

УДК 656.073.7

## ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ГРУЗОПЕРЕВОЗОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ HTTP-СЕРВИСОВ



**К.Ю. Коноплич**

Магистрант кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР



**И.Н. Тонкович**

Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат химических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Республика Беларусь  
E-mail: kirillkonoplich@gmail.com, intonkovich@gmail.com

### **К.Ю. Коноплич**

Окончил БГУИР (2020 г.), в настоящее время является магистрантом этого университета. Проводит научные исследования по разработке методов и алгоритмов планирования оптимальных транспортных маршрутов моно- и мультимодальных перевозок в ERP-системе Dynamics Ax

### **И.Н. Тонкович**

Окончила Белорусский государственный университет, факультет прикладной математики. Основная область научных интересов связана с применением инновационных подходов в системе высшего образования, разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете

**Аннотация.** ERP-системы – это класс систем для управления производством, трудовыми ресурсами, финансами и активами, ориентированных на оптимизацию ресурсов предприятия. Данные системы широко используются в управлении грузоперевозками. Однако несмотря на комплексную универсальность ERP-системы Microsoft Dynamics Ax 2012 R3 в существующей реализации TMS-модуля не предусмотрена функция формирования оптимальных маршрутов. В работе предложен подход к усовершенствованию TMS-модуля ERP-системы Microsoft Dynamics AX 2012 R3, основанный на интеграции данного модуля с HTTP-сервисами OSRM, Here, MapBox с использованием Web API, что позволит строить оптимальные маршруты грузоперевозок.

**Ключевые слова:** логистические процессы грузоперевозок, оптимальный маршрут, ERP-система Dynamics Ax, TMS-модуль, обработка больших массивов данных, матрица времен и расстояний.

### **Введение.**

С развитием логистических процессов грузоперевозок повышаются требования к системам их обслуживания. Эти системы должны обеспечивать возможность автоматизации и оптимизации операционной деятельности по грузоперевозкам, получения управленческой аналитики или, другими словами, предоставлять универсальное решение для автоматизации транспортной логистики [1]. Оптимальным решением является использование программного решения на базе полнофункциональной ERP-системы Microsoft Dynamics AX 2012 R3.

С выходом системы Microsoft Dynamics 2012 R3 появился модуль TMS (transportation management system). TMS – это абсолютно новая и усовершенствованная функция управления транспортировкой в Microsoft Dynamics, которая предоставляет возможности в решении задач планирования и выполнения перевозок, управления маршрутами, автоматически контролируя отгрузочные документы, а также топливные и таможенные сборы. Особенностью данного модуля является использование инструментов

управления грузоперевозками, которые позволяют рассчитывать стоимость, оценивать показатели транспортировки и вести учет данных. Функциональность планирования позволяет учитывать множество параметров распределения заказов по рейсам: время работы склада, количество доков на складе, сервисное время загрузки транспортного средства, временные окна доставки заказов, вес и габариты заказа [2].

Однако, несмотря на комплексную универсальность ERP-системы Microsoft Dynamics Ax, как показывает опыт практического использования, в существующей реализации TMS-модуля не предусмотрена функция формирования оптимальных маршрутов. Построение маршрутов происходит вручную самим пользователем. Поэтому процесс построения любых маршрутов необходимо автоматизировать.

Задача исследования – определить оптимальный и все близкие к нему маршруты проезда из места отправления до места назначения, которые учитывают реальную обстановку на дорогах: возможные изменения дорог, различные скорости движения транспорта на отдельных участках маршрута, ремонты дорог.

#### **Описание задачи исследования.**

Маршруты делятся на сегменты. Сегменты состоят из логистических узлов, каждый адрес доставки связан с логистическим узлом. Для каждого сегмента в отдельности рассчитывается время и расстояние. Сумма данных показателей образует общее время и расстояние маршрута. Дополнительным расходом времени является время простоя на разгрузке транспортного средства.

Также рейсы могут относиться к широкой сети доставки товаров. Широкая сеть доставки представляется как многоуровневая сеть, на каждом уровне которой используются транспортные средства оптимальной грузоподъемностью. Такая схема позволяет спланировать последовательное перемещение груза на разных уровнях доставки, когда на верхних уровнях груз консолидируется в промежуточные транспортные рейсы с большей грузоподъемностью. Таким образом, на верхних уровнях уменьшается количество рейсов по транспортировке грузов на следующие уровни.

В реальных условиях кратчайший по расстоянию путь не всегда является оптимальным по времени, расходу топлива и т.п. Часто критерий оптимальности пути достаточно трудно формализовать. Более того, любая математическая модель не может учесть многих внешних факторов, влияющих на результат, так как ситуация на дороге может изменяться.

Схема алгоритма составления оптимального маршрута представлена на рисунке 1. Рассмотрим особенности алгоритма.

С помощью обработки больших данных можно решить проблемы с геолокационной аналитикой (гибкий анализ и проверка широкого спектра гипотез по развитию отдельных территорий с точки зрения логистической доступности, охвата транспортной сетью) и оптимизацией цепей поставок (снижение холостого пробега для грузовиков, выявление дополнительных окон в маршрутах для попутной загрузки частично заполненных фур) [3].

Для решения задачи построения оптимального маршрута, а также для расчета матрицы времен и расстояний между точками маршрута предлагаем интегрировать TMS-модуль с HTTP-сервисами OSRM, Here, MapBox с использованием Web API. Каждый сервис может выполнять несколько видов операций. Поэтому их удобно использовать для решения нескольких задач одновременно.

Например, для сервиса OSRM реализованы следующие функции [4]:

- nearest service – привязывает координату к транспортной сети и возвращает ближайшее совпадение;
- route service – находит самый быстрый маршрут между координатами в указанном порядке;
- table service – вычисляет продолжительность самого быстрого маршрута между всеми парами предоставленных координат. Возвращает длительности или расстояния или и то, и другое между парами координат;
- match service – карты соответствия сопоставляют данные GPS точки с дорожной сетью;
- trip service – решает задачу коммивояжера для заданного количества точек, есть опции фиксированных пунктов останова.



Рисунок 1. Схема алгоритма составления оптимального маршрута

Любой из этих сервисов должен быть развернут локально на сервере компании, чтобы избежать ситуации, когда сервисы будут недоступны, например, из-за частого к ним обращения. Входными параметрами являются координаты начальной и конечной точек маршрута, а также промежуточных точек доставки.

Данные сервисы обеспечивают многопоточность запросов при создании маршрутов, что существенно сократит время их построения. Запросы можно повторять подряд при отсутствии отклика от сервиса до того момента, пока сервис не вернет результат (последовательность, в которой необходимо проходить эти точки, а также траекторию маршрута), или закончится заданное количество попыток. При поиске матриц расстояний и времен в сервис необходимо передавать координаты двух точек, между которыми будет рассчитываться расстояние и время.

Как правило, сервисы возвращают строку, состоящую из большого количества координат. Координатами являются широта и долгота каждой точки маршрута. Точками же маршрута являются не только пункты остановки, но и все точки, из которых состоит геометрия маршрута.

Координаты необходимо обработать в правильном виде, пригодном для хранения в базе данных. В TMS-модуле пункт остановки является хабом или узлом. Узел это и есть склад, в котором хранится груз, у которого есть свой адрес. Будем хранить широту и долготу пункта остановки, как два отдельных параметра. Для этого TMS-модуль должен обратиться к сервису для нахождения координат по адресу. Запрос будет выглядеть как строка, состоящая из полного адреса узла. А ответом сервиса будет набор координат.

Координаты же геометрии маршрута предлагается хранить в виде строки, где каждая точка отделяется от другой с помощью определенного символа. Тогда TMS-модуль сможет использовать данную строку, преобразуя ее в контейнер координат. Контейнер состоит из широты и долготы и может включать в себя большое количество таких пар чисел.

При построении маршрута координаты узлов будут отображаться на карте, а координаты геометрии преобразуются в линию, соединяющую все узлы.

Что касается времени и расстояния, то сервис возвращает не только координаты точек и их последовательность, но и расстояние между точками маршрута, время в пути на соответствующем

сегменте. В модуле есть справочники матриц времен и расстояний между точками. Запись матрицы расстояний состоит из двух узлов и расстояния между ними. Аналогично формируется запись матрицы времен, только вместо расстояния записывается время. Таким образом, мы один раз обращаемся к сервису, передав туда все имеющиеся узлы и их координаты, а получаем все возможные комбинации сегментов и расстояние/время между ними.

При построении маршрута сначала строятся сегменты. Сегмент использует данные из матриц, чтобы заполнить значения времени отбытия, времени прибытия и расстояния между точками. Время отбытия для первого сегмента инициализируется временем отгрузки. Время прибытия в конечную точку для второго сегмента инициализируется следующим образом: ко времени отбытия прибавляется время из матрицы времен между двумя точками сегмента, хранящееся в секундах. Для последующих сегментов время отбытия из стартовой точки инициализируется временем прибытия в эту точку из первого предыдущего сегмента, но с учетом времени на отгрузку. Расстояние же берется из матрицы расстояний для точек сегмента.

Иногда возникает необходимость создать собственный маршрут, построенный по заданным точкам, который может быть неоптимальным. То есть, задаются пункты назначения, куда груз необходимо доставить в первую очередь, несмотря на то что оптимальная очередность прохождения пунктов будет нарушена. В этом случае очередность точек маршрута задается не автоматически, а вручную.

При изменении последовательности точек достаточно лишь пересчитать расстояние и время затронутых сегментов, а не всего маршрута в целом. После того как будет сформирована новая последовательность точек маршрута, происходит перестроение маршрута. Эта операция включает в себя изменение геометрии затронутых сегментов маршрута. Но при этом маршрут уже не получится оптимальным, так как последовательность прохождения точек не является оптимальной, а сформирована вручную.

Каждое изменение точек будет переделывать сегменты маршрута, а это значит, что TMS-модуль снова будет обращаться к матрицам времен и расстояний. Так, при изменении конечной точки промежуточного сегмента будут затронуты сразу как минимум два сегмента, что повлечет за собой повторную инициализацию времени и расстояний между сегментами.

После того как редактирование последовательности точек прохождения маршрута будет завершено, модуль снова отправляет запрос на сервер, включающий координаты точек, но уже с пометкой о том, что маршрут не должен быть оптимизирован.

### **Заключение.**

Комбинируя различные типы маршрутов, мы сможем получить полный набор необходимых данных для осуществления грузоперевозок, что позволит избежать простоев или опозданий. Внедрение TMS-модуля с доработанной функцией построения как оптимальных, так и собственных маршрутов позволит транспортным компаниям добиться оптимизации маршрутной сети, а, следовательно, повысить эффективность бизнеса.

### **Список литературы**

- [1] Тонкович, И.Н. Автоматизация управления грузоперевозками предприятия на базе Microsoft Dynamics Ax / И.Н. Тонкович, К.Ю. Коноплич // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: труды XIX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Симферополь-Гурзуф, 15-17 октября 2020 год. – Симферополь: ИП Зуева Т.В., 2020. – С. 60-62.
- [2] Механизмы управления транспортировкой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dynamicsax-2012/appuser-itpro/transportation-management-engines>.
- [3] Анатомия больших данных в транспорте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iot.ru/monitoring/anatomiya-bolshikh-dannykh-v-transporte>.
- [4] OSRM API Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://project-osrm.org/docs/v5.23.0/api/#>.

## **CONSTRUCTION OF AN OPTIMAL TRANSPORTATION ROUTE USING HTTP-SERVICES**

**K.Y. KANOPLICH**

*Master student of the Department of Information and  
Computer Systems Design BSUIR*

**I.N. TONKAVICH, PhD**

*Associate Professor, Department of  
Information and Computer Systems  
Design BSUIR*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,  
Republic of Belarus*

*E-mail: kirillkonoplich@gmail.com, intonkovich@gmail.com*

**Abstract.** ERP systems are a class of systems for managing production, human resources, finances and assets, focused on optimizing enterprise resources. These systems are widely used in the management of cargo transportation. However, despite the complex versatility of ERP system Microsoft Dynamics Ax 2012 R3, the existing implementation of TMS module does not provide the function of generating optimal routes. This article proposes an approach to improving the TMS-module of the ERP-system Microsoft Dynamics AX 2012 R3, based on the integration of this module with the HTTP services OSRM, Here, MapBox using Web API, which will allow to build optimal routes for cargo transportation.

**Key words:** logistics processes of cargo transportation, optimal route, ERP-system Dynamics Ax, TMS-module, processing of large data arrays, matrix of time and distance.