

Лебедева Ольга Анатольевна,  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: kravhome@mail.ru

## МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАРШРУТНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Lebedeva O.A.

## METHODOLOGY FOR RESTORING ROUTE NETWORK USING GEOINFORMATION DATA

**Аннотация.** Системы глобального позиционирования позволяют получить данные для проведения исследований относительно выбора маршрута, однако задачи перекрестной проверки традиционных подсчетов транспортных потоков и движения транспортных средств мало изучены, но являются актуальными в связи с развитием инновационных технологий. Основная цель исследования заключается в разработке и внедрении эффективной методологии восстановления маршрутов транспортных средств на основе сигналов GPS, а также дальнейшем создании программного обеспечения.

**Ключевые слова:** маршрут, оптимизация, геоинформационные данные.

**Abstract.** Global positioning systems provide data for research behavior regarding route selection, but cross-validation of traditional traffic counts and vehicle movements is still poorly understood, but is relevant in connection with the development of innovative technologies. The main goal of the study is to develop and implement an effective methodology for reconstructing vehicle routes based on GPS signals, as well as further software development.

**Keywords:** route, optimization, geoinformation data.

В последнее десятилетие наблюдается рост возможностей получения транспортных данных, генерируемых различными датчиками, такими как системы глобального позиционирования (GPS), сигналы сотовой связи, а также детекторы улично-дорожной сети [1]. Системы глобального позиционирования позволяют получить данные для проведения исследований относительно выбора маршрута, однако задачи перекрестной проверки традиционных подсчетов транспортных потоков и движения транспортных средств мало изучены, но являются актуальными в связи с развитием инновационных технологий. Моделирование грузовых перевозок в условиях отсутствия достаточных данных делает еще более востребованным извлечение возможной информации из наборов данных для грузовых транспортных средств. Это ведет к использованию данных GPS не только для простых измерений времени и скорости в пути, но и для разработки методов извлечения данных о деятельности грузового подвижного состава, показывающих выбор маршрута, цепочку поездок и кластеры. Для такого анализа необходима разработка процедуры восстановления маршрутов транспортных средств на основе данных GPS.

Однако возможности использования геоинформационных данных в моделях планирования апробированы не полностью. Наборы данных в моделях планирования перевозок выступают в качестве источников информации о вре-

мени в пути по сети или для измерения эффективности работы транспортной сети. Сравнительный анализ показал, что количество и качество данных, доступных для разработки модели планирования грузовых перевозок гораздо меньше, чем для разработки модели пассажирских перевозок [2-7].

Частично это связано с конфиденциальностью в большинстве секторов промышленности, что ограничивает тип и уровень детализации предоставляемых данных. Кроме того, в отличие от пассажирских перевозок, перевозки грузов являются результатом сложных глобальных цепочек поставок и экономических условий, которые расширяют объем данных, необходимых для точного моделирования движения грузов. Таким образом, становится все более актуальным извлечение всей возможной информации из наборов данных, которые в настоящее время доступны для грузовых перевозок. Это означает выход за рамки использования расширенных наборов данных для простых измерений времени и скорости в пути, а вместо этого предложена разработка методов извлечения данных о деятельности грузовых транспортных средств, отражающих выбор маршрута, цепочку поездок, остановки и другие характеристики ездки.

Модели транспортного планирования - это аналитические инструменты, используемые для информирования лиц, принимающих решения о последствиях оптимизации транспортной системы [8]. Модель позволяет интерпретировать результаты математической модели в виде интуитивно понятных визуальных изображений базовых наборов данных и вариантов оптимизации. Визуальные инструменты, такие как интерактивные карты, могут использоваться для демонстрации изменения во времени и выборе маршрута, которые происходят в результате моделирования грузовых перевозок.

Одним из наиболее актуальных автоматически генерируемых устройствами GPS наборов данных нового вида являются пространственные координаты с меткой времени («пинги») во время движения транспортного средства, которые при упорядочивании по времени образуют так называемые «следы» GPS. Одна из ключевых проблем, возникающих при использовании «пингов» GPS - разреженность сигналов, затрудняющая корреляцию трассы с определенной последовательностью в нижележащую транспортную сеть.

Одним из подходов является нанесение на карту «следов» GPS в сети, для восстановления маршрута транспортного средства. Процедура «сопоставление карт» в последние годы широко использовалось при планировании и моделировании перевозок.

Основная цель исследования заключается в разработке и внедрении эффективной методологии восстановления маршрутов транспортных средств на основе сигналов GPS, а также дальнейшем создании программного обеспечения.

Оптимизация маршрутов на основе данных глобального позиционирования GPS известна как «сопоставление карт», которое широко применяется для

навигационных устройств и мобильных приложений, но редко используется в транспортном моделировании.

В транспортных исследованиях к обработке данных применимы только те, которые сосредоточены на восстановлении из низких частот сигналов, то есть, когда время между последовательными проверками связи довольно велико. По мере уменьшения скорости - становится все сложнее сопоставить трассы с маршрутами, особенно при наличии плотной сети автомагистралей и развязок.

GPS считается высокочастотным, если он производит запись со скоростью не ниже 1 Гц (1 «пинг» в секунду), а с меньшей частотой, чем этот порог, считаются низкочастотными, и производят более разреженные координаты.

Из-за разреженности данных в транспортных моделях предлагается алгоритм, состоящий из трех основных этапов: определение пути проезда; идентификация остановочных пунктов; оптимизация маршрута с использованием расширенного алгоритма кратчайшего пути [2].

Первые два этапа алгоритма используют GPS сигналы для определения пути, который может быть частью маршрута транспортного средства, и определения небольшого количества остановок (или положений) транспортного средства, которые могут быть известны с более высокой точностью (рисунок 1).

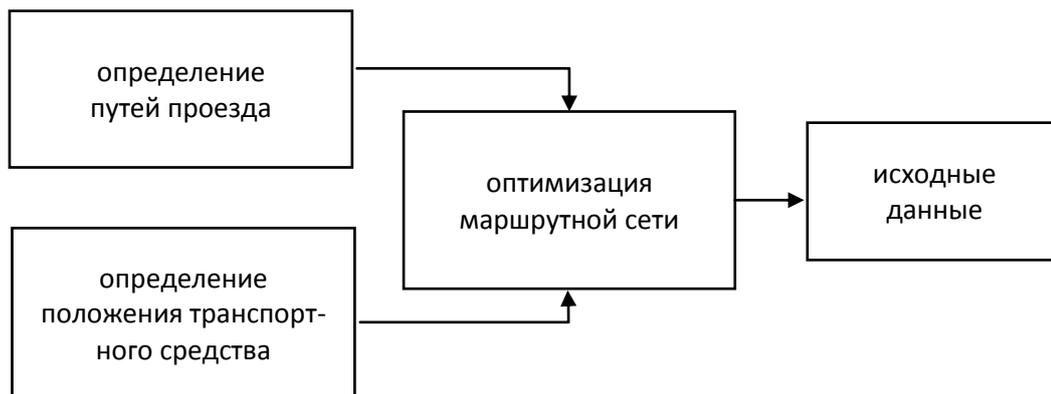


Рисунок 1 – Пошаговый алгоритм моделирования

Часть алгоритма идентификации пути проезда позволяет произвести поиск с использованием наложения запросов GPS на процедуру моделирования. Время проведения процедуры зависит от точности сигналов GPS, плотности транспортной сети и количества запросов, поскольку с увеличением количества географических объектов, которые необходимо сравнивать, трудоемкость решения задачи возрастает.

Предлагаемая процедура допускает гораздо более широкое использование данных GPS для грузовых перевозок, чем практика, которая ограничивается совокупными показателями производительности, такими как время в пути и скорость. Методология позволяет: проводить перекрестную проверку классификационных подсчетов; анализировать выбор маршрута грузового транспорта

с учетом времени суток и загрузки улично-дорожной сети; анализировать пути проезда; визуализировать грузовую транспортную сеть.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Моделирование грузовых перевозок в транспортной сети // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 182-184.

2. Camargo P. V, Hernandez S. V. Vehicle route reconstruction from GPS data: a map-matching algorithm harnessing open source software // 27th ARRB Conference – Linking people, places and opportunities, Melbourne, Victoria, 2016.

3. Антонов Д.В., Лебедева О.А. Спутниковые системы навигации // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2014. № 8. С. 155-160.

4. Лебедева О.А. Основные принципы развития транспортных систем городов / О.А. Лебедева, Д.В. Антонов // Вестник Ангарской государственной технической академии. - Ангарск: Изд-во АГТА, 2014. - С.149-155.

5. Lebedeva O., Kripak M., Gozbenko V. Increasing effectiveness of the transportation network by using the automation of a Voronoi diagram // В сборнике: Transportation Research Procedia 2018. С. 427-433.

6. Полтавская Ю.О. Оптимизация транспортной сети на основе минимума общих затрат на доставку грузов // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. № 13. С. 178-183.

7. Полтавская Ю.О., Крипак М.Н., Гозбенко В.Е. Оценка условий движения транспортных потоков с применением геоинформационных технологий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 1 (49). С. 155-161.

8. Ветрогон А.А., Крипак М.Н. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 3 (59). С. 82-91.