

УДК 004:681.5

doi:10.18720/SPBPU/2/id23-92

Максимов Михаил Сергеевич,
аспирант

АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАЩЕНИЯ С ТВЁРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, mishkainjemwork@gmail.com

Аннотация. «Умный город» — это одна из современных концепций развития и управления городской инфраструктурой и экономикой территории. Актуальность темы заключается в том, что благодаря своей идее внедрять лучшие технологии эта концепция способствует не только развитию потребительских инноваций, но и оптимизации городских процессов управления, в том числе процесса управления отходами. Применение цифровых и информационных технологий в этой области может привести к экономическим и экологическим преимуществам.

Ключевые слова: умный город, информационные технологии, Интернет вещей, управление территорией, управление отходами.

Mikhail S. Maksimov,
PhD Student

ANALYSIS OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZING THE PROCESS OF SOLID WASTE MANAGEMENT

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
mishkainjemwork@gmail.com

Abstract. Smart City is one of the modern concepts for the development and management of urban infrastructure and the economy of the territory. The motivation of the paper lies in the fact that thanks to its idea of introducing the best technologies, this concept contributes not only to the development of consumer innovations, but also to the optimization of urban management processes, including the waste management process. The application of digital and information technologies in this area can result in economic and environmental benefits.

Keywords: Smart City, information technology, Internet of Things, territory management, waste management.

Введение

В настоящее время развитые страны во всём мире планируют построить «умные города» или пытаются превратить уже существующие города в «умные» за счёт внедрения технологии Интернета вещей, способной эффективно решать разные задачи, в том числе проблему обращения с отходами.

Увеличение количества твёрдых отходов за последние несколько лет стало серьёзной проблемой на всей планете из-за значительного роста населения и урбанизации, использования неэффективного механизма сбора и утилизации отходов.

В статье обосновывается полезность разработки интерактивной аналитической системы, которая упрощает процесс сбора и оптимизирует транспортировку твёрдых бытовых отходов.

1. Управление отходами в «умном городе»

Мир становится высоко урбанизированным, вследствие чего проблема создания комфортных условий проживания в мегаполисах является одной из самых актуальных. Города становятся всё более плотно заселёнными. По данным отдела народонаселения ООН, меньше чем за 50 лет плотность населения в мире удвоилась. При столь высоких темпах урбанизации нагрузка, создаваемая на городские службы, зачастую оказывается непосильной. Для решения этой проблемы была изобретена концепция «умного города».

«Умный город» (Smart City) — это город, который стремится обеспечить устойчивое развитие во всех планах (экономическом, социальном, политическом), а также высокое качество и уровень жизни с разумным управлением природными ресурсами и экологией, используя при этом цифровые и информационные технологии, технологии сбора, обработки и анализа данных, а также технические решения и соответствующую инфраструктуру [1].

Сегодня разрабатываются десятки приложений, помогающие городской власти напрямую взаимодействовать с обществом и инфраструктурой своего города, следить за тем, что происходит в городе и как развивается. В режиме реального времени накопленные за счёт использования датчиков данные от городских жителей и специальных устройств обрабатываются и анализируются. При таком подходе сразу становится понятно, где и как именно можно увеличить эффективность городских служб, управление городской транспортной сетью, рационально использовать энергоресурсы, экономно утилизировать отходы и даже разрабатывать инновационное сельское хозяйство в городе [2].

Существует единое мнение в отношении того, что информационно-коммуникационные технологии, применяемые в «умных городах», должны постепенно привести к более эффективному использованию физической инфраструктуры, такой как дороги, застроенные районы и другие физические активы. Для этого необходимо не только анализировать собранные данные, но также реагировать на них в режиме реального времени соответствующим образом, в дальнейшем также с применением элементов искусственного интеллекта.

В России интерес к тематике «умного города» растёт с каждым годом, в том числе потому, что многие города подходят к пределам надёжности и функциональности существующей инфраструктуры. Важно избавить мегаполисы от пробок, внедрять энергосберегающие технологии, обеспечивать стабильную работу канализационных систем и правильную утилизацию отходов. Основная цель — обеспечить людям «умного города» достойные условия для жизни.

Одной из наиболее значимых задач для достижения этой цели является управление сбором и утилизацией твёрдых отходов.

Причины возникновения экологических проблем в большей степени связаны с техногенным влиянием человека на окружающую природную среду. Это негативное влияние приобретает всё более опасный и агрессивный характер. Поэтому на первый план в области экологической безопасности жизнедеятельности, нормального развития и функционирования жилищно-коммунального комплекса города выходит выработка и реализация правильной стратегии утилизации бытовых отходов. Привлекательны идеи «умного управления», внедрения в городские процессы интеллектуальной системы управления отходами [3]. Для реализации службы управления отходами на базе IoT технологии потребуется подключение «умных мусорных контейнеров» к центру управления коллекторно-грузового автопарка.

Технология интернет вещей (Internet of Things, IoT) основана на взаимосвязанности физических устройств, таких как внешние датчики, данные которых можно получать и передавать, в то время как некоторые из этих устройств могут управляться дистанционно. Система Интернета вещей основана на сборе и обработке информации [4].

Одна из частей концепции «умного города» — это система управления сбором мусора, которая состоит из программного обеспечения и удалённых датчиков, предварительно установленных в мусорных баках. Датчики используются для контроля уровня наполненности контейнеров и в режиме реального времени передают информацию на центральный

сервер. После данные обрабатываются на сервере, и на выходе получается точная информация об уровне заполнения каждого бака в городе. С помощью этой информации составляются маршруты по сбору бытовых отходов, что позволяет оптимизировать рабочее время сотрудников, уменьшить количество расходных материалов на сбор, начиная с бензина, заканчивая самими мусоровозами, а также уменьшить износ оборудования. Более того, если углубиться в тему и рассмотреть другие факторы, можно предположить, что загруженность дорог снизится, исходя из того, что мусоровозы будут реже ездить. Вместе с тем со временем накопится определённый набор данных, исходя из которых можно, к примеру, при помощи искусственного интеллекта осуществлять прогнозирование, то есть предугадывать момент, когда и какой контейнер будет заполнен, строить графики и составлять маршруты сбора мусора заранее. Не только экономический аспект оправдывает необходимость системы, но и возможность улучшения экологии. Быстрое и точное избавление от переполненных баков позволит не нарушать санитарные нормы, что отрицательно влияет не только на экологию, но и на людей.

Подобные системы не являются уже новинкой в некоторых странах. Например, в США использование подобных полезных решений Интернета вещей является частью национальной программы, в которой городское правительство планирует сбалансировать расходы за счёт увеличения эффективности сбора мусора. Системы «умного сбора мусора» используются и в Барселоне, и в Финляндии, и во многих городах Великобритании.

Процесс сбора уличного мусора в России пока ещё не автоматизирован. Однако сбор традиционным методом, когда мусоровозы объезжают подконтрольные территории по графику, в наших городах становится малоэффективным: в некоторых местах мусорные баки долгое время остаются пустыми или малозаполненными, тогда как в других районах они заполняются за считанные часы. Поэтому возможно, что в ближайшее время отечественные коммунальные службы всерьёз задумаются о внедрении интеллектуальных систем [5].

2. Выбор инновационных технологий для интерактивной аналитической системы

Предлагается создать интерактивную аналитическую систему, которая упрощает процесс сбора и оптимизирует транспортировку твёрдых бытовых отходов.

Для разработки интерактивной аналитической системы необходимо рассмотреть и решить следующие задачи:

- обработка и визуализация показателей мониторинга уровня наполнения мусорных контейнеров;
- прогнозирование будущих значений заполняемости контейнеров на основе ранее наблюдаемых;
- формирование маршрута сбора отходов на основе данных о наполненности мусорных контейнеров и его дальнейшая оптимизация по наикратчайшему пути.

Для выполнения этих работ экспериментально использовалась система Microsoft Power BI Desktop — мощная платформа для бизнес-аналитики и подготовки интерактивных отчётов. В ней можно анализировать и визуально демонстрировать большие объёмы информации, подключать разные источники данных (в том числе собственные приложения), преобразовывать цифры в понятные для руководства отчёты, в режиме онлайн отслеживать изменения показателей на динамических дашбордах.

Business Intelligence, или BI-системы — это набор инструментов и технологий для сбора, анализа и обработки данных. Необработанную информацию из разных источников посредством BI преобразуют в удобную и понятную аналитику.

За простым использованием системы скрываются сложные процессы обработки данных и формирования расширенной аналитики. В состав BI-решения входят [6]:

- Инструменты для интеграции и очистки данных (ETL). ETL извлекают информацию из внешних систем-источников, трансформируют её, очищают и загружают в единое хранилище.
- Аналитическое хранилище данных. Это информационная база, которая умеет структурировать и анализировать данные.
- Средства Data Mining. Эти инструменты обрабатывают данные и анализируются по различным срезам. Система выявляет зависимости и тренды. При этом могут использоваться самые разные методы обработки информации — от статистики и прогнозирования до семантического анализа.
- Инструменты визуализации данных. Это отчёты, с которыми работают пользователи. В зависимости от задач отчёты могут строиться по утверждённому формату или быть аналитическими. При построении аналитических отчётов пользователи самостоятельно устанавливают перечень отображаемых показателей, сортируют данные и выстраивают фильтры.

ВІ-системы поддерживают множество бизнес-решений — от операционных до стратегических. С помощью технологий анализируют огромные объёмы информации. Но внимание пользователя акцентируется только на ключевых факторах аналитики, которые позволяют смоделировать варианты последующих действий и бизнес-решений.

Основные задачи, решаемые посредством систем ВІ:

- сбор данных из разных источников, их структурирование и хранение в единой системе;
- анализ больших объёмов данных для формирования и подтверждения гипотез или для разработки бизнес-решений с учётом аналитики;
- моделирование возможных решений для оценки их влияния на итоговые показатели деятельности и прогнозирование последующего развития на основе имеющихся данных;
- формирование оперативной и стратегической отчётности, в том числе оповещение об отклонении показателей от допустимых норм.

Для прогнозирования уровня наполненности контейнера была использована однослойная нейронная сеть прямого распространения, разработанная американской компанией MAQ Software [7]. С её помощью на основе исторических данных можно спрогнозировать день, когда мусорный контейнер вновь будет заполнен.

Для прогнозирования уровня заряда батареи датчика наполнения контейнера была применена модель экспоненциального сглаживания [8]. С помощью данного метода на основе ранее наблюдаемых значений можно предсказать день, когда аккумулятор устройства будет полностью разряжен.

В разрабатываемой системе все контейнеры распределены на три обслуживающие компании, осуществляющие сбор мусора. При этом, все контейнеры также делятся на четыре типа отходов: мусор любого типа, стекло, пластик и бумага. Таким образом, для каждой из трёх обслуживающих компаний и для каждого из четырёх типов отходов необходимо составить оптимальный маршрут сбора отходов.

В ходе выполнения данной работы использовался сервис Microsoft Azure Maps — коллекция служб обработки и пакетов средств разработки для геопространственных данных, включающая службы карт, поиска, построения маршрутов, отслеживания дорожного движения, мобильности, погоды, часовых поясов, геолокации, геозон и др.

Microsoft Azure Maps предоставляет разработчикам из всех отраслей мощные геопространственные функции, дополненные актуальными картографическими данными [9]:

- REST API для отрисовки векторных и растровых карт в нескольких стилях, а также спутниковых изображений.
- Разнообразные типы построения маршрутов: от точки к точке, многоточечная маршрутизация, многоточечная оптимизация, маршрутизация для электромобилей, маршрутизация для коммерческих транспортных средств, маршрутизация с учётом трафика, а также матричная маршрутизация.
- Предоставление потока трафика и инцидентов для приложений, которым требуются сведения о трафике в реальном времени.

Определение местоположения с помощью геопространственной аналитики и др.

В настоящее время Azure Maps предоставляет две формы оптимизации маршрутов [10]:

- оптимизация на основе запрошенного типа маршрута без изменения порядка точек посещения;
- оптимизация алгоритмом решения задачи коммивояжёра (Traveling salesman problem, TSP), которая меняет порядок точек посещения, чтобы получить наилучший.

На рисунке 1 представлен пример решения задачи коммивояжёра при помощи алгоритма ближайшего соседа, вследствие чего исходный маршрут был оптимизирован по кратчайшему пути.

Проведены также исследования возможностей применения рассмотренных инновационных технологий для задач, поставленных при разработке разрабатываемой аналитической системы.

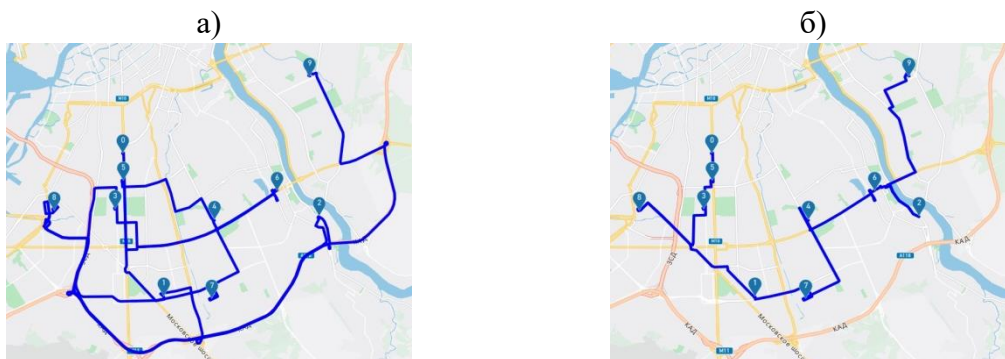


Рис. 1. Маршрут сбора контейнеров до (а) и после (б) оптимизации

Заключение

В статье предложен вариант аналитической системы управления процессом сбора, транспортировки и переработки твёрдых бытовых отходов. Применение анализируемых инновационных технологий в этой области может привести как к экономическим, так и к экологическим преимуществам.

Список литературы

1. Владимиров, Д.Г. Управление отходами «умного города» с помощью технологических интеллектуальных систем / Д.Г. Владимиров, А.М. Воротников, Н.С. Ипатова, Б.А. Тарасов // Журнал исследований по управлению. – 2018. – Т. IV. – № 9. – С. 86–91.
2. Планете нужны «умные города» // Регионы России: сайт. – Москва. – URL: <https://www.gosrf.ru/news/38246/> (дата обращения: 18.11.2022).
3. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 5.
4. На основе технологий Интернета вещей будут построены «умные» города // Интернет вещей в умном городе: сайт. – Москва. – URL: <https://www.intelvision.ru/blog/iot-smart-city> (дата обращения: 18.11.2022).
5. Уборка мусора по-умному // iot.ru Новости Интернета вещей: сайт. – Санкт-Петербург. – URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/uborka-musora-po-umnoму> (дата обращения: 18.11.2022).
6. Что такое BI-система, для чего в бизнесе применяют Business Intelligence: сайт. – Москва. – URL: <https://www.unisender.com/ru/support/about/glossary/business-intelligence/> (дата обращения: 18.11.2022).
7. Forecast using Neural Network by MAQ Software: сайт. – Redmond. – URL: <https://appsource.microsoft.com/en-us/product/power-bi-visuals/WA104381428> (дата обращения: 18.11.2022).
8. Time Series Forecasting Chart: сайт. – Redmond. – URL: <https://appsource.microsoft.com/en-us/product/power-bi-visuals/WA104380816> (дата обращения: 18.11.2022).
9. Общие сведения о Microsoft Azure Maps // Microsoft Docs: сайт. – Washington. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/azure-maps/about-azure-maps> (дата обращения: 18.11.2022).
10. Рекомендации по использованию Служба построения маршрутов Azure Maps в картах Microsoft Azure // Microsoft Docs: сайт. – Washington. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/azure-maps/how-to-use-best-practices-for-routing> (дата обращения: 18.11.2022).