

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА И ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

Шестаков Б.А., Андриевская Н.К.

Донецкий национальный технический университет
кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: bogdan20shes19@gmail.com

Аннотация:

Шестаков Б.А., Андриевская Н.К. Информационная система для пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов. В статье рассматривается создание информационной системы для пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов выдачи. Описаны основные функции системы, укрупненный алгоритм определения оптимальных местоположений логистических пунктов, разработана укрупненная структура разрабатываемой ИС и приведено описание основных модулей. Внедрение ИС для пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов позволит компании повысить операционную эффективность, улучшить обслуживание клиентов, снизить затраты и увеличить конкурентоспособность.

Annotation:

Shestakov B.A., Andrievskaya N.K. Information system for spatial analysis and optimal placement of logistics points. The article discusses the creation of an information system for spatial analysis and optimal placement of logistics delivery points. The main functions of the system, an enlarged algorithm for determining the optimal locations of logistics points are described, an enlarged structure of the developed IS is developed, and a description of the main modules is given. Implementing IS for spatial analysis and optimal location of logistics points will allow a company to increase operational efficiency, improve customer service, reduce costs and increase competitiveness.

Ключевые слова: логистика, пространственный анализ, оптимизация, геоинформационные системы, пункты выдачи, математическое моделирование, большие данные.

Keywords: logistics, spatial analysis, optimization, geographic information systems, delivery points, mathematical modeling, big data.

Постановка проблемы

Развитие электронной коммерции и увеличение объёмов грузоперевозок ставят новые задачи перед логистическими компаниями. С каждым годом растёт количество заказов, что требует более эффективной организации логистических процессов и оптимизации распределительной сети. Одной из ключевых задач является оптимизация размещения логистических пунктов выдачи, что позволяет минимизировать затраты на транспортировку, улучшить доступность услуг для клиентов и повысить общую эффективность логистической сети.

Традиционные методы планирования логистической инфраструктуры зачастую не учитывают всю сложность и динамику современных городов и регионов. Необходимо принимать во внимание разнообразные факторы: демографическую структуру, плотность населения, транспортную инфраструктуру, конкуренцию, потребительские предпочтения и

сезонные колебания спроса. В условиях столь высокой сложности принятия решений информационные системы становятся незаменимыми инструментами, а задача разработки современной интеллектуальной и высокотехнологичной ИС остается востребованной и чрезвычайно актуальной.

Целью данной работы является разработка структуры информационной системы, которая позволит эффективно планировать и оптимизировать размещение логистических пунктов выдачи. Система должна интегрировать данные из различных источников, использовать современные методы пространственного анализа и предоставлять интуитивно понятные инструменты для принятия решений.

Решение поставленной проблемы

Решить задачу размещения логистических пунктов можно, используя средства геоинформационных систем (ГИС). ГИС предоставляют возможности для сбора, хранения, анализа и визуализации пространственных данных. Эти системы позволяют интегрировать разнородные данные, проводить их глубокий анализ и визуализировать результаты, что существенно облегчает процесс принятия решений.

Структуру информационных систем часто представляют в виде UML- диаграмм [5-7]. Базовая структура ГИС включает следующие функции [1].

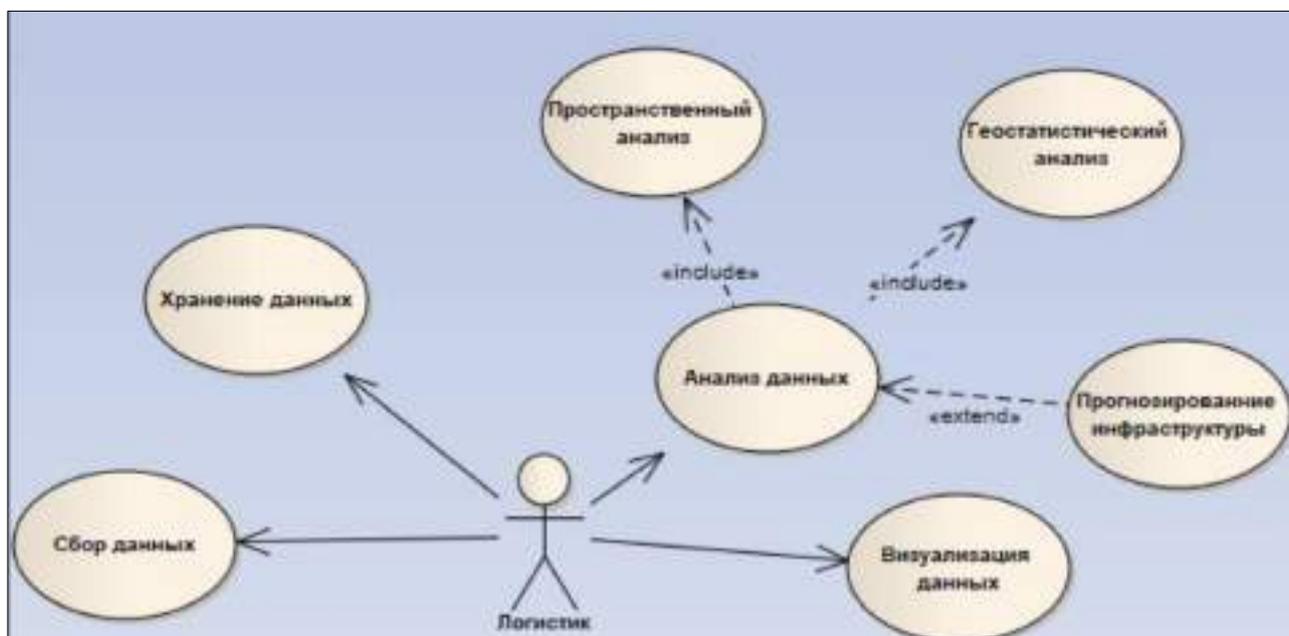


Рис. 1. Функциональная структура типовой ГИС

Среди методов анализа данных можно выделить:

- Пространственный анализ: анализ плотности, буферный анализ, пересечение слоёв, анализ видимости.
- Геостатистический анализ: методы, такие как крейгинг для моделирования пространственных зависимостей.
- Моделирование и симуляция: модели транспортных потоков, прогнозирование инфраструктуры.

Оптимальное размещение логистических пунктов выдачи требует применения стратегий, учитывающих различные факторы, такие как плотность населения, транспортная доступность и конкуренция.

Использование методов анализа плотности населения позволяет определить районы с высокой концентрацией потенциальных клиентов, что помогает выбрать стратегические места для новых пунктов выдачи.

Оптимизация маршрутов доставки и оценка транспортной доступности районов позволяют минимизировать время доставки и улучшить удобство для клиентов.

Анализ конкурентной среды помогает выявить районы с высокой потребностью в дополнительных логистических пунктах, что позволяет стратегически разместить новые пункты для повышения конкурентоспособности.

Эти алгоритмы и методы позволяют эффективно использовать ГИС для анализа пространственных данных и принятия решений о размещении логистических пунктов выдачи. Интеграция таких подходов в разрабатываемую информационную систему значительно улучшает качество логистических операций и повышает их эффективность.

С другой стороны, невозможно представить решение большинства задач современного мира с помощью методов искусственного интеллекта. В частности, анализ больших данных играет ключевую роль в оптимизации размещения логистических пунктов выдачи. Современные методы анализа данных позволяют обрабатывать большие объёмы информации, выявлять скрытые закономерности и тенденции, которые могут существенно влиять на принятие решений. Покажем, как можно применить основные аспекты анализа больших данных и применить их в рамках разработки информационной системы для пространственного анализа и оптимального размещения пунктов выдачи.

Функциональная структура системы, построенной на обработке больших данных приведена на рисунке 2.

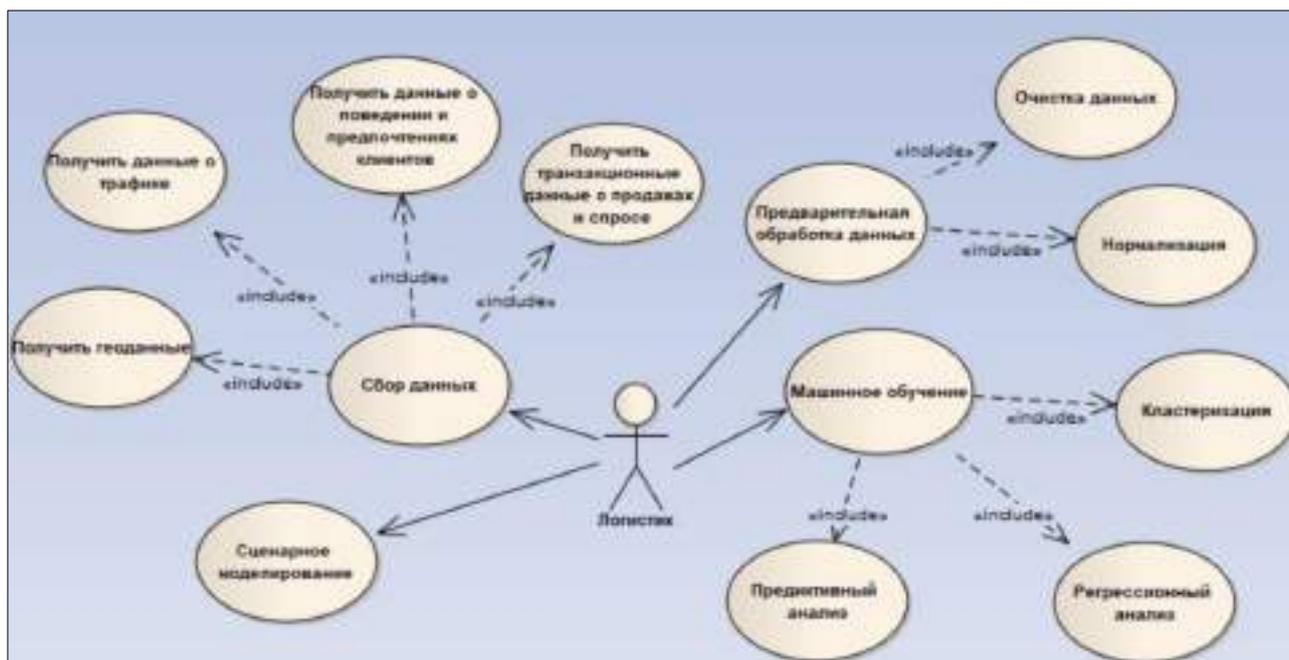


Рис. 2. Функциональная структура системы, построенной на обработке больших данных

Методы машинного обучения используются для анализа и прогнозирования на основе больших данных. Среди методов можно выделить следующие:

- Кластеризация: разделение клиентов на группы по схожести их поведения и предпочтений, что может помочь в определении целевых районов для размещения новых ПВ.
- Регрессионный анализ: прогнозирование числовых показателей, таких как спрос на определенные товары в различных регионах.
- Предиктивная аналитика: использование предиктивных моделей позволяет прогнозировать будущие события и тенденции на основе исторических данных.

- Модели машинного обучения: использование моделей, таких как решающие деревья, случайные леса и нейронные сети, возможно для предсказания спроса и поведения клиентов.
- Сценарное моделирование: создание различных сценариев развития ситуации для оценки их влияния на логистическую сеть.

Так же в мире уже разработан ряд алгоритмов оптимизации, которые помогают находить наиболее эффективные решения для размещения пунктов выдачи, минимизируя затраты и улучшая уровень обслуживания клиентов.

В данном контексте, математические модели представляют собой абстрактные представления реальных процессов, которые могут быть формализованы в виде уравнений, неравенств и ограничений [2-3]:

- Модель максимального покрытия направлена на минимизацию расстояний до клиентов при покрытии определенного количества клиентов. Главная идея состоит в том, чтобы выбрать оптимальное местоположение логистических пунктов выдачи таким образом, чтобы они обслуживали максимальное количество клиентов с минимальными затратами на транспортировку.
- Модель минимальных затрат направлена на минимизацию общих затрат на логистику при учете расстояний и стоимости доставки. Она стремится оптимизировать размещение логистических пунктов выдачи таким образом, чтобы суммарные затраты на доставку были минимальными.
- Генетический алгоритм применяется для оптимизации распределения ресурсов путем имитации естественного отбора и генетической мутации. В контексте оптимизации размещения логистических пунктов выдачи, он может использоваться для определения оптимального распределения ПВ по территории.

Алгоритм решения задачи

Шаг 1: Сбор данных. На первом этапе система собирает и интегрирует данные из различных источников:

Шаг 2: Анализ данных. Проводится пространственный анализ собранных данных: анализ плотности населения для выявления зон с потенциально высоким спросом, анализ транспортной доступности для оптимизации маршрутов доставки, анализ конкуренции для выбора стратегических мест для новых ПВ.

Шаг 3: Моделирование

На основе полученных данных система применяет различные нейросетевые и эволюционные модели оптимизации для определения оптимальных местоположений новых пунктов выдачи: модели покрытия и локации (минимизация расстояний до клиентов, равномерное распределение ПВ) для определения оптимальных зон для новых ПВ, эвристические алгоритмы (генетические алгоритмы, алгоритмы муравьиной колоний) для нахождения близких к оптимальным решений.

Шаг 4: Принятие решений

На основе визуализированных данных руководство компании принимает обоснованные решения о размещении новых пунктов выдачи. Например, если анализ показал, что в южной части города плотность населения высокая, но транспортная доступность затруднена, а конкурентов мало, то на основе этих данных компания может принять решение о размещении нескольких пунктов выдачи в этой зоне, чтобы охватить больше клиентов и улучшить доступность.

Разработка структуры ИС

Проектируемая информационная система должна иметь в своем составе все модули, с помощью которых возможно решение поставленной задачи пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов выдачи товаров [4].

Модульная структура разработанной ИС приведена на рисунке 3.



Рис. 3. Укрупненная структура разрабатываемой ИС

Основные модули ИС пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов выдачи товаров описаны в таблице 1. Эта таблица отображает основные модули информационной системы и их функции, что помогает в понимании структуры и возможностей системы для пространственного анализа, и оптимального размещения логистических пунктов выдачи.

Таблица 1 – Основные модули ИС

Модель	Описание
Модуль сбора данных	Обеспечивает сбор данных из различных источников, включая транзакционные данные, данные о потребительских предпочтениях, данные о трафике и социальные медиа.
Модуль очистки данных	Включает функции очистки, нормализации и интеграции данных.
Модуль ИИ	Включает алгоритмы искусственного интеллекта для автоматизации анализа и оптимизации размещения логистических пунктов. Использует технологии машинного обучения и предиктивной аналитики для прогнозирования спроса, сегментации клиентов и улучшения точности моделей. Включает алгоритмы классификации, кластеризации и регрессионного анализа.
Модуль анализа данных	Проводится пространственный анализ собранных данных: анализ плотности населения для выявления зон с потенциально высоким спросом, анализ транспортной доступности
Моделирование	Включает математическое моделирование для оптимизации размещения логистических пунктов. Использует модели покрытия и локации, эвристические алгоритмы и линейное программирование.
Визуализация	Обеспечивает визуализацию данных и результатов анализа. Помогает в интерпретации данных и принятии решений.
Модуль принятия решений	Поддерживает процесс принятия решений, предоставляя руководству компании рекомендации и оптимальные решения на основе анализа данных и моделей.

Таким образом, разработка современной интеллектуальной системы для пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов выдачи позволит компании:

- Повысить операционную эффективность. Оптимальное расположение ПВ сокращает время доставки и снижает транспортные расходы.

- Улучшить обслуживание клиентов. Быстрая и надежная доставка увеличивает удовлетворенность клиентов.
- Снизить затраты: Оптимизация маршрутов и распределение ресурсов минимизируют операционные расходы.
- Увеличить конкурентоспособность. Правильное расположение ПВ помогает компании выделяться на фоне конкурентов и привлекать больше клиентов.

Выводы

В заключение можно сказать, что разработка информационной системы для пространственного анализа и оптимального размещения логистических пунктов выдачи является важным шагом для повышения эффективности логистических операций. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют визуализировать и анализировать пространственные данные, такие как плотность населения и транспортная доступность, что помогает принимать обоснованные решения о размещении новых пунктов выдачи. Математическое моделирование и анализ больших данных обрабатывают и анализируют большие объемы информации, выявляя скрытые закономерности и тенденции, что помогает предсказывать будущие события и адаптировать логистическую стратегию. Интеграция этих компонентов позволяет компании повысить операционную эффективность, улучшить обслуживание клиентов, снизить затраты и увеличить конкурентоспособность.

Литература

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕНИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geoinformatsionnyh-sistem-pri-reshenii-logisticheskikh-zadach/viewer> - Загл. с экрана.

2. Исследование алгоритмов оптимизации конфигурирования и распределения заказов при решении задач ТПП в среде виртуального предприятия [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-algoritmov-optimizatsii-konfigurirovaniya-i-raspredeleniya-zakazov-pri-reshenii-zadach-tpp-v-srede-virtualnogo/viewer> - Загл. с экрана.

3. Big Data: проблемы, методы анализа, алгоритмы [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/big-data-problemy-metody-analiza-algoritmy> - Загл. с экрана.

4. Проектирование информационных систем (на примере методов структурного системного анализа) [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28812/1/978-5-91128-072-7_2014.pdf - Загл. с экрана.

5. Андриевская, Н. К. Разработка архитектурной модели системы управления информационными ресурсами организаций / Н. К. Андриевская, А. И. Секирин, О. В. Ченгарь // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2020) : сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, Донецк, 25–26 ноября 2020 года. Том 1. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2020. – С. 46-54.

6. Светличная В.А. Разработка функциональной структуры логистической системы формирования заказов для интернета-магазина / В.А. Светличная, Н.К. Андриевская, К.Ю. Чаленко // Информатика и кибернетика. - Д.: ДонНТУ, 2017. - № 3(9). - С. 111-118.

7. Андриевская, А.В. Интеллектуальная система управления закупками лекарственных средств для аптечной сети / А. В. Андриевская, Н. К. Андриевская // Бизнес-инжиниринг сложных систем: модели, технологии, инновации : Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Донецк, 11–12 ноября 2022 года. – Донецк - Екатеринбург: Донецкий национальный технический университет, 2022. – С. 10-16.