvennogo intellekta v marketinge / V. N. Tregubov // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12, № 5. – S. 23-32. – EDN RNREUK.»

Ключевые слова

Логистика 4.0, генеративный искусственный интеллект, ГИИ, UML, цифровой двойник

Трегубов В.Н., д.э.н.,

профессор кафедры производственного менеджмента, ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Российская Федерация, e-mail: tregubovvn@outlook.com

SPIN-код: 5528-8060 ORCID: 0000-0002-7793-3605

Матушкин М.А., д.э.н.,

профессор кафедры производственного менеджмента, ФГБОУ ВО Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Российская Федерация, e-mail: matushkinma@mail.ru

SPIN-код: 5056-6300 ORCID: 0000-0001-6803-1178

Tregubov V.N., Matushkin M.A., The use of generative artificial intelligence technology for the design of digital twins in logistics

Keywords

Logistics 4.0, generative artificial intelligence, AI, UML, digital twins.

DOI: 10.34706/DE-2025-01-01

JEL classification C8 Методология сбора и оценки данных; компьютерные программы; O33 – Научно-технический прогресс: этапы и последствия; процесс распространения

Abstract

The authors explore the concept of "Logistics 4.0", which is formed on the principles of "Industry 4.0" and aims at digital transformation of logistics processes using artificial intelligence and digital technologies. The use of Internet of Things (IoT), cyber-physical systems, big data and cloud computing in logistics makes it possible to create digital twins of logistics systems. This contributes to economic, social and environmental sustainability by providing transparency, security and agility in supply chain management. An effective modelling tool for creating digital twins is the Unified Modelling Language (UML). Russian and foreign studies demonstrate its good applicability for describing the architecture, functionality and behaviour of logistics systems. Integration of UML with other methods, such as the Discrete Event Specification (DEVS) model, expands its capabilities as a conceptual modelling tool. This article discusses the application of generative artificial intelligence (AI) to create precedence diagrams for the development of a digital twin of a logistics system. Although the proposed GIA solution is not perfect, it demonstrates the potential of GIA in solving such problems, and the created model can serve as a starting point for further information system development. In the future, the integration of GII into software tools for creating information systems will open up new possibilities for shaping logistics processes.