

Алгоритмы построения и хранения навигационной когнитивной карты для взаимодействия с человеком

М. Пестун

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук

max.pestun@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассматриваются алгоритмы построения и хранения навигационных когнитивных карт, предоставляющих удобное для человека описание маршрута из точки А в точку В (в городском окружении). Система учитывает персональные знания пользователя об объектах недвижимости и организациях. В тех случаях, когда местность незнакома или малознакома пользователю, в описании маршрута используются популярные, с точки зрения общественного мнения, объекты.

Ключевые слова: когнитивная навигационная карта, алгоритмы построения и хранения, взаимодействие с человеком.

1. ВВЕДЕНИЕ

В данной работе представлены алгоритмы построения и хранения навигационных когнитивных карт. Задача когнитивной карты: предоставление удобного для человека описания маршрута из одной точки в другую (преимущественно в городском окружении, однако алгоритмы не накладывают жестких ограничений) в текстовом виде, обладающем лаконичностью, легкостью запоминания и максимальной однозначностью. Алгоритмы построения и хранения карты нацелены на использование на мобильных устройствах, учитывают известные пользователю места на основе его передвижений. Иначе, для неизвестных мест учитывается общая популярность окружающих пользователя объектов на основе данных из открытых источников.

Целью статьи является разработка методов построения когнитивных навигационных карт (также создание методов навигации по ним) для упрощения взаимодействия человека с компьютером в области описания маршрута, а также реализация алгоритмов построения и хранения навигационной когнитивной карты, используемой в основном исследовании.

В наши дни карты не подстраиваются под конкретного пользователя и не выделяют важную только для него информацию. Ввиду этого усложняется их использование.

Кроме того, следует отметить, что существующие методы хранения карт обладают избыточной информацией, поэтому с для уменьшения их объема необходимо сконцентрироваться только на важных для конкретного человека деталях, расставив им приоритеты, и, при необходимости, отбрасывать маловажные [2].

Проблема описания маршрута актуальна и в настоящее время недостаточно исследована. Подробнее об актуальности с приведением примеров использования в реальной жизни можно ознакомиться в обзорной статье исследования [1].

2. СТРУКТУРА ДАННЫХ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ В ХРАНЕНИЯ ПАМЯТИ

Структура данных для представления когнитивной карты представляет собой связный граф с циклами [3, 8]:

- ребра графа представляют собой дороги и другие пути, по которым может передвигаться человек;

- вершины графа символизируют объекты недвижимости (здания, сады, офисы компаний и т.д., обычно это всякие вершины), а также пересечения дорог.

Ребра имеют набор параметров, характеризующих элемент пути:

- ширину (популярность) дороги;
- название улицы, если оно применимо;
- направление (актуально для одностороннего движения);
- статистические данные, основанные на перемещении пользователя карты и другие персональные параметры.

Вершины, представляющие собой перекрестки дорог, обладают следующими параметрами:

- географическими координатами;
- углами, под которыми выходят ребра.

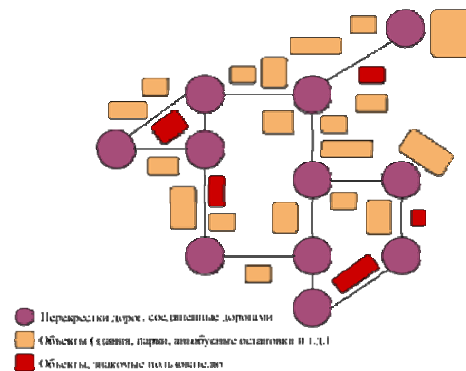


Рис. 1. Пример графа когнитивной карты (ребра, соединяющие вершины, описывающие объекты, не отображены для облегчения изображения)

Вершины, представляющие собой объекты, обладают параметрами:

- географическими координатами;
- названием (или несколькими), если оно применимо (адрес);
- словесным описанием;

- находящимися внутри организациями;
- другими индивидуальными для каждого пользователя параметрами (частотой посещения, предпочтениями, известностью и т.д.).

2.1. Программная реализация

С программной точки зрения структура данных для хранения когнитивной карты в памяти компьютера реализована следующим образом:

- база данных (может быть использована любая, но в нашем случае для быстроты реализации и простоты использования была выбрана реляционная СУБД SQLite; кроме того, ее реализация присутствует на мобильных платформах, что позволяет делать хранилище кроссплатформенным);
- Программная оболочка для доступа к данным API.

Структура таблиц выглядит следующим образом:

- Таблица «edges-nodes» для хранения ребер и вершин графа;
 - Столбцы:
 - идентификатор ребра или вершины;
 - булево значение (ответ на вопрос «вершина ли это?»).
 - Индекс: по столбцу с идентификатором.
- Таблица «graph» для хранения информации о связях ребер и вершин:
 - Столбцы:
 - идентификатор связи,
 - идентификатор вершины,
 - идентификатор ребра.
 - Индекс: по всем столбцам.
- Таблица «data» для хранения различной дополнительной информации (обычно такие таблицы называют «ресурсной системой»):
 - Столбцы:
 - идентификатор записи;
 - идентификатор вершины или ребра (из таблицы «edges-nodes»);
 - идентификатор поля (из таблицы «data-fields»);
 - значение поля в текстовом виде.
 - Таблица «data-fields» для хранения имен допустимых полей в таблице «data»:
 - Столбцы:
 - идентификатор поля;
 - строковое представление имени поля.
 - Индекс: по столбцу с идентификатором.

В таблице «data» хранится вся информация о ребрах и вершинах, перечисленная в разделе выше: названия, параметры и т.д. Текстовое представление значений полей вполне допустимо с учетом современных вычислительных мощностей. Кроме того, такой подход делает систему хранения информации очень гибкой и легко расширяемой: нет четких ограничений на хранимую информацию, нет ограничений на количество полей для каждого ребра/вершины.

В случае коллизионных ситуаций, когда на одно и то же ребро/вершину одновременно назначено несколько одинаковых полей (например, имя или длина), то выбирается последнее. Такой подход хорошо зарекомендовал себя на высоконагруженных системах, так как позволяет быстро переписать данные, не удаляя старые.

3. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ КОГНИТИВНОЙ КАРТЫ В ПАМЯТИ КОМПЬЮТЕРА

В общем виде построение навигационных когнитивных карт, хранимых в памяти компьютера, подразделяется на этапы:

- а) формирование базовой карты: преобразование информации из обычной карты с видом сверху в структуру данных когнитивной карты, получение персонализированной информации о перемещениях пользователя;
- б) сбор данных о пользователе когнитивной карты;
- с) объединение результатов пунктов а) и б) для персонализации карты и уменьшения объема хранимых данных.

3.1. Формирование базовой карты

Частично процесс формирования карты происходит автоматически на основе существующих карт (например, «Google Maps» или «Яндекс.Карты»), содержащих избыточную информацию, как о самой схеме дорог и адресах зданий, так и об организациях, расположенных внутри. Кроме того, из них можно получить информацию о популярности организации, типе предлагаемых услуг, а также оценку ее деятельности (обычно в баллах – от 1 до 5).

3.2. Сбор данных о пользователе

Для создания персонализированной когнитивной карты для конкретного пользователя требуется сбор дополнительной подробной информации о нем:

- пол;
- возраст;
- вкусовые предпочтения;
- основные места пребывания;
- другие.

Получение таких данных возможно из социальных сетей либо непосредственно при помощи их ввода самим пользователем в интерфейс программы.

Дополняются карты информацией, полученной при непосредственном перемещении пользователя по миру. Происходит автоматическая запись координат положения мобильного телефона, их последующий анализ и запись в структуру данных карты следующим образом:

- отслеживаются промежутки времени, при которых телефон был относительно неподвижен (остановки);
- отслеживаются быстрые (движение на автомобиле или в общественном транспорте) и медленные (перемещение пешком) изменения координат;
- при остановках дополнительно уточняется у пользователя, какое конкретно место (заведение, фирму, магазин) он посещает (аналогично сделано в социальной сети «foursquare»).

Список мест для посещения доступен благодаря тем же картографическим сервисам, предлагающим доступ к накопленной информации.

Дополнительно в структуру данных когнитивной карты заносится следующая информация:

- частота перемещений по конкретному маршруту или его участку;
- частота посещения различных мест;
- эмоциональное отношение пользователя к конкретному участку дороги и/или месту.

Все три перечисленные выше пункта позволяют более точно персонализировать карту, сделав ее максимально удобной для использования. Благодаря им:

- при прокладывании маршрута будут использоваться статистические частотные данные, позволяющие проложить маршрут, наиболее знакомый пользователю, несмотря на возможную меньшую оптимальность траектории пути (из предположения, что чем чаще человек пользуется одним и тем же маршрутом, тем более хорошо он ему знаком и может быть описан менее детально, нежели новый неизвестный) [7];
- вводимое пользователем в ручном режиме эмоциональное отношение к участкам пути и/или конкретным объектам на нем дает возможность создать такой вариант маршрута, который будет казаться ему более коротким и оптимальным [2, 4, 5] (основано на подтвержденных исследованиях в системе виртуальной CAVE, проводимых факультетом психологии МГУ им. М.В. Ломоносова [6]).

3.3. Программная реализация

С программной точки зрения структура данных для хранения накопленной о пользователе информации реализована следующим образом:

- база данных (аналогично с пунктом 2.1 данной статьи);
- программная оболочка для доступа к данным API.

Структура таблиц выглядит следующим образом:

- Таблица «user» для хранения редко изменяемой информации о пользователе; таблица организована по типу «ресурсной системы», описанной выше в пункте 2.1.
- Таблица «moves-gaw» содержит исходные данные по всем перемещениям пользователя:
 - Столбцы:
 - идентификатор записи;
 - долгота;
 - широта;
 - временная метка.
 - Индекс: по столбцу с идентификатором.
- Таблица «moves» содержит обработанную информацию из таблицы «moves-gaw»:
 - Столбцы:
 - идентификатор записи;
 - идентификатор ребра или вершины, к которому относится данная запись;
 - тип записи (быстрое перемещение, медленное перемещение, остановка);
 - Индекс: по столбцам с идентификаторами.
- Таблица «prefeg» содержит информацию о предпочтительных местах или маршрутах:
 - Столбцы:

- идентификатор записи;
- индекс предпочтения (целое число без знака, где 0 самая низкая оценка популярности/предпочтения);
- индекс эмоционального отношения (целое число со знаком, 0 в качестве нейтрально отношения);
- идентификатор ребра или вершины, к которому относится данная запись;
- идентификатор группы записей (для объединения записей в маршрут).
- Индексы: по столбцам с идентификаторами.
- Таблица «custom» для хранения дополнительной информации о местах и маршрутах; таблица организована по типу «ресурсной системы», описанной выше в пункте 2.1; в основном необходима для расширения системы и быстрого прототипирования нового функционала.

Программная составляющая для управления данными реализована на языке программирования Java и не является предметом рассмотрения данной статьи.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Описанные выше алгоритм построения карты и структура данных для ее хранения были частично применены на практике для навигации внутри высотного офисного здания «SkyLight» в городе Москве.

Система когнитивной навигации была интегрирована в корпоративный портал. Любой сотрудник может найти другого сотрудника в адресной книге, просмотреть его личную карточку, узнать место его посадки, а также получить краткую и легкую для запоминания инструкцию, «как пройти» к нему.

Система на данный момент не использует данных о пользователе для представления результатов: все пользователи увидят один и тот же маршрут. Несмотря на это она показала свою востребованность у сотрудников, преимущественно у новичков и персонала из отдела кадров, которым приходится часто перемещаться по зданию.

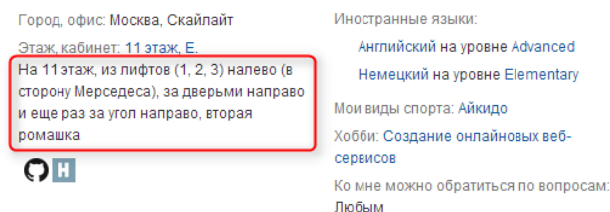


Рис. 2. Пример предложенного пользователю текстового описания маршрута прохода к рабочему месту коллеги

В текущий момент идет разработка мобильного приложения для платформы Android, реализующего описанные выше алгоритмы и структуры данных для хранения когнитивной навигационной карты. По завершению работ над приложением, оно будет опубликовано в Google Play в свободном бесплатном доступе.

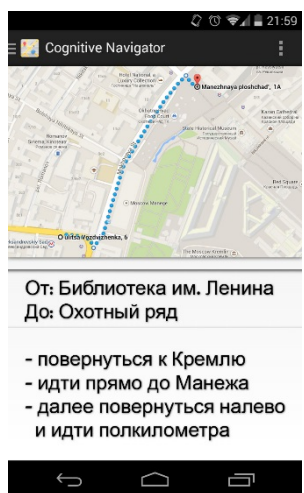


Рис. 3. Прототип интерфейса приложения для платформы Android для предоставления описания маршрута в текстовом виде, удобном для быстрого запоминания

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие технологий голосового взаимодействия человека и машин (компьютеров, роботов) приведет к ситуациям, когда станет необходима передача знания о маршруте от машины к человеку и, наоборот, в форме, удобной именно человеку. Вычислительная система всегда может быть приспособлена к особенностям восприятия и передачи информации человеком, но не наоборот. Именно для этих проблемных ситуаций и разрабатывается комплекс систем по описанию маршрута в удобном для человека формате, часть которого была рассмотрена в данной статье. Подробнее про само исследование можно прочитать в обзорной статье исследования [1].

6. ССЫЛКИ

- [1] Пестун М.В. Компьютерная система описания маршрута в удобном для человека формате. Научно-практический семинар "Новые информационные технологии в автоматизированных системах". – Москва, Россия, 2014. – С. 125 - 134.
- [2] Allen G.L., Kirasic K.C., Siegel A.W. and Herman J.F. Development Issues in Cognitive Mapping: The Selection and Utilization of Environmental Landmarks, *Child Development* 50, 1979. – P. 1062 - 1070.
- [3] Cousins J.H., Siegel A.W. and Maxwell S.E. Way-Finding And Cognitive Mapping in Large-Scale Environments: A Test of a Developmental Model, *Journal of Experimental Child Psychology* 35, 1983. – P. 1 - 20.
- [4] Klatzky R.L., Freksa C., Habel C., Wender K.F. Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections, *Artificial Intelligence* (Eds.), Springer, 1997. – V. 1404. – P. 1 - 17.
- [5] Klatzky R.L., Loomis J.M., Golledge R.G., Cicinelli J.G., Doherty S. & Pellegrino J.W. Acquisition of route and survey knowledge in the absence of vision. *Journal of Motor Behavior*, 22, 1990. – P. 19 - 43.

- [6] Lakhtionova I., Menshikova G. The method of testing the ability of allocentric cognitive maps acquisition. Proc. of 36-th European Conference on Visual Perception, Bremen, Germany, Aug.25-29, 2013, Perception. – V. 42, ECVP Abstract supplement. – P. 53.
- [7] Loomis J.M., Klatzky R.L. & Golledge R.G. (in press). Human navigation by path integration. In R. Golledge (Ed.), *Wayfinding: Cognitive mapping and spatial behavior*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University, 1999.
- [8] Yeap W.K., Jefferies M.E. On early cognitive mapping. *Spatial Cognition and Computation*, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. – V. 2(2). – P. 85 - 116.

Об авторах

Пестун Максим – аспирант Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук.
E-mail: max.pestun@gmail.com.