**Агрегация и анализ сведений логистических компаний для построения сложного маршрута перевозки груза**

**Сабреков Артём Азатович1, Есин Максим Сергеевич2**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

**1** Россия, Санкт-Петербург, 14 линия, д. 39

Санкт-Петербургский государственный университет

Университетская наб., д. 7–9, Санкт-Петербург, 199034, Россия

e-mail: aas@dscs.pro

**2** Санкт-Петербургский государственный университет

Университетская наб., д. 7–9, Санкт-Петербург, 199034, Россия

e-mail: mse@dscs.pro

**Аннотация.** В статье рассматривается концепция калькуляторов по расчету стоимости доставки грузов и их применение в агрегаторах предложений логистических компаний. Исследуются возможности по улучшению итоговой стоимости полученных предложений и увеличению покрытия обслуживаемых городов путем построения мультимодальных маршрутов. Проводится обзор динамических и графовых алгоритмов по построению оптимальных многозвенных путей, а также существенные препятствия к их применению. Описываются эвристические алгоритмы построения сложного маршрута, основанные на анализе логистических сетей России. Также аргументируется избыточность и невыгодность маршрутов с четырьмя и более звеньями.

**Введение.** Логистика не только играет большую роль в развитии экономики, но и прочно входит в повседневную жизнь: грузоперевозками пользуются не только крупные промышленные компании, маркетплейсы и интернет-магазины, но и обычные люди, например при переезде или доставке важных бумаг.

Для повышения лояльности клиентов логистические компании создают специальные калькуляторы по расчету стоимости доставки груза: с их помощью клиент может самостоятельно рассчитать примерную стоимость перевозки своего груза, не разбираясь в сложных тарифах.

Данные калькуляторы по параметрам груза, начальному и конечному пункту вычисляют примерную стоимость и время доставки, за которые компания готова перевезти груз. Подробная концепция калькуляторов была описана в [ссылка на статью ИБРР].

Агрегатор калькуляторов на сайте Cargotime.ru, консолидирующий данные от разных компаний, способен выбрать самое выгодное с точки зрения стоимости предложение. Однако, прямой маршрут не всегда самый выгодны, поэтому возникает задача построения мультимодального маршрута, исполняемого несколькими перевозчиками, и проходящего через промежуточные пункты, в которых осуществляется перевалка (передача груза).

Задача построения сложных маршрутов уже решалась в рамках улучшения механизма принятия логистических решений для крупной китайской транспортной 4PL-компании. В статье [Fourth-party logistics optimization decision-making Based on graph model with multi-dimensions] для построения оптимальных маршрутов используется алгоритм Дейкстры, а также применяются нечеткие комплексные оценки стоимости и сроков доставки. Помимо графового подхода к построению сложного маршрута, существует ничем не уступающий ему в оптимальности результата динамический подход, как, например, в статье [].

В решениях выше для построения используется готовый набор данных о предложениях перевозчиков, образующий насыщенный взвешенный граф. В контексте работы с калькуляторами главным препятствием к применению графовых и динамических алгоритмов является невозможность оперативного получения подобного графа из-за низкой пропускной способности сайтов компаний.

В масштабах статьи планируется рассмотреть подходы к решению задачи построения сложного маршрута, тем самым расширив возможности агрегатора по расчету стоимости доставки.

**Построение сложных маршрутов**

**Анализ логистических сетей**

Ввиду затрудненности использования стандартных графовых и динамических оптимизаций, возникает необходимость создать некоторый эвристический алгоритм, который опирается в основном на логические предположения об оптимальности, нежели на полный набор данных.

Чтобы принять во внимание слабые стороны существующей транспортной системы, для начала стоит понять, какие города чаще всего входят в транспортные сети перевозчиков, чтобы эмулировать их механизмы принятия логистических решений.

Степень вовлеченности города в цепи поставок непрерывно связана с количеством грузовых терминалов логистических компаний. В предположении, что объем складских помещений в городе коррелирует с количеством грузовых терминалов, можно выделить порядка 18 городов России, объем складских помещений которых больше 150 тыс. кубометров [ссылка на исследование Knight Frank Research 2021].

Стоит принять во внимание главные транзитные железнодорожные линии России: преимущество городов, лежащих вдоль этих путей, в том, что перевозка грузов по железным дорогам – самый дешевый из способов транспортировки грузов.

Также стоит отобрать крупные города Сибири и Дальнего Востока, не подходящие ни под один из критериев выше, потому что в локальных областях они являются единственными крупными как по населению и площади, так и по количеству терминалов компаний.

Построение сложного маршрута через крупные города, определенные выше, аргументировано тем, что перевозка между двумя крупными городами обычно дешевле, чем перевозка между двумя маленькими городами на эквивалентном расстоянии. Это предположение опирается на два наблюдения:

* Крупные города обслуживаются бо́льшим количеством компаний, соответственно, направления между ними лучше изучены и более приспособлены к перевозкам
* Многие крупные города лежат вдоль железнодорожных путей, поэтому транспортировка по железным дорогам между ними дешевле автомобильных и авиаперевозок между маленькими.

**Стратегии построения сложных маршрутов**

Назовем улучшением маршрута замену одного из звеньев в маршруте на пару смежных звеньев, которые соединяют начало и конец исходного звена, причем их суммарная стоимость меньше стоимости исходного звена. Тогда сложный маршрут с любым количеством звеньев можно получить композицией улучшений.

При каждом улучшении количество звеньев в маршруте будет только расти, что может сказаться на практической пользе таких маршрутов: увеличиваются расходы на транспортировку между компаниями, при этом повышается риск потери или порчи груза при передаче. Поэтому в реальных условиях выгодными нужно считать только двух- и трехзвенные маршруты.

Первое рассматриваемое улучшение заменяет звено на пару звеньев, которые соединяются в крупном городе, ближайшем к пункту отправки или доставки. Данное улучшение опирается на предположение о том, что компании, специализирующиеся на перевозках в пределах пары федеральных округов, должны:

* доставлять грузы до локальных населенных пунктов, которые вообще не обслуживаются остальными компаниями
* предлагать более низкие цены по сравнению с остальными компаниями

В таком случае, часть маршрута будет пройдена по тарифам местных компаний, что, возможно, будет дешевле.

Помимо ближайших крупных городов стоит улучшать маршруты через крупный город с минимальным суммарным расстоянием до концов исходного ребра. Такая стратегия ориентирована на минимизацию суммарного расстояния: чем меньше километраж – тем дешевле. По такому принципу работают некоторые калькуляторы: фиксированных тарифов у них нет, а предварительная.

Другое улучшение ориентируется на минимизацию пройденного расстояния: чем меньше километраж – тем дешевле. В качестве промежуточного города выбирается крупный город с минимальным суммарным расстоянием до концов исходного звена.

Главным вектором дальнейшего развития проекта является оценка сопутствующих расходов на транспортировку между компаниями и временное хранение, потому что эти расходы являются самым неизученным аспектом сложных маршрутов, так как калькуляторы компаний при расчете никак не учитывают то, что впоследствии будет построен сложный маршрут.

**Заключение**

В статье была описана концепция построения сложных грузовых маршрутов в рамках развития сервиса агрегации данных о стоимости и сроках перевозок и протестирован тестовый механизм. Были обозначены основные векторы развития проекта с целью стать уникальным сервисом на российском рынке логистики.

**Список литературы**