

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ГРАФА В НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ HERE TECHNOLOGIES

Олеся Михайловна Николаева

HERE Technologies, 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Текучева, 139/94, главный специалист по взаимодействию с сообществами, тел. (988)510-35-02, e-mail: olesia.nikolaeva@here.com

Людмила Константиновна Радченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

Дорожный граф – основной слой цифровой навигационной карты. С развитием техники и геоинформационных технологий появилась возможность использовать дорожный граф для решения различных прикладных задач: построение маршрута, анализ использования дорожной сети, анализ загруженности дорог, геомаркетинговые исследования, актуализация базы данных, основанная на несоответствии данных в реальности и в приложении. Цель работы – подробно рассмотреть прикладные задачи, которые решаются на базе дорожного графа навигационного приложения. Эти задачи рассмотрены на примере компании HERE Technologies, которая имеет многолетний опыт создания и использования навигационных приложений.

Ключевые слова: дорожный граф, маршрутизация, навигационная система, геомаркетинговые исследования, анализ загруженности дорог.

USE OF ROAPGRAPH IN NAVIGATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF A COMPANY HERE TECHNOLOGIES

Olesia M. Nikolaeva

HERE Technologies, 139/94, Tekycheva St., Rostov-on-Don, 344018, Russia, Chiet Specialist on Interaction with Communities, phone: (988)510-35-02, e-mail: olesia.nikolaeva@here.com

Lyudmila K. Radchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (913)909-51-88, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

The road graph is the main layer of a digital navigation map. With the development of geoinformation technologies it is possible to use the road graph to solve various tasks: route construction, analysis of the use of the road network, analysis of road congestion, geomarketing research, updating the database based on the discrepancy between the data in reality and in the application. The purpose of this research is to consider in detail the applied problems that are solved on the basis of the road graph of an navigation application. These tasks are considered on the example of HERE Technologies, which has many years of experience in the creation and use of navigation applications.

Key words: road graph, routing, GPS navigation, geo-marketing researches, analysis of congestion.

Введение

Граф дорог – основной элемент цифровой навигационной карты, содержащий необходимую навигационную информацию для решения задач автоматизированной прокладки маршрута движения транспортных средств между любыми заданными точками на графе. Граф дорог представляет собой набор топологически и метрически связанных между собой дуг. Каждая дуга является участком дороги с координатным описанием и информацией об условиях проезда транспорта на данном участке, а также содержит адресную информацию для планов городов [1].

Поиск своего пути с помощью карты является относительно недавним явлением. В XX в. карты использовались для планирования путешествий заранее [2]. И только с приходом геоинформационных технологий и появления цифровых навигационных карт появилась возможность автоматически строить маршруты и осуществлять сопровождение по маршрутам. Построение маршрута возможно лишь при правильно построенном дорожном графе (в соответствии со всеми требованиями) и является одной из основных задач навигационных карт. Вопросы маршрутизации широко освещены в научных статьях и в сети Интернет [1, 3–5], чего не скажешь о других задачах, которые решаются на основе дорожного графа. Поэтому исследование посвящено выявлению других прикладных задач, решаемых на базе дорожного графа на примере компании HERE Technologies. На сегодняшний день компания предоставляет широкий спектр сервисов геолокационной платформы для решения задач построения маршрута в зависимости от вида транспорта, условий окружающей среды, различных внезапно возникающих ситуаций и целей конечного потребителя, а также других задач, которые будут рассмотрены далее.

Дорожный граф и требования, предъявляемые к его созданию

Понятие «дорожный граф» встречается в нормативной и научной литературе. Так, в источнике [3] дорожный граф – это сетка дорог, состоящая из множества фрагментов, которые состыкованы между собой. Каждый из них несет информацию о своем участке дороги: географические координаты, направление движения, средняя скорость, с которой машины обычно едут на этом участке, и другие параметры.

Дубровина С. В. [4] под дорожным графом понимает цифровую векторную карту, состоящую из топологически связанных дуг (ребер) и узлов, свойства которых описывают расположение проезжих частей улично-дорожной сети, их характеристики, а также организацию дорожного движения (например, направление движения, разрешение использования разными категориями участников, разрешенные или запрещенные маневры). Как правило, дорожный граф формируется на основе объектов дорожной сети (автомобильных дорог и улиц в населенных пунктах) картографической базы данных с учетом полевого обследования и в соответствии с правилами цифрового описания графа дорог.

Дорожный граф – это специальный слой, содержащий всю сеть дорог. Этот граф состоит из большого множества фрагментов, которые обязательно состыкованы между собой. Каждый фрагмент содержит информацию о своем участке дороги: географические координаты, информацию об ограничениях дорожного движения (минимальное и максимальное ограничение скорости движения, ограничение нагрузки на ось, ограничение высоты, ограничение длины, ограничение ширины), наименование улицы, на которой расположена дорога, материал покрытия дороги (проезжей части дороги) и другие параметры. Помимо семантической информации, дорожный граф содержит и топологическую, а именно: способ соединения с соседними участками, направление движения, есть ли на данном участке поворот направо или налево, возможен ли разворот в обратную сторону [4].

Дорожный граф необходимо обновлять, так как транспортная система города постоянно изменяется, строятся новые дороги и развязки, меняется направление движения. Там, где недавно был поворот, может измениться дорожная ситуация, и все это отразится в знаках дорожного движения и в самом движении. Поэтому навигационные приложения вынуждены регулярно обновлять данные [5].

В России в соответствии с приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 1 октября 2010 г. № 464 к дорожному графу предъявляются следующие требования:

- дорожный граф создается в виде связного полного графа. При создании графа дорог используются топологически связанные ребра (которые должны соответствовать на местности осевым линиям дорог или осевым линиям проезжих частей дорог) и вершины, геометрические и семантические свойства, которых описывают расположение проезжих частей улично-дорожной сети (улицы, дороги, внутриквартальные проезды), их характеристики, элементы организации дорожного движения;

- при формировании дорожного графа его вершины на местности должны соответствовать: точкам пересечения осевых линий, расположенных на одном по высоте уровне дорог или осевых линий проезжих частей таких дорог; расположенных на дорогах или их проезжих частях долговременным преградам, препятствующим проезду транспортных средств; пересечению линии уреза воды на водоемах и линии маршрута при движении через разводные мосты и паромные переправы. В случае если дороги или их проезжие части находятся на разных уровнях по высоте, вершина дорожного графа, соответствующая их пересечению, не образуется;

- при создании дорожного графа его ребро соответствует осевой линии проезжей части дороги в случаях: если проезжие части дороги разделены физическим разделителем (барьер, ограждение, газон, отделенные барьером от проезжей части дороги трамвайные пути); если проезжие части дороги разделены двойной сплошной линией дорожной разметки. В указанных случаях, в местах где возможен разворот, ребра, соответствующие различным направ-

лениям движения, соединяются дополнительным ребром дорожного графа с одновременным образованием дополнительных вершин;

- при построении дорожного графа ребрам должны присваиваться следующие атрибуты: направление движения (одностороннее, двустороннее, запрет проезда); информация об ограничениях дорожного движения (минимальное и максимальное ограничение скорости движения, ограничение нагрузки на ось, ограничение высоты, ограничение длины, ограничение ширины); уровень расположения дороги (проезжей части дороги) по высоте (обозначается целыми числами, в том числе отрицательными, принимая уровень дороги, находящейся на поверхности земли за 0); ограничение возможности проезда по времени (сезонность, интервал времени суток); классификация дороги в соответствии с Правилами классификации автомобильных дорог в Российской Федерации и их отнесения к категориям автомобильных дорог, утвержденными постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2009 г. № 767⁶; назначение автомобильных дорог в соответствии с основными показателями транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств (съезд, автострада, железнодорожный переезд, мостовые сооружения, автодорожные тоннели); наименование улицы, на которой расположена дорога; альтернативное наименование улицы, на которой расположена дорога (при наличии); материал покрытия дороги (проезжей части дороги);

- дорожный граф должен содержать информацию о дате и способе получения данных об организации дорожного движения (камерально-полевые изыскания). Отклонение местоположения ребра дорожного графа не должно превышать 15 метров от фактического местоположения соответствующей осевой линии дороги (проезжей части дороги) на местности [6].

Из определений дорожного графа и требований к его созданию очевидно, что граф дорог – это не только основа для создания навигационной карты, но и содержательный слой для решения различных прикладных задач. Сформулируем и рассмотрим эти задачи.

Задачи, решаемые на основе дорожного графа

Первая задача – маршрутизация. Если в период появления первых навигационных приложений при построении маршрута, выдавался единственный оптимальный результат, то сейчас, система предлагает несколько вариантов в зависимости от влияющих на него атрибутов дорожной сети и факторов геопространства, а также рассчитывает время прибытия к месту назначения в зависимости от выбранного маршрута [7].

К атрибутам дорожной сети относят: класс дорог, скоростной режим, покрытие, тип структуры дороги.

Класс дорог. Основной атрибут дорожной сети [8]. Иерархическая классификация дорожной сети используется для оптимизации расчета маршрута согласно заданному алгоритму. Разделение дорог на классы основано на совре-

менном административно-территориальном делении РФ и адаптировано под технические требования навигационной системы.

Скоростной режим. Скоростные характеристики на карте определяются реальными ограничениями скорости на дорогах и правилами дорожного движения (ПДД). Значения скорости, присвоенные графу дорог, могут отличаться от знаков ПДД только в сторону уменьшения, в случае если на скоростной режим влияют какие-либо факторы или ограничения (например, физические ограничения или характеристики доступа).

Покрытие. Выделяют несколько типов покрытия дорожной сети, каждый из которых имеет свои показатели допустимого скоростного решения: дорога без покрытия, дорога с покрытием, дорога с плохим дорожным покрытием.

Тип структуры дороги. Разделяют несколько типов структуры дороги: туннель, мост, переправа.

Атрибуты дорожной сети участвуют в построении маршрута в двух режимах: онлайн и офлайн. Но есть такие параметры, которые работают только в онлайн режиме, они влияют на корректировку построения маршрута и являются критически важными при перерасчете маршрута в пользу более быстрого способа достижения цели. Назовем их факторы геопространства – это погода, инциденты, светофоры, пробки, временной режим работы дорожной сети, сезонность работы.

Информация, которая накапливается в онлайн режиме, запоминается на сервере и используется как исторические данные. Например, существуют исторические данные от пользователей без идентификации личности, на основании которых в базу данных заносится информация о регулярно повторяющихся событиях в определенный отрезок времени. Это позволяет в определенной степени прогнозировать приближенную ситуацию в реальности.

Так, на основании данных городской мобильности г. Москва в течение определенного времени был проанализирован ежедневный всплеск активности на дорогах.

Оказалось, что примерно в одно и то же время с понедельника по пятницу ежедневно возникают два всплеска активности (рис. 1). А в выходные дни эти всплески незначительны и больше приближены по форме отображения в графике к одному незначительному всплеску в течение дня. Это объясняется началом и окончанием рабочего дня всех работающих жителей города [11]. Это вторая прикладная задача, решаемая с помощью графа дорог.

Таким образом, полученные и проанализированные данные можно использовать при построении маршрута в офлайн режиме.

Также существуют обезличенные данные от пользователей навигационных устройств, используя которые, мы обозначим следующие прикладные задачи (рис. 2).

При условии подтверждения получения разрешения использовать неидентифицированные данные о перемещении автомобиля, на котором установлено навигационное устройство, след о перемещении автоматически попадает в базу данных, и отображается по графу дорог.

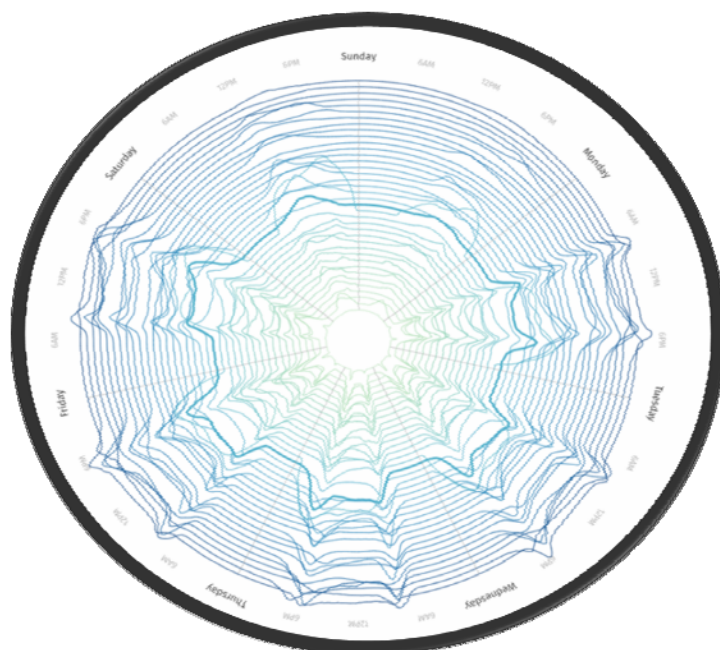


Рис. 1. График еженедельных всплесков активности дорожной сети г. Москвы

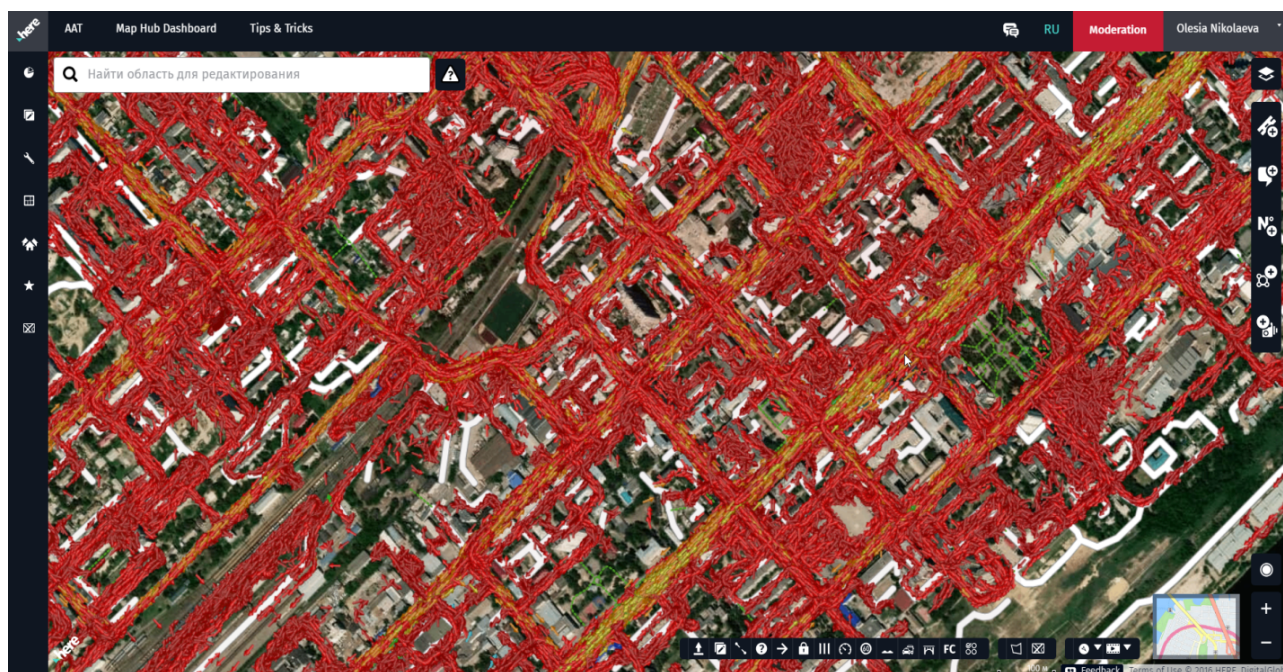


Рис. 2. Обезличенные данные от пользователей навигационных устройств

Далее эту информацию можно использовать для решения следующих задач:

- *анализ загруженности дорог*. На основе текущей дорожной ситуации можно проводить анализ различных проявлений геопространства на базе графа дорог. Так, можно отдельно проанализировать основные места концентрации

дорожно-транспортных происшествий, крупные участки графа дорог с ограничением движения в связи с ремонтными работами, наиболее популярные маршруты пользователей, самый длинный маршрут, самый короткий маршрут и т. д. Анализ такого большого объема данных, позволяет прогнозировать возникновение той или иной ситуации на основе исторических данных;

– *антикризисное управление*. Новые технологии всегда облегчают жизнь, особенно когда дело касается кризисных ситуаций. Здесь полезными оказываются смартфоны с мобильными приложениями. Одним из таких приложений стало Facebook Disaster Map, созданное для покрытия дефицита информации в местах стихийных бедствий. Когда пользователи используют на своих смартфонах приложение Facebook с включенной функцией геолокации, устройство передает данные о местоположении пользователя через определенные промежутки времени. Эта информация используется сервисом для показа наиболее релевантного контента для пользователя. Эта же функция позволяет Facebook присылать оповещения о чрезвычайном происшествии пользователям.

Та же агрегированная информация о местоположении пользователей (лишенная идентификаторов и персональных данных) поступает в организации, оказывающие гуманитарную помощь в районах чрезвычайных ситуаций. Facebook агрегирует геоданные в сетку с шагом в 60 метров или в пределах местных административных границ. После получения этих метрических данных, они сглаживаются и вычисляется средняя концентрация точек в каждом объекте, которая отображается на итоговой карте;

– *геомаркетинговые исследования*. На основе таких данных как численность населения, пропускная способность отрезка дороги, ежедневные данные о загруженности дорог можно проводить геомаркетинговые исследования. Анализ всех параметров дает возможность производителю товаров или услуг прогнозировать потенциально прибыльные буферные зоны на основе геоинформационного пространства [12];

– *актуализация базы данных, основанная на несоответствии данных в реальности и в приложении*. Метод сравнения базы данных (например, скорость движения или ограничения скорости) реальной ситуации на дороге на основе проб данных, позволяет выявить несоответствия, на основе которых создаются непосредственные для обновления графа дорог места. Например, в базе данных участок дороги имеет ограничение скорости 40 км/ч., а в реальности все участники дорожного движения перемещаются со скоростью 60 км/ч. Вероятнее всего, на данном отрезке дороги произошло изменение официально разрешенной скорости движения и как следствие изменение дорожного знака. Анализ таких ситуаций позволяет в кратчайшие сроки производить обновление данных о пространстве.

Вся информация в базе данных и различные геолокационные сервисы создают возможность решить широкий спектр задач в различных сферах общества, науки и производства. Геолокационные сервисы позволяют различным службам мгновенно реагировать на изменение окружающей нас действительности в самых различных ситуациях. А сервисы, которые работают в режиме онлайн,

помогают отображать текущее состояние, анализировать полученную информацию и реагировать мгновенно, что особенно актуально при возникновении чрезвычайных ситуаций. Развитие картографии, геоинформатики и экономики позволяет жить в более безопасном мире.

В дальнейшем, очевидно, ситуация будет иметь тенденцию к повышению качества цифровых навигационных карт и геолокационных сервисов, что позволит решать новые прикладные задачи на базе дорожного графа, что значительно повысит уровень жизни и безопасности в городской среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цифровые навигационные карты и цифровые навигационные планы городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mognovse.ru/gxi-cifrovie-navigacionnie-karti-i-cifrovie-navigacionnie-plan.html>.
2. James R. Akerman. Cartographies of travel and navigation / James R. Akerman. – Chicago : University of Chicago Press, 2006. – 344 p.
3. Что такое дорожный граф и как строятся маршруты на Яндекс.Картах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.searchengines.ru/chto_takoe_dorozhn.html.
4. Дубровина С. В. Совершенствование методики создания автонавигационных карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miigaik.ru/upload/iblock/95b/95b5e378222e1c7fdb66f180c4fe9696.pdf>.
5. Радченко Л. К. Навигационная картография : учеб. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 69 с.
6. Порядок создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/702486>.
7. Лисицкий Д. В., Радченко Л. К. Навигационная картография – проблемы и задачи // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 91–93.
8. Vereshchaka T. V. The scientific fundamentals of creation the road maps for tourists appointment / Vereshchaka T.V., Larichkina N.A. // Abstract of Papers XXII ICA International Cartographic Conference, La Coruna, 2005. p. 98.
9. Радченко Л. К. К вопросу теоретического обоснования навигационной картографии // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС» : сб. материалов. – М., 2016. – С. 249–252.
10. Радченко Л. К. Теоретические аспекты навигационной картографии [Текст] / Л.К. Радченко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 1. – С. 100–103.
11. Загруженность дорог Москвы и Московской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mosoblreclama.ru/chart/magistral/center_
12. Геомаркетинговые исследования для розничного бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/702486>.

© О. М. Николаева, Л. К. Радченко, 2019