

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202090999 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.08.05

(51) Int. Cl. G01C 21/34 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.11.07

(54) СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ИЛИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МАРШРУТА
ДЛЯ ПОЕЗДКИ ОТ НАЧАЛЬНОГО ПУНКТА ДО КОНЕЧНОГО ПУНКТА (ВАРИАНТЫ)

(31) 62/608,586; 62/613,779; 62/659,157;
10-2018-0045558; 16/180,050

(87) WO 2019/125625 2019.06.27

(32) 2017.12.21; 2018.01.05; 2018.04.18;
2018.04.19; 2018.11.05

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
МАЛЕВИЧ ГЖЕГОЖ (PL)

(33) US; US; US; KR; US

(74) Представитель:
Виноградов С.Г. (BY)

(86) PCT/US2018/059517

(57) Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к разработке схемы движения по маршруту в рамках транспортной системы. Способ обеспечивает прием требований к маршруту, в том числе исходный и конечный пункты. Способ позволяет создать модель транспортной системы с учетом данных о транспортных средствах. Модель абстрагирует "потенциальное перемещение" между двумя пунктами с использованием любого диапазона вариантов выбора транспортных средств и передвижений пешком, которые обеспечивают сообщение между двумя пунктами. С учетом предполагаемой длительности ожидания транспортных средств и продолжительности передвижения на них способ позволяет определить ожидаемую минимальную продолжительность поездки с использованием любого из указанных вариантов выбора. Способ сочетает в себе ожидания в отношении любых пунктов масштабируемым образом. В результате этого рассчитывается схема движения по маршруту, позволяющая достичь кратчайшей ожидаемой продолжительности передвижения и соответствующая другим требованиям для одного из существующих на данный момент крупнейших городов. Другие варианты осуществления настоящего изобретения включают компьютерную систему и сервисный продукт, обеспечивающие реализацию способа.



A1

202090999

202090999

A1

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ИЛИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МАРШРУТА ДЛЯ ПОЕЗДКИ ОТ НАЧАЛЬНОГО ПУНКТА ДО КОНЕЧНОГО ПУНКТА (ВАРИАНТЫ)

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[01] Настоящая заявка основана на нижеприведенных заявках, и по ней испрашиваются следующие даты приоритета:

[Страна]	[номер заявки]	[Дата подачи заявки]
США	62/608,586	21 декабря 2017 г.
США	62/613,779	5 января 2018 г.
США	62/659,157	18 апреля 2018 г.
Южная Корея	10-2018-0045558	19 апреля 2018 г.
США	16180050	5 ноября 2018 г.,

содержание которых тем самым включено в настоящий документ посредством ссылки.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[02] Настоящее изобретение относится к планированию маршрута в большом городе. Цель планирования маршрута заключается в прокладывании маршрута от одного пункта (location) до другого пункта для поездки на транспортных средствах, предоставляемых различными провайдерами транспортных услуг. Зачастую необходимо, чтобы время пребывания в пути было по возможности минимальным, либо наряду с другими требованиями необходимо, чтобы отправление в поездку было намечено на определенное время. Как правило, в схеме маршрута (route) содержатся точные инструкции для субъекта поездки (rider), включающие пути передвижения пешком и пути передвижения на транспортном средстве.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[03] Варианты осуществления настоящего изобретения включают способ расчета маршрутов, компьютерную систему, обеспечивающую реализацию и выполнения способа, и машинный сервис, позволяющий пользователям направлять запросы о составлении маршрута и получать ответы с описанием маршрутов.

[04] В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается способ разработки схемы движения по маршруту. Способ предусматривает осуществление запроса в форме, содержащей исходный (source) и конечный (target) пункты маршрута и иные требования, которые могут включать время отправления

(departure time) или намеченное время прибытия (arrival deadline). Способ предусматривает построение графов, обеспечивающих моделирование статистических свойств транспортных средств. Одним из аспектов настоящего изобретения является «потенциальное ребро», которое позволяет смоделировать поездку от одного пункта до другого пункта с использованием любого диапазона вариантов выбора передвижения транспортными средствами и пешком. В одном варианте осуществления такое ребро позволяет смоделировать ожидаемую минимальную продолжительность поездки между двумя пунктами. При использовании графа или его расширения, зависящего от специфики запроса, способ обеспечивает разработку схемы движения по маршруту в виде ответа на запрос.

[05] В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается компьютерная система для разработки схемы движения по маршруту. Система представляет собой комбинацию аппаратного оборудования и программного обеспечения. Система получает информацию о транспортной системе и передвижении пешком между пунктами от нескольких провайдеров данных. Система обеспечивает построение множества графов, моделирующих транспортную систему, и рассчитывает кратчайшие пути в графах с целью построения схемы движения по маршруту.

[06] В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения предлагается машинный сервис для разработки схемы движения по маршруту. Сервис позволяет пользователю специфицировать запросы с помощью пользовательского интерфейса на устройстве, включающем смартфон, и позволяет визуализировать разработанные схемы движения по маршруту на устройстве.

[07] Варианты осуществления, представленные в заявке настоящего изобретения, приведены в качестве иллюстрации, и они не претендуют на исчерпывающий характер. В конкретные варианты осуществления могут быть внесены многочисленные изменения и дополнения, очевидные специалистам в данной области техники и не выходящие за пределы объема и существа вариантов осуществления настоящего изобретения.

[08] Операции по поиску и обработке данных и иные операции, раскрытые в настоящем изобретении, реализованы в виде компьютерной системы или сервиса, а не в виде какого-либо хода мысли или абстрактной материализуемой идеи.

[09] В представленном описании термины «первый», «второй», «the» и аналогичные термины не используются в каком-либо значении ограничения, а в целях обеспечения различия, если в контексте не оговорено иное особо. Выражение в форме единственного числа включает форму множественного числа, если в контексте особо не оговорено иное.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ РЯДА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

[10] На чертежах, включенных в настоящее изобретение, различные отличительные признаки и преимущества вариантов осуществления настоящего изобретения поясняются примерами:

ФИГ. 1: иллюстрация графа G_0 в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 2: иллюстрация последовательного выполнения операций построения графа G_0 в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 3: иллюстрация перемещения от s до s' , включающего передвижение пешком, ожидание, поездку на автобусе и передвижение пешком в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 4: иллюстрация перемещения от s до s' , включающего один автобусный маршрут, но два пути проезда в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 5: иллюстрация двух автобусных маршрутов, при этом в соответствии с каждым из них предлагаются различные пути движения от s до s' в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 6: иллюстрация перемещения от s до s' , включающего передвижение пешком, ожидание, поездку на метро и передвижение пешком в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 7: иллюстрация потенциального ребра для трех вариантов выбора осуществления поездки от s до s' в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 8: иллюстрация потенциального ребра для двух вариантов выбора осуществления поездки от s до s' с учетом случайных величин продолжительности в зависимости от времени прибытия субъекта поездки до s в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 9: иллюстрация псевдокода для расчета потенциальных ребер по интервальной модели времени ожидания и фиксированных продолжительностей поездки в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 10: иллюстрация расширения графом G_1 графа G_0 ребрами из начальных вершин в том случае, если известны начальные вершины в запросах в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 11: иллюстрация расширения графом G_2 графа G_0 потенциальными ребрами к конечным вершинам в том случае, если известны конечные вершины в запросах в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 12: иллюстрация примера расчета вариантов выбора для предполагаемой поездки, продолжающейся от предпоследней остановки/станции в том случае, если конечная вершина указана во время осуществления запроса в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 13: иллюстрация последовательности выполнения процесса компьютерной системой при ответе на запросы об определении маршрута в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

ФИГ. 14: иллюстрация примера передачи маршрута на смартфон пользователя машинным сервисом в ответ на запрос в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ НАСТОЯЩЕГО ИЗОБРЕТЕНИЯ

4 Подробное описание

[11] Городская транспортная система включает различные виды транспорта, например, метро (subways) и автобусы (buses). Общая цель субъекта поездки заключается в определении кратчайшего маршрута от заданного пункта до другого пункта в пределах крупного города. Маршрут может быть рассчитан с учетом графиков движения транспортных средств и регламентируемого времени отправления или намеченного времени прибытия, как это можно видеть на примере основных провайдеров картографических Интернет-сервисов. Тем не менее, на практике некоторые транспортные средства не придерживаются строгого графика движения, например, из-за интенсивного движения транспорта. В противоположность известному уровню техники в настоящем изобретении содержится информация о способах расчета маршрутов с использованием различных транспортных средств, придерживающихся и не придерживающихся расписаний движения. С целью повышения результативности определения маршрутов в настоящем изобретении используются сходные элементы маршрутов и времени ожидания.

[12] Проиллюстрируем усовершенствования на простом примере. Рассмотрим две последовательные автобусные остановки b_1 и b_2 по автобусному маршруту. Поездка занимает в среднем 20 минут. Далее предположим, что автобус прибывает на остановку b_1 в среднем через каждые 24 минуты. Для субъекта поездки, прибывающего на остановку b_1 в произвольный момент времени, средняя продолжительность поездки до остановки b_2 составляет 32 минуты (ожидание + поездка). Теперь, предположим, что имеется другой автобус, который также осуществляет поездки между указанными двумя автобусными остановками. При аналогичных временных допущениях и допуская независимость

передвижения автобусов, средняя продолжительность поездки короче на четыре минуты. В целом, при наличии n автобусов, средняя продолжительность поездки составляет $20 + 24/(n + 1)$ минуты. Это обусловлено тем, что субъект поездки может сесть на автобус, пребывающий первым на остановку b_1 .

[13] Однако, реальный мегаполис является более сложной системой, чем выше представленный простой иллюстративный пример: в нем могут находиться сложные пересекающиеся схемы маршрутов, при этом транспортные средства характеризуются различными схемами прибытия и скоростными режимами. При этом абсолютно необязательно, чтобы маршруты пересекались с целью достижения оптимизации продолжительности поездки, так как субъекты поездки могут передвигаться пешком (walk) между остановками транспорта. С течением времени может происходить дальнейшее развитие транспортной системы, например, ввиду изменения графика движения поездов метрополитена и добавления автобусных маршрутов. Кроме того, предлагается эффективный способ расчета маршрутов с тем, чтобы компьютер мог оперативно давать ответы на многочисленные запросы, касающиеся определения маршрутов даже для самых крупных городов.

4.1 Краткое описание модели

[14] Авторы представляют модель транспортной системы для расчета маршрутов или продолжительности поездки (route durations) по маршруту.

[15] Допускается, что транспортная система состоит из двух видов транспортных средств: (1) транспортные средства, движение которых осуществляется по фиксированному расписанию, т.е. отправление и прибытие в установленное время суток, например, в соответствии с графиком на рабочие дни; к такому виду транспорта относится метро, и его остановки называются станциями метро, (2) транспортные средства, время отправления и прибытия которых являются нефиксированными; к этому виду транспорта относятся автобусы, и их остановки называются автобусными остановками. Как станции метро, так и автобусные остановки имеют место постоянного географического расположения, что позволяет определить пешие маршруты между ними. Автобусы сгруппированы по автобусным маршрутам. Любой автобус автобусного маршрута проезжает последовательно расположенные постоянные автобусные остановки, обычно до конечной автобусной остановки автобусного маршрута.

[16] На практике некоторые автобусы могут прибывать достаточно пунктуально, что, как может представляться, не согласуется с нашей моделью. Например, рассмотрим пример с автобусом, отправившимся от первой автобусной остановки автобусного маршрута в соответствии со строго фиксированным расписанием движения. Автобус

может пунктуально прибывать на первые несколько остановок до тех пор, пока он не достигнет района города с непредсказуемым движением транспорта. При прибытии субъекта поездки на одну из указанных первых автобусных остановок после поездки на метро, время ожидания автобуса является предсказуемым, как и общее время поездки на метро, передвижения пешком и поездки на автобусе. Можно смоделировать указанный случай путем концептуального добавления метро для представления указанной поездки с использованием нескольких видов транспорта – метро- передвижение пешком-автобус. Аналогичным образом, можно смоделировать поездку, включающую автобус-передвижение пешком-метро, автобус-передвижение пешком-автобус и метро-передвижение пешком-метро, а также другие комбинации, когда движение транспорта осуществляется синхронизировано или практически по расписанию. Для упрощения изложения сущности изобретения в остальной части описания настоящего изобретения авторы придерживаются допущения относительно поездов метро, движение которых осуществляется по строго фиксированному расписанию, и относительно автобусов, движение которых осуществляется по нефиксированному расписанию.

[17] Заявляемый способ не ограничен передвижением людей по определенному маршруту автобусами или метро. Напротив, заявляемый способ является более обобщенным. Он охватывает многие виды фактически используемых транспортных средств. Например, указанные транспортные средства включают: метро, автобус, трамвай, поезд, такси, маршрутное такси, легковой автомобиль, автомобиль с автоматизированной системой управления, паром, самолет, мотоцикл доставки, грузовой автомобиль либо контейнеровоз. Маршрут, разработанный в соответствии с заявляемым способом, может быть использован для направления любого объекта по определенному маршруту. Например, указанные объекты включают: людей, груз, упаковку, письмо или продукты питания. В некоторых случаях указанный объект называется субъект поездки (rider).

[18] Моделирование транспортной системы осуществляется с помощью семейства ориентированных графов (directed graphs), при этом каждый граф включает вершины (vertices) и ребра (edges). Каждая вершина обозначает автобусную остановку, станцию метро либо вспомогательный объект. Другие примеры обозначения вершин включают железнодорожную станцию, стоянку такси, пункт посадки или высадки пассажиров из маршрутного такси, парковку легковых автомобилей, место посадки и высадки из автомобиля с автоматизированной системой управления, платформу, настил, порт, паромный терминал, аэровокзал, аэропорт либо погрузочную платформу. Любое ребро обозначает ожидание, поездку от одного пункта до другого либо вспомогательный объект. В одном варианте осуществления ребро имеет вес, означающий время ожидания или

продолжительность поездки. В другом варианте осуществления вес является случайной величиной. В другом варианте осуществления ряд случайных величин (random variable) обусловлен (conditioned), например, в частности, временем суток, праздничным / непраздничным днем. В другом варианте осуществления некоторые случайные величины могут быть сопоставлены (correlated) с другими случайными величинами.

[19] В одном варианте осуществления настоящего изобретения определяется распределение вероятностей (probability distribution) для случайной величины из ретроспективных данных. Например, проводится измерение времени, требуемое автобусу заданного автобусного маршрута для проезда от заданной автобусной остановки b_1 до заданной автобусной остановки b_2 на протяжении месяца, и определяется эмпирическое распределение продолжительности поездки исходя из указанного одного месяца выборок. В другом примере проводится измерение времени прибытия или времени отправления автобуса заданного автобусного маршрута от заданной автобусной остановки в течение определенного периода времени и определяется эмпирическое распределение времени ожидания автобуса автобусного маршрута для каждой минуты буднего дня. В другом примере используется интервал прохождения, сообщаемый водителем автобуса для определения среднего времени ожидания. В другом примере текущее местоположение автобуса используют для расчета более точного распределения времени ожидания автобуса.

[20] Ряд случайных величин, используемых в заявляемом способе, является нетривиальным. Тривиальная случайная величина имеет лишь одно значение с вероятностью 1. Любая иная случайная величина является нетривиальной (non-trivial).

[21] Цель любого графа заключается в предоставлении ответа на любой запрос по поиску маршрута или определению продолжительности маршрута между любыми двумя географическими пунктами. Начальная точка маршрута называется «начальной вершиной» (началом пути) и конечная точка – «конечной вершиной» (концом пути). Пункты определяются путем применения системы установления маршрутов движения. Например, пункты могут представлять собой промышленные предприятия, автобусные остановки и станции метро как таковые, произвольные точки в парке, либо текущее местоположение субъекта, определяемое Глобальной навигационной спутниковой системой. В одном варианте осуществления настоящего изобретения проводится поиск маршрута с использованием алгоритма поиска кратчайших путей Дейкстры или алгоритма поиска A^* (А звезда) по графу, либо с использованием некоторых адаптаций указанных алгоритмов, о чем речь пойдет ниже.

[22] В некоторых вариантах осуществления вводятся ограничения маршрутов. Например, указанные ограничения включают: вид транспортного средства, тип остановки транспортного средства, пороговое ограничение (threshold) на количество пересадок на другие транспортные средства, пороговое ограничение на время ожидания, пороговое ограничение на продолжительность передвижения пешком, тип направляемого по маршруту объекта, который может быть помещен только в специфический вид транспортного средства, пороговое ограничение на стоимость поездки в денежном выражении, время отправления из начальной вершины, время прибытия к конечной вершине, либо требуемая вероятность прибытия до намеченного времени.

[23] В одном варианте осуществления настоящего изобретения заявляемый авторами способ обеспечивает расчет маршрутов или продолжительности маршрутов, характеризующихся минимальной ожидаемой продолжительностью. Однако заявляемый способ является более обобщенным. Кроме того, способ позволяет рассчитывать маршруты или продолжительность маршрутов, которые приблизительно являются кратчайшими по времени, либо которые могут не являться кратчайшими, но позволяют снизить степень риска прибытия после установленного времени.

[24] Настоящее изобретение обеспечивает построение ряда графов для предоставления ответов на запросы об определении маршрута. В некоторые варианты осуществления настоящего изобретения осуществляется расширение графов дополнительными вершинами и ребрами с учетом запроса.

4.2 Граф G_0

[25] Граф, называемый G_0 , обозначает определение маршрута между автобусными остановками и станциями метро. Ниже приведено подробное описание построения указанного графа. На ФИГ. 1 проиллюстрирован граф G_0 , и схема последовательного выполнения операций построения графа проиллюстрирована на ФИГ. 2.

4.2.1 Фиксированное расписание

[26] Первая группа вершин и ребер обозначает проезд по маршруту транспортных средств, движение которых осуществляется по строго фиксированному расписанию. Ввиду того, что расписание движения транспортных средств является строго фиксированным, можно использовать известный алгоритм для расчета оптимального маршрута между двумя пунктами, который может предусматривать последовательность из нескольких видов транспортных средств и передвижение пешком между ними.

Следовательно, используется единичное ребро для обобщения указанной поездки несколькими видами транспорта от начальной вершины до конечной вершины.

[27] Проводится добавление вершин, моделирующих посадку в поезд метро без ожидания, как если бы субъект поездки синхронизировал свое прибытие на станцию с отправлением поезда метро. Вводятся две вершины для каждой станции метро s :

$$МЕТРО_ИЗ_s$$

и

$$СТАНЦИЯ_МЕТРО_s$$

В отношении любых двух различных станций s и s' имеется ребро

$$МЕТРО_ИЗ_s \rightarrow СТАНЦИЯ_МЕТРО_s',$$

означающее продолжительность поездки от станции s до станции s' , вероятно предусматривающее попеременную поездку на метро и передвижение пешком (например, от станции s сначала поездка на метро A до станции B , затем передвижение пешком до станции C , далее поездка на метро D до станции s'); ребро обозначено МногоПоездкиВысадка. В одном варианте осуществления настоящего изобретения вес ребра представляет собой минимальную продолжительность поездки в утренние часы пик в будние дни. В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон. В другом варианте осуществления случайная величина обусловлена временем прибытия субъекта поездки на станцию s или временем отправления со станции s .

[28] Моделируется событие, когда субъект поездки прибывает с опозданием на станцию метро во время поездки, и ему придется ожидать прибытия следующего поезда метро. В отношении любых двух отдельных станций s' и s'' добавляется вершина

$$МЕТРО_ИЗ_ДО_s'_s'',$$

что означает поездку от станции s' до станции s'' . Имеется ребро

$$СТАНЦИЯ_МЕТРО_s' \rightarrow МЕТРО_ИЗ_ДО_s'_s'',$$

обозначенное ОжиданиеПосадки, означающее время ожидания до посадки на поезд метро, идущий от станции s' до станции s'' . В одном варианте осуществления настоящего изобретения вес ребра установлен на среднее время ожидания поезда метро, обеспечивающего транспортировку субъекта поездки до станции s'' как можно раньше, с учетом того, что субъект поездки прибывает на станцию s' в произвольный момент времени в утренние часы пик в будние дни. В другом варианте осуществления вес ребра установлен в половину среднего времени последовательного проезда любого поезда метро от станции s' до станции s'' . В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон. В другом варианте

осуществления случайная величина зависит от времени прибытия субъекта поездки на станцию s' , либо от распределения времени прибытия.

[29] Добавляется ребро

$$\text{МЕТРО_ИЗ_ДО_}s'_s'' \rightarrow \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_}s'',$$

обозначенное МногоПоездкиВысадка, означающее продолжительность поездки от станции s' до станции s'' , вероятно предусматривающее попеременную поездку на метро и передвижение пешком. В одном варианте осуществления настоящего изобретения вес ребра установлен на среднюю кратчайшую продолжительность поездки в утренние часы пик в будние дни. В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон. В другом варианте осуществления случайная величина зависит от времени прибытия субъекта поездки на станцию s' , либо от времени отправления со станции s' .

4.2.2 Нефиксированное расписание

[30] Вторая группа вершин и ребер представляет проезд по маршруту транспортных средств, движение которых осуществляется не по строго фиксированному расписанию.

[31] Для каждого автобусного маршрута добавляются вершины, моделирующие автобусные остановки по маршруту и автобус на автобусных остановках. Первая модель обобщает субъект поездки, находящийся вне автобуса, в то время как последняя - субъект поездки, находящийся внутри автобуса. Пусть $b_1, \dots, b_n$ составляет n последовательных автобусных остановок по автобусному маршруту e (включая остановки по требованию).

Далее добавляются вершины

$$\text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b_k$$

и

$$\text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_}b_k_k_e,$$

для каждого k , $1 \leq k \leq n$. Два автобусных маршрута могут иметь общую автобусную остановку. Имеется ребро

$$\text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_}b_k_k_e \rightarrow \text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b_k,$$

обозначенное Высадка, означающее высадку из автобуса на указанной автобусной остановке; ребро имеет нулевой вес. Имеется ребро в обратном направлении

$$\text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b_k \rightarrow \text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_}b_k_k_e,$$

обозначенное ОжиданиеПосадки, означающее время ожидания автобуса автобусного маршрута e на автобусной остановке b_k до посадки. В одном варианте осуществления вес ребра установлен в половину среднего времени между последовательными переездами автобуса автобусного маршрута e в утренние часы пик в будние дни, являющееся

одинаковым для каждой автобусной остановки данного автобусного маршрута. В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон и автобусных остановок. В другом варианте осуществления случайная величина зависит от времени прибытия субъекта поездки в пункт b_k , либо от распределения времени прибытия.

[32] Для моделирования поездки в одном и том же автобусе добавляется ребро

$$\begin{aligned} & \text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_}b_k_k_e \rightarrow \\ & \text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_}b_{k+1}_k + 1_e, \end{aligned}$$

обозначенное ТажеПоездка , означающее продолжительность поездки от автобусной остановки b_k до следующей автобусной остановки b_{k+1} по автобусному маршруту e . В одном варианте осуществления вес ребра установлен на среднюю продолжительность поездки между указанными автобусными остановками в утренние часы пик в будние дни. В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон и автобусных остановок. В другом варианте осуществления случайная величина зависит от времени прибытия автобуса в пункт b_k , либо от времени отправления из пункта b_k .

4.2.3 Передвижения пешком

[33] Передвижения пешком используются для соединения вершин автобусной остановки и станции метро.

[34] В данном разделе и в других разделах описания настоящего изобретения допускаются различные требования к передвижению пешком. В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется кратчайший по времени пеший маршрут при специфической скорости передвижения, составляющей 4 км/ч. В другом варианте осуществления вес является случайной величиной для каждого из нескольких требований к пешему маршруту, включающих скорость, составляющую 6 км/ч, избегая при этом передвижение по лестницам и неосвещенным улицам. В другом варианте осуществления допускается исключительно передвижение пешком большей частью в течение фиксированного интервала времени, например, одного часа. В другом варианте осуществления передвижение пешком является прямолинейным, не принимающим в расчет любые препятствия. В другом варианте осуществления передвижение пешком может включать передвижение на лифте, траволаторе, подъемнике или на эскалаторе.

[35] Добавляются ребра

$$\begin{aligned} & \text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b \rightarrow \text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b', \\ & \text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_}b \rightarrow \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_}s, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_s} \rightarrow \text{АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b} \text{ и} \\ & \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_s} \rightarrow \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_s'} \end{aligned}$$

для любой b, b', s, s' , когда это допускается требованиями. Каждое ребро обозначено Пешком, и его вес означает время передвижения пешком.

4.2.4 Ограничения

[36] Затем добавляются вспомогательные вершины, позволяющие моделировать ограничение первого ожидания по маршруту. В одном варианте осуществления настоящего изобретения ожидание равно нулю, что позволяет смоделировать передвижение пешком субъекта поездки до остановки/станции достаточно заблаговременно, чтобы успеть на отправляющийся автобус/поезд метро, но не ранее. В другом варианте осуществления ожидание зависит от начального времени поездки, которое позволяет смоделировать начало поездки субъекта поездки в конкретный момент времени; например, выход из дома в 8 часов утра.

[37] Осуществляется объединение автобусных остановок и станций метро в кластеры (cluster) с учетом их географической близости. В одном варианте осуществления настоящего изобретения устанавливается радиус кластера до 2 метров. В другом варианте осуществления выбирается количество кластеров в зависимости от соотношения ресурса и качества, требуемого пользователем системы установления маршрутов движения. В другом варианте осуществления радиус кластера составляет 0 метров, и в этом случае кластеры представляют собой простые копии автобусных остановок и станций метро.

[38] Для каждого кластера добавляется вершина

$$\text{НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c}$$

и добавляются ребра, соединяющие кластер с его автобусами и поездами метро:

$$\text{НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c} \rightarrow$$

$$\text{АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_b_k_e} \text{ и}$$

$$\text{НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c} \rightarrow \text{МЕТРО_ИЗ_s}$$

при нахождении b_k или s в кластере c . Ребра обозначены ПервоеОжиданиеПосадки. В одном варианте осуществления настоящего изобретения вес ребра составляет 0. В другом варианте осуществления вес ребра является случайной величиной, обозначающей время ожидания транспортного средства (автобуса e или метро), зависящее от времени прибытия субъекта поездки в пункт вершины (автобусная остановка b_k или станция метро s). В другом варианте осуществления вес увеличен за счет времени передвижения пешком между c и b_k или s , например, при большом радиусе кластера.

[39] Следует отметить, что любой нетривиальный путь в графе из

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

пересечет точно один раз данное ребро ПервоеОжиданиеПосадки.

[40] Добавляются другие вспомогательные вершины. Осуществляется объединение в кластеры автобусных остановок и станций метро аналогичным способом, как и ранее, и для каждого кластера с добавляется вершина

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

и ребра

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b → *КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c*

и

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s → *КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c*

для каждого *b* и *s* при их нахождении в кластере *c*. Ребра обозначены Ноль и имеют вес 0. В другом варианте осуществления вес увеличивается за счет времени передвижения пешком, например, при большом радиусе кластера.

[41] Введение вершин

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

позволяет уменьшить размер графа при наличии многочисленных конечных пунктов маршрута. В другом варианте осуществления возможна замена указанных вершин прямыми ребрами из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b

и

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s

к конечному пункту в отношении любого *b* и *s*, когда это целесообразно.

[42] Построенный на данный момент граф позволяет смоделировать продолжительность поездки из

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c',

в отношении любого *c* и *c'* таким образом, чтобы обеспечивалась посадка в первый автобус и первый поезд метро без ожидания или с заданным временем ожидания, и после того, как субъект поездки высаживается из последовательности автобусов или метро, при этом при любой последующей поездке на транспорте требуется ожидание посадки.

4.2.5 Потенциальные ребра

[43] Далее добавляются вспомогательные вершины и ребра, отражающие сокращение продолжительности поездки за счет использования любого из нескольких видов

транспортных средств. Сокращение может быть обусловлено более коротким временем ожидания любого транспортного средства или более короткой поездкой на любом транспортном средстве.

[44] Время ожидания посадки на транспортное средство может быть смоделировано путем допущения того, что субъект поездки прибывает на остановку/станцию в произвольный момент времени ввиду стохастического характера транспортных средств, движение которых осуществляется не по строго фиксированному расписанию. При наличии двух последовательных ребер МногоПоездкиВысадка поездки на транспортном средстве по пути в графе ребра могли бы быть заменены одним ребром МногоПоездкиВысадка.

[45] Вводится *потенциальное ребро* (prospect edge), обобщающее (абстрагирующее) поездку между двумя пунктами с использованием одного из нескольких вариантов выбора (choices) транспортных средств. В одном варианте осуществления вес ребра является величиной ожидаемой *минимальной* (expected minimum) продолжительности поездки из числа вариантов выбора.

[46] В настоящем разделе два пункта, соединенные потенциальным ребром, расположены возле автобусных остановок. Тем не менее, это не является ограничением заявляемого нами способа. Следует отметить, что в последующем разделе приведено описание потенциального ребра, заканчивающегося в произвольном пункте, который может находиться на большом расстоянии от любой транспортной остановки. В целом потенциальное ребро может связывать две произвольные вершины в графе. Тем не менее, для ясности изложения заявки в настоящем разделе основное внимание уделено потенциальным ребрам вблизи транспортных остановок.

[47] Осуществляется объединение автобусных остановок и станций метро в кластеры с учетом их географической близости аналогичным способом, как и ранее. При наличии двух различных кластеров s и s' рассматривается любой маршрут перемещения от s до s' путем передвижения пешком с последующей поездкой на автобусе и последующим передвижением пешком, при этом любой из двух пеших маршрутов может иметь длину, составляющую 0. Например, на ФИГ. 3 проиллюстрирован случай передвижения пешком из s к вершине

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b,

и из этой вершины путь в графе, включающий автобусный маршрут e с ребрами ОжиданиеПосадки, ТажеПоездка и Высадка, заканчивающийся у вершины, и далее передвижение пешком из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b',

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b'

к c' . Пусть T является случайной величиной, означающей продолжительность поездки от c до c' , включая передвижение пешком от c до b и от b' до c' и поездку на автобусе от b до b' , смоделированную с учетом пути в графе. Указанная случайная величина является лишь суммой случайных величин ребер графа вдоль пути, плюс случайные величины двух передвижений пешком вперед и обратно. Ее распределение может быть установлено исходя из распределений составляющих. В одном варианте осуществления случайные величины обусловлены временем отправления от c .

[48] В одном варианте осуществления настоящего изобретения указанная случайная величина T равномерно распределена по интервалу $[x, y]$, где концы интервала (interval) представляют собой

$$\begin{aligned} x &= (\text{минимальное время передвижения пешком от } c \text{ до } b) \\ &+ (\text{сумму ожидаемой продолжительности } T_{\text{ажеПоездка по ребрам пути}}) \\ &+ (\text{минимальное время передвижения пешком от } b' \text{ до } c'), \text{ и} \\ y &= x + 2 \cdot (\text{ожидаемую продолжительность } T_{\text{ожиданиеПосадки}}). \end{aligned}$$

В другом варианте осуществления концы скорректированы кратностью стандартного отклонения случайных величин. В другом варианте осуществления рассматриваются c, b, b', c' только в том случае, если время передвижения пешком от c до b и от b' до c' большей частью является фиксированным интервалом времени, составляющим, например, один час. В другом варианте осуществления любое из передвижений пешком может иметь нулевую длину (опциональное передвижение пешком). В другом варианте осуществления требуется кратчайшее время передвижения пешком от c до b , либо от b' до c' . В другом варианте осуществления передвижения пешком могут быть представлены вариантами осуществления, как в Разделе 4.2.3. В другом варианте осуществления случайная величина T является неравномерно распределенной. В другом варианте осуществления случайная величина T обусловлена временем прибытия субъекта поездки в пункт c .

[49] Для фиксированного автобусного маршрута e могут иметься многочисленные варианты поездки от c до c' , поскольку субъект поездки может сесть в автобус/выйти из автобуса на различных автобусных остановках данного автобусного маршрута и передвигаться пешком остальную часть пути. Например, ФИГ. 4 детализирует ФИГ. 3, иллюстрируя альтернативную поездку: до одной следующей остановки

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b''

увеличивающей общую продолжительность поездки, но при этом сокращающей общее время передвижения пешком. В одном варианте осуществления настоящего изобретения из числа указанных вариантов выбора берется случайная величина T , которая имеет

минимальное ожидание. Обозначим указанную величину $T_{c,c',e}$. Указанная величина является фиксированной случайной величиной для автобусного маршрута e и начального и конечного кластеров c и c' . Случайная величина обозначает кратчайшую продолжительность поездки для перемещения от c до c' по автобусному маршруту e стохастически. В одном варианте осуществления настоящего изобретения при равномерном распределении кандидатов для $T_{c,c',e}$ по интервалам кандидат с минимальным ожиданием является лишь кандидатом с медианным минимальным значением своего интервала. В другом варианте осуществления используется одна случайная величина для каждого из многочисленных временных окон, например, с целью определения более высокой частотности движения автобусного маршрута в часы пик, а также более высокой интенсивности дорожного движения. В другом варианте осуществления случайная величина обусловлена временем прибытия субъекта поездки в пункт c .

[50] Рассмотрим все автобусные маршруты от e_1 до e_n включительно, которые обеспечивают транспортировку субъекта поездки от c до c' . Следует отметить, что составляющие передвижения пешком и автобусных остановок могут различаться. Например, на ФИГ. 5 представлены два автобусных маршрута e_1 и e_2 , при этом на каждом из них используются различные автобусные остановки и каждый из них характеризуется различным временем передвижения пешком. Пусть T_{c,c',e_1} до T_{c,c',e_n} включительно являются соответствующими случайными величинами кратчайшей продолжительности поездки, как определено выше.

[51] Можно рассчитать ожидаемый минимум (expected minimum) случайных величин $E[\min_{1 \leq i \leq n} T_{c,c',e_i}]$. Указанное ожидание обеспечивает моделирование продолжительности поездки в зависимости от того, «какой из автобусов довезет меня до места назначения быстрее». В одном варианте осуществления настоящего изобретения случайные величины различных автобусных маршрутов являются независимыми (independent). То есть, T_{c,c',e_i} независима от T_{c,c',e_j} в отношении любого из двух различных автобусных маршрутов e_i и e_j . В другом варианте осуществления случайные величины являются независимыми и равномерно распределены по общему интервалу $[x, y]$. В этом случае ожидаемый минимум составляет $(y + n \cdot x)/(n + 1)$. В другом варианте осуществления рассчитывается ожидание с помощью математической формулы, приближённого интегрирования, произвольной выборки, либо другого аппроксимирующего алгоритма, либо эвристического алгоритма для ожидаемого минимума. При использовании аппроксимирующего алгоритма заявляемый нами способ в дальнейшем не обеспечивает

разработку оптимальных маршрутов, а напротив, обеспечивает разработку приблизительно оптимальных маршрутов.

[52] Перейдем к рассмотрению способа включения метро в расчеты ожидаемой минимальной продолжительности поездки. Как и в случае с автобусами, пусть $T_{c,c',s,s'}$ является случайной величиной кратчайшей продолжительности поездки от c до c' с использованием передвижений пешком и поездок на метро. Как проиллюстрировано на ФИГ. 6, в схему включено передвижение пешком от c до s , путь в графе

$$\begin{aligned} & \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_}s \\ & \rightarrow \text{МЕТРО_ИЗ_ДО_}s_s' \\ & \rightarrow \text{СТАНЦИЯ_МЕТРО_}s', \end{aligned}$$

и передвижение пешком от s' до c' . Распределение указанной случайной величины может быть установлено исходя из распределений составляющих. В одном варианте осуществления настоящего изобретения случайная величина обусловлена временем отправления от c .

[53] В одном варианте осуществления настоящего изобретения $T_{c,c',s,s'}$ равномерно распределена по интервалу $[x, y]$, где концы интервала представляет собой

$$\begin{aligned} x = & (\text{минимальное время передвижения пешком от } c \text{ до } s) \\ & + (\text{ожидаемую продолжительность МногоПоездкиВысадка на пути в графе}) \\ & + (\text{минимальное время передвижения пешком от } s' \text{ до } c'), \text{ и} \\ y = & x + 2 \cdot (\text{ожидаемую длительность ОжиданиеПосадки на пути в графе}). \end{aligned}$$

В другом варианте осуществления концы скорректированы кратностью стандартного отклонения случайных величин. В другом варианте осуществления ограничивается время передвижения пешком от c до s и от s' до c' большей частью фиксированным интервалом времени, составляющим, например, один час. В другом варианте осуществления любое из передвижений пешком может иметь нулевую длину (опциональное передвижение пешком). В другом варианте осуществления требуется кратчайшее время передвижения пешком от c до s , либо от s' до c' . В другом варианте осуществления передвижения пешком могут быть представлены вариантами осуществления, как в Разделе 4.2.3. В другом варианте осуществления случайная величина $T_{c,c',s,s'}$ является неравномерно распределенной. В другом варианте осуществления случайная величина $T_{c,c',s,s'}$ обусловлена временем прибытия субъекта поездки в пункт c . В другом варианте осуществления используется случайная величина для каждого из многочисленных временных окон.

[54] Сложность возникает в том, что случайные величины метро являются попарно зависимыми ввиду того, что они получены на основе строго соблюдаемых графиков

движения поездов метро. Этот фактор может усложнить расчет ожидаемой минимальной продолжительности поездки от c до c' .

[55] Рассмотрим все поездки на метро, обеспечивающие транспортировку субъекта поездки от c до c' и пусть $s_1, s'_1, \dots, s_m, s'_m$ являются m посадкой и высадкой на станциях метро с соответствующими случайными величинами T_{c,c',s_1,s'_1} вплоть до T_{c,c',s_m,s'_m} .

[56] В одном варианте осуществления настоящего изобретения любая случайная величина метро вместе со всеми случайными величинами автобусных маршрутов являются независимыми. В этом случае обеспечивается расчет минимальной ожидаемой продолжительности поездки для автобуса и метро в качестве минимума ожидаемых минимумов, добавляя каждый раз одну поездку в метро к пулу автобусных поездок, и при этом можно обозначить продолжительность поездки $P(c, c')$, как в нижеприведенном уравнении:

$$P(c, c') = \min_{1 \leq j \leq m} E \left[\min \left(T_{c,c',s_j,s'_j}, T_{c,c',e_1}, \dots, T_{c,c',e_n} \right) \right]. \quad (1)$$

$P(c, c')$ называется *предполагаемая поездка* (prospect travel), поскольку она является поездкой от c до c' , включающей любой из нескольких разнообразных видов транспорта, *оппортунистически*. Авторы называют $m + n$ составляющие случайные величины T_{c,c',s_j,s'_j} и T_{c,c',e_i} *вариантами выбора* (choices).

[57] В одном варианте осуществления настоящего изобретения случайная величина T_{c,c',e_i} является равномерно распределенной по всему интервалу, такой же является величина T_{c,c',s_j,s'_j} . В этом случае рассчитывается ожидаемый минимум $E[\min T_i]$ для определенного числа T_i , при этом каждое из них является равномерно распределенным по всему интервалу $[x_i, y_i]$.

[58] Например, на ФИГ. 7 представлена поездка от c до c' , включающая три варианта выбора:

- автобусный маршрут e' с ожиданием, равномерно распределенным по $[0,900]$, и передвижение пешком & поездка 1700,
- автобусный маршрут e'' с ожиданием, однородно распределенным по $[0,3600]$, и передвижение пешком & поездка 1000,
- метро с ожиданием, равномерно распределенным по $[0,300]$ и передвижение пешком & поездка 2200.

В этом случае минимальная ожидаемая продолжительность поездки составляет $2150 = \min\{2150, 2800, 2350\}$, что не отражает сокращение продолжительности поездки видом транспорта «в зависимости от того, какой из них является более скоростным». Тем не менее, ожидаемый минимум ниже: $P(c, c') = 1933$.

[59] В другом примере на ФИГ. 8 проиллюстрированы распределение вероятностей, зависящих от времени прибытия субъекта поездки в с (начальная вершина потенциального ребра). Имеются два варианта выбора перемещения от с до с', первый вариант – автобусом и второй вариант – на метро. Каждый вариант выбора характеризуется своими собственными распределениями условных вероятностей в отношении ожидания, передвижений пешком и поездки.

[60] Наблюдается увеличение продолжительности, обусловленное предполагаемой поездкой, если значение $P(c, c')$ менее минимума ожиданий

$$\min \left(\min_{1 \leq j \leq m} E[T_{c, c', s_j, s'_j}], \min_{1 \leq i \leq n} E[T_{c, c', e_i}] \right).$$

В этом случае к графу добавляются: вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_с

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_с',

и ребро

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_с →

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_с',

обозначенное СреднийМинимумПешкомОжиданиеПоездкаПешком, с весом $P(c, c')$. Также добавляются ребра из автобусных остановок и станций метро кластера с к вершине

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_с,

и ребра из вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_с'

к автобусным остановкам и станциям метро в кластере с'; указанные ребра обозначены Ноль и имеют нулевой вес. В одном варианте осуществления настоящего изобретения добавляется потенциальное ребро только в том случае, если его вес $P(c, c')$ приводит к увеличению, превышающему пороговое значение, например, по меньшей мере, на 10 секунд.

[61] Следует отметить, что в соответствии с заявляемым способом не требуется, чтобы субъект поездки сел в первый прибывший транспорт из вариантов выбора транспортных средств лишь просто потому, что последующий вариант выбора транспорта, даже несмотря на более продолжительное время его ожидания, может быстрее прибыть в пункт назначения (сравните, например, автобус-экспресс и обычный автобус). В соответствии с заявляемым способом даже нет необходимости садиться в автобус на одной и той же остановке/станции, т.к. субъект поездки может пройти пешком до другой остановки/станции, например, предполагая, что экспрессный поезд может отправиться с этой станции.

Определение 1

[062] В одном варианте осуществления настоящего изобретения предполагаемая поездка определяется следующими терминами:

- два любых пункта s и s' ,
- любое количество $k \geq 2$ случайных величин $T_1, \dots, T_k$, при этом каждая означает продолжительность поездки от s до s' ,
- случайные величины (k) являются независимыми, зависимыми, либо произвольно коррелируемыми,
- любая из k случайных величин может быть обусловлена временем A прибытия субъекта поездки в пункт s ; время A может быть случайной величиной.

Продолжительность предполагаемой поездки является минимумом $\min(T_1, \dots, T_k)$, который, сам по себе является случайной величиной. Вес потенциального ребра является ожидаемой величиной указанного минимума $P(s, s') = E[\min(T_1, \dots, T_k)]$.

[63] В другом варианте осуществления случайная величина T_i равномерно распределена по интервалу. В одном варианте осуществления настоящего изобретения случайная величина T_i обусловлена временем прибытия в s , которое находится в пределах конкретного временного окна, либо обусловлена распределением вероятностей времени прибытия в s .

[64] В одном варианте осуществления настоящего изобретения для определения случайных величин $T_1, \dots, T_k$ определяется список остановок транспорта вблизи s и время передвижения пешком до указанных остановок от s , и список остановок транспорта возле s' , и время передвижения пешком от указанных остановок до s' , и далее для каждой пары остановок транспорта в двух списках определяется случайная величина продолжительности поездки.

[65] В одном варианте осуществления настоящего изобретения рассчитываются различные статистические характеристики случайных величин $\min(T_1, \dots, T_k)$. Одна характеристика является уже вышеупомянутой ожидаемой величиной. Кроме того, рассчитывается распределение масс, которое может быть использовано для определения времени прибытия, которое может быть достигнуто с удельной вероятностью. С целью расчета указанных статистических характеристик использовался ряд методов, включающих выборку, замкнутую формулу, приближённое интегрирование и иной аппроксимирующий алгоритм или эвристический алгоритм.

[66] В одном варианте осуществления настоящего изобретения проводится предварительный расчет компонента предполагаемой поездки и его сохранение таким образом, чтобы при необходимости определения предполагаемой поездки можно было бы извлечь компонент из запоминающего устройства и избежать проведение расчета

компонента с нуля. Примеры таких компонентов включают: случайные величины продолжительности поездки между двумя остановками транспорта; ожидаемый минимум двух или более случайных величин продолжительности поездки; распределение вероятностей минимума, по меньшей мере, двух случайных величин продолжительности поездки; или путь или продолжительность поездки между двумя остановками транспорта.

[67] До настоящего момента было определено, каким образом проводить расчет потенциального ребра для заданных s и s' . Указанное определение применимо ко всем парам различных s и s' и позволяет определить, какие предполагаемые кластеры соединены и какие не соединены потенциальным ребром и какой вес указанного ребра.

[68] В одном варианте осуществления настоящего изобретения вместо рассмотрения квадратического ряда пар s и s' выполняется обход графа. В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется «прямой» обход из вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_s,

для каждого s , в направлении каждой вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_{s'},

которая является достижимой путем передвижения пешком - поездки автобусом/поездки на метро - передвижения пешком. При выполнении указанного обхода определяются пути в графе, ведущие к

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_{s'},

для каждого s' . После того, как были определены все такие пути для конкретного s' , проводился расчет всех вариантов выбора между

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_s

и

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_{s'},

и, таким образом, обеспечивалось проведение расчета ожидаемого минимума указанных вариантов выбора (см. ФИГ. 9 в качестве дополнительного примера). Ввиду ограничения исследования исключительно достижимыми частями графа зачастую можно более эффективно рассчитать потенциальные ребра. В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется симметричный способ «обратного» обхода из вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_{s'}

для каждого s' , в обратном направлении к каждой вершине

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_s,

являющейся достижимой с помощью «обратного» пути - передвижение пешком-поездка на автобусе/поездка на метро-передвижение пешком.

[69] На ФИГ. 9 проиллюстрирован вариант осуществления способа добавления потенциальных ребер к графу G_0 в том случае, если любое время ожидания равномерно распределено по интервалу $[0, 2 \cdot \text{ОжиданиеПосадки}]$ для соответствующего ребра, и если продолжительность поездки является детерминированной.

4.3 Расширения графа G_0

[70] Приводится описание расширения графа G_0 . Каждое расширение является подходящим для конкретного типа запросов на установление маршрутов движения.

4.3.1 Предварительно известные начальные вершины

[71] В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения заранее известно начальное местоположение (начальные вершины) исходя из запросов на установление маршрутов движения. Например, предположим, что имеется заинтересованность в поиске оптимального маршрута из каждого ресторана в крупном городе, и места расположения ресторанов известны. Это может быть достигнуто с помощью расширенного графа G_0 .

[72] В одном варианте осуществления настоящего изобретения для каждой такой начальной вершины s добавляется вершина

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s.

См. ФИГ. 10 для иллюстрации. В одном варианте осуществления добавляется ребро из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к любому кластеру автобусной остановки и станции метро

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

в графе G_0 . Ребро обозначено Пешком, и его вес означает время передвижения пешком. В другом варианте осуществления используется кратчайшее по времени передвижение пешком с продолжительностью, являющейся в основном пороговым значением, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3.

[73] Результирующий граф обозначен через G_1 (он включает G_0). G_1 может быть использован для расчета кратчайших путей из любой

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к любой

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения некоторые пути предварительно рассчитываются, сохраняются в запоминающем устройстве и извлекаются из ЗУ при осуществлении запроса.

[74] В другом варианте осуществления используется симметричный способ в том случае, если конечные вершины известны заранее: для каждой конечной вершины t добавляется вершина

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,

и добавляется ребро из любой

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к любой

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,

обозначенной Пешком. Полученный граф обозначен через $G1'$.

4.3.2 Предварительно известные конечные вершины

[75] В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения конечные пункты исходя из запросов на установление маршрутов движения известны заранее, в результате чего осуществляется расширение $G0$ потенциальными ребрами к конечным вершинам.

[76] Для каждой конечной вершины t добавляется вершина

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

См. ФИГ. 11 для иллюстрации. В одном варианте осуществления добавляется ребро из любого кластера автобусной остановки и станции метро

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

в графе $G0$ к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

Ребро обозначено Пешком, и его вес означает время передвижения пешком. В другом варианте осуществления используется кратчайшее по времени передвижение пешком с продолжительностью, являющейся в основном пороговым значением, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3.

[77] Добавляются потенциальные ребра в соответствии со способом, аналогичным способу в Разделе 4.2.5. В частности, в отношении любого

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

и

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t

определяются все пути от c до t двух типов:

(1) поездка на автобусе с передвижением пешком: передвижение пешком от c до b , путь в графе

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b

→ *АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_b_i_e*

→ *АВТОБУС_НА_АВТОБУСНОЙ_ОСТАНОВКЕ_b'_j_e*

→ *АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b'*

→ *КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c''*

→ *КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,*

(2) поездка на метро с передвижением пешком: передвижение пешком от c до s' , путь в графе

$СТАНЦИЯ_МЕТРО_s'$
 $\rightarrow МЕТРО_ИЗ_ДО_s'_s''$
 $\rightarrow СТАНЦИЯ_МЕТРО_s''$
 $\rightarrow КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c'$
 $\rightarrow КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.$

В другом варианте осуществления используется кратчайшее по времени передвижение пешком с продолжительностью, являющейся в основном пороговым значением, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3. Определяются случайные величины продолжительности поездки вдоль каждого пути, как и в Разделе 4.2.5.

[78] В одном варианте осуществления настоящего изобретения допускается, что тип (1) являются независимыми случайными величинами, и тип (2) - зависимыми. И далее рассчитывается ожидаемая минимальная продолжительность поездки путем рассмотрения пула всех случайных величин типа (1) (соответствующим образом удаляя дублирование повторяющихся автобусных маршрутов), добавляя к пулу по одной случайной величине типа (2), как это представлено в уравнении 1 для $P(c, c')$. В другом варианте осуществления используется Определение 1 предполагаемой поездки. Оно определяет $P(c, t)$, называемое предполагаемой поездкой от c до t .

[79] При увеличении продолжительности поездки, превышающей минимум ожиданий, добавляется ребро из

$ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c$

к

$КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,$

обозначенное СреднийМинимумПешкомОжиданиеПоездкаПешком, с весом $P(c, t)$. Используются варианты осуществления, аналогичные вариантам, используемым для ребра из

$ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c$

к

$ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_c',$

определенного выше.

[80] В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется «прямой» или «обратный» обход графа, как описано в Разделе 4.2.5 для ускорения расчета потенциальных ребер между

$ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c$

и

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,

для всех s и t . В другом варианте осуществления указанный обход может стать частью обхода при расчете потенциальных ребер в G_0 .

[81] Результирующий граф обозначен через G_2 (он включает G_0). G_2 может быть использован для расчета кратчайших путей из любой

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к любой

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения некоторые пути предварительно рассчитываются, сохраняются в запоминающем устройстве и извлекаются из ЗУ при осуществлении запроса.

[82] В другом варианте осуществления используется симметричный способ при заранее известных начальных вершинах: для каждой начальной вершины s добавляется вершина

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s,

и рассчитывается потенциальное ребро из любой

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к любой

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_c.

Результирующий граф обозначен через G_2' .

4.3.3 Начальная вершина указана при осуществлении запроса, конечные вершины известны

[83] В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения конечные пункты известны заранее из запросов на установление маршрутов движения, но начальная вершина указывается только при осуществлении запроса.

[84] В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется граф G_2 из Раздела 4.3.2 для расчета поездки по кратчайшему маршруту.

[85] При осуществлении запроса (s, t) определяется передвижение пешком от пункта s к каждой

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения используется кратчайшее по времени передвижение пешком с продолжительностью, представляющей собой в основном пороговое значение, тем самым обеспечивая составление списка остановок транспорта возле исходного пункта, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3. Также определяется продолжительность поездки по кратчайшему пути из

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t

в графе G2. В одном варианте осуществления настоящего изобретения предварительно рассчитывается продолжительность кратчайшего пути из каждой

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к каждой

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,

и результаты сохраняются в ЗУ. Указанные результаты извлекаются из ЗУ при осуществлении запроса. В другом варианте осуществления используется алгоритм нахождения кратчайшего пути на графе в G2 для расчета продолжительности при осуществлении запроса.

[86] Подбирается кластер s , минимизирующий сумму продолжительностей по времени передвижения пешком от s до c и продолжительностей поездки от c до t . Указанный минимум представляет собой наименьшую продолжительность поездки от s до t .

[87] В другом варианте осуществления используется симметричный способ, при котором конечная вершина указывается только при осуществлении запроса. Далее, вместо составления списка остановок транспорта возле начального пункта (начальной вершины) составляется список остановок транспорта возле конечного пункта (конечной вершины).

[88] В другом варианте осуществления вместо использования графа G2 используется граф G1'.

4.3.4 Конечная вершина указана при осуществлении запроса, начальные вершины известны

[89] В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения начальные пункты известны заранее из запросов на установление маршрутов движения, однако конечная вершина указывается только при осуществлении запроса.

[90] В одном варианте осуществления настоящего изобретения граф G1 из Раздела 4.3.1 используют для расчета поездки по кратчайшему маршруту. Тем не менее, существует необходимость в расчете потенциальных ребер к конечной вершине. Указанный расчет является более сложным, чем в Разделе 4.3.2, поскольку конечная вершина заранее не известна.

[91] Напомним, каким образом варианты выбора были рассчитаны для каждого потенциального ребра в G0. Для каждого кластера s и c' , пусть *варианты выбора* (s, c') являются указанными вариантами выбора, использовавшимися для расчета $P(s, c')$ для ребра из

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

к

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_c'

в G_0 . Возможно, что *варианты выбора* (c, c') включают лишь один вариант выбора (например, одна поездка на автобусе, либо одна поездка на метро). *Варианты выбора* (c, c') определены, даже если потенциальное ребро не было добавлено в G_0 ввиду отсутствия значительного приращения.

[92] Пусть осуществленный запрос будет (s, t) , в отношении начальной вершины

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

в графе G_1 и в произвольном пункте конечной вершины t , который может быть не представлен в графе.

[93] Кратчайший путь от s до t может предусматривать поездку исключительно на автобусе или на метро. В этом случае нет необходимости рассматривать потенциальные ребра. Берется граф G_1 и осуществляется его дальнейшее расширение. Добавляется вершина

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t

и ребра из

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c,

в отношении любого $c \in K$

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t

Каждое из указанных ребер обозначено Пешком, и его вес является временем передвижения пешком. В одном варианте осуществления настоящего изобретения любое ребро означает кратчайшее время передвижения пешком, являющееся в большинстве случаев пороговым значением, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3. Рассчитывается кратчайший путь из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t

в результирующем графе, и длина пути обозначена $A(s, t)$. Указанная длина является кандидатом для кратчайшей продолжительности поездки от s до t .

[94] Существует другой кандидат. Также существует вероятность того, что кратчайший путь предусматривает большее количество транспортных средств. В этом случае имеется предпоследняя остановка/станция вдоль пути. Чтобы охватить этот случай, рассчитываются потенциальные ребра к t . Способ проиллюстрирован на ФИГ. 12. Для

упрощения иллюстрации на рисунке отображены отдельные предполагаемые кластеры (в каждом имеется только одна автобусная остановка, либо только одна станция метро).

[95] Расчет потенциальных ребер к t начинается с графа $G1$. Нумеруются участки поездки от s до t , заканчивающейся на предпоследней остановке/станции. В частности, определяется кратчайшая продолжительность поездки из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c,

для каждого c . Указанная кратчайшая продолжительность обозначена символом *кратчайший* ($s \rightarrow c$). Например, на ФИГ. 12 значение 900 на ребре из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s1

означает кратчайшую продолжительность поездки из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

к

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_s1.

Следует отметить, что указанная поездка может проходить по потенциальному ребру в графе $G1$. В одном варианте осуществления настоящего изобретения указанная продолжительность может быть предварительно рассчитана и сохранена в ЗУ до осуществления запросов и может быть извлечена из ЗУ по запросу.

[96] Определяется, каким образом может продолжаться поездка от каждой предпоследней остановки/станции до конечной вершины t , используя потенциальные ребра и передвижения пешком. Для каждого

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

определяются варианты выбора перемещения от c до t , вначале следуя до промежуточной

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_c',

называемой *вариантами выбора* (c, c') и затем передвигаясь пешком от c' до t . В одном варианте осуществления настоящего изобретения рассматриваются только кратчайший пешие маршруты от c' до t с продолжительностью, являющейся в основном пороговым значением, либо в других вариантах осуществления, как в Разделе 4.2.3. Например, на ФИГ. 12 *варианты выбора* (b_1, b_0) отображены на ребре из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b1

к

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b0

— имеются два варианта выбора: автобусный маршрут e'' со временем ожидания, равномерно распределенным по $[0,900]$ и продолжительностью поездки 1600 и автобусный маршрут e''' со временем ожидания, равномерно распределенным по $[0,3600]$ и продолжительностью поездки 1000. Требуется 240 для продолжения передвижения пешком из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b0

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

[97] Поскольку субъект поездки, находящейся в s , может выбрать любой s' в качестве продолжения осуществляется комбинирование в t вариантов выбора по всему s' . Указанная комбинация формирует варианты выбора для поездки от s до t . Например, на ФИГ. 12 представлено другое ребро из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b1;

данное ребро направлено к

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b2.

Варианты выбора (b_1, b_2) , отображенные на указанном ребре, имеют только один выбор: автобусный маршрут e' со временем ожидания, равномерно распределенным по $[0,300]$ и временем поездки 900. Требуется 500 для продолжения передвижения пешком из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b2

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

Комбинация *вариантов выбора* (b_1, b_0) с *вариантами выбора* (b_1, b_2) позволяет получить три варианта выбора (автобусные маршруты e' , e'' и e'''). Они являются вариантами выбора перемещения из

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b1

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t.

Ожидаемое минимальное время поездки с использованием указанных вариантов выбора составляет 2636.

[98] Необходимо исключить дублирующие поездки автобусом по одному и тому же автобусному маршруту, как в Разделе 4.2.5. Например, на ФИГ. 12 субъект поездки может отправиться из

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s1,

используя тот же автобусный маршрут e'' , но следующий до двух различных пунктов:

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b2

и

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s0.

В отношении любого автобусного маршрута в с сохраняется только вариант выбора для указанного автобусного маршрута, имеющего наикратчайшую ожидаемую продолжительность поездки от с до t (следует исключить любой другой вариант выбора для указанного автобусного маршрута в с). Например, на ФИГ. 12 исключается вариант выбора до

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s0,

поскольку он имеет более высокое ожидание. Рассчитывается ожидаемая минимальная продолжительность поездки $P(c,t)$ из числа остальных вариантов выбора аналогично тому, как рассчитывалась $P(c,c')$ в Разделе 4.2.5.

[99] Кратчайший путь может проходить через любой из с, поэтому рассчитывается минимум в пределах с, и он обозначается $B(s, t)$

$$B(s, t) = \min_c \{ \text{кратчайший } (s \rightarrow c) + P(c, t) \}.$$

Например, на ФИГ. 12 минимум $B(\text{НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ}_s, \text{КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ}_t) = 2445$, являющийся $\min\{2636, 2445\}$, т.к. он является более предпочтительным для субъекта поездки до предпоследней

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s1,

чем до предпоследней

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b1.

[100] Указанное количество означает кратчайшую продолжительность поездки от s до t, включающей предпоследнее транспортное средство. $B(s, t)$ является другим кандидатом для кратчайшей продолжительности поездки от s до t.

[101] Наконец, ответ на запрос является минимумом двух кандидатов: $\min\{A(s,t), B(s,t)\}$.

[102] Например, на ФИГ. 12 ответ на запрос по-прежнему составляет 2445, поскольку невозможно сократить поездку, пользуясь только одним транспортным средством, перемещающимся из

НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ_s

через

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b0

к

КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ_t,

поскольку указанная продолжительность поездки составляет $A(\text{НАЧАЛЬНЫЙ_ПУНКТ}_s, \text{КОНЕЧНЫЙ_ПУНКТ}_t) = 3000 + 240$.

[103] В другом варианте осуществления вместо графа G1 используется граф G2'.

[104] В другом варианте осуществления используется симметричный способ, с помощью которого рассчитываются потенциальные ребра от начальной вершины в том случае, если начальная вершина указывается только при осуществлении запроса. Затем, вместо рассмотрения предпоследней и последней остановок до прибытия к конечной вершине рассматривается первая и вторая остановки после отправления из начальной вершины.

4.3.5 Начальная вершина и конечная вершина указаны в момент осуществления запроса

[105] В том случае, если как начальная вершина, так и конечная вершина запроса предварительно не известны, осуществляется выбор и комбинирование способов, приведенных в предыдущих Разделах. В одном варианте осуществления определяются передвижения пешком из местоположения начальных вершин пути s к

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c,

для каждого c , и затем поездка из

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к конечной вершине t (включая предпоследние варианты выбора, либо нет). Дается ответ с минимальной суммой, выбранной в пределах s . В одном варианте осуществления используется кратчайший пеший маршрут, время которого является по большей части пороговым значением, либо в иных вариантах осуществления, как и в Разделе 4.2.3.

4.4 Варианты

[106] Специалистам в данной области техники очевидно, что в изобретение могут быть внесены многочисленные изменения и дополнения, не выходящие за пределы объема и существа вариантов осуществления настоящего изобретения. Ниже представлено несколько вариантов в иллюстративных целях.

[107] В одном варианте осуществления используется более обобщенное понятие потенциального ребра. В том случае, если поездка предусматривает использование многообразных видов транспортных средств и ожидания, поиск кратчайшего пути в графе может проходить по многочисленным потенциальным ребрам, и указанные потенциальные ребра вдоль пути вместе обобщают последовательность более одного ожидания и более одной поездки. С целью определения указанного множества в одном варианте осуществления используется более обобщенное понятие потенциального ребра с глубиной- d , обобщающего последовательность главным образом d waits&rides (передвижений пешком и поездок). Например, путь s – *передвижение пешком*₁ – *ожидание*₁ – *автобус*₁ – *передвижение пешком*₂ – *ожидание*₂ – *автобус*₂ – *передвижение пешком*₃ – s' мог бы быть абстрагирован как потенциальное ребро s

глубиной-2 от s до s' . В одном варианте осуществления к нашим графам добавляются потенциальные ребра с глубиной- d для d , превышающем 1.

[108] В одном варианте осуществления заявляемый нами способ обеспечивает построение маршрутов с учетом времени отправления. Например, рассмотрим случай, в котором субъект поездки желает отправиться в поездку в 8 часов утра во вторник. В данном случае в запросе по определению маршрута указывается время отправления дополнительно к пунктам начальной вершины и конечной вершины. В одном варианте осуществления начальной вершиной является

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_s,

и конечной вершиной -

КОНЕЧНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_t.

Осуществляется модификация графа G_0 , см. ФИГ. 1. Ввиду того, что даже первая поездка может предусматривать ожидание, удалены ребра ПервоеОжиданиеПосадки и вершины

МЕТРО_ИЗ_s,

но добавлены ребра из каждой

НАЧАЛЬНАЯ_ОСТАНОВКА_СТАНЦИЯ_КЛАСТЕРА_c

к

АВТОБУСНАЯ_ОСТАНОВКА_b

и

СТАНЦИЯ_МЕТРО_s,

в отношении любого b и s в кластере c . В одном варианте осуществления принимается алгоритм Дейкстры для поиска кратчайших путей с целью использования потенциальных ребер: в отношении каждой вершины

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

авторы сохраняют наименьшее известное ожидаемое время прибытия субъекта поездки к вершине и используют указанное время для обуславливания случайных величин времени ожидания, передвижения пешком и поездки с целью расчета потенциальных ребер для каждой

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_c'.

Используя таким образом рассчитанные веса ребер, осуществляется обновление данных о кратчайшем известном ожидаемом времени прибытия к

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c'.

В другом варианте осуществления вместо сохранения или обновления данных о наименьшем известном ожидаемом времени прибытия к каждой

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

или к каждой

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_КОНЕЧНЫЙ_КЛАСТЕР_с,

сохраняется или обновляется распределение вероятностей времени прибытия. В другом варианте осуществления аналогичным образом выбираются и используются другие алгоритмы поиска кратчайших путей, например, алгоритм поиска A^* (А звезда). В другом варианте осуществления, например, при времени отправления «сейчас/скоро», условные случайные величины рассчитываются с использованием состояния транспортной системы во время запроса с целью обеспечения более точных распределений времени ожидания и продолжительности поездки.

[109] В одном варианте осуществления настоящего изобретения заявляемый авторами способ обеспечивает построение маршрутов с учетом фиксированного времени прибытия. Например, рассмотрим случай, в котором субъект поездки желает прибыть к концу пути (конечной вершине) до 9 часов утра во вторник. Это эквивалентно отправлению из конца пути (конечной вершины) в 9 часов утра, однако возвращаясь при этом во времени и пространстве. Это может быть просто обобщено путем надлежащим образом обратного построения любого из графов (поездка на автобусах и метро в обратном времени и пространстве).

[110] В одном варианте осуществления определяется предполагаемая поездка, отвечающая требуемой вероятности p прибытия до намеченного времени. При рассмотрении потенциального ребра от c до c' используется случайная величина A , обозначающая время прибытия субъекта поездки в c . Далее, при заданном k случайных величин $T_1, \dots, T_k$ продолжительности поездки от c до c' , используя варианты выбора, определяется распределение времени прибытия в c' с использованием предполагаемой поездки, $\min(A + T_1, \dots, A + T_k)$. Далее определяется, до какого момента времени t указанное распределение имеет массу, являющуюся требуемой вероятностью p .

[111] В одном варианте осуществления содержится информация о транспортных средствах вдоль кратчайшего пути, либо о моментах времени прибытия/отправления в отношении каждого пункта вдоль пути. Указанная информация может быть просто считана с пути в графе и в вариантах выбора потенциальных ребер вдоль пути.

[112] В одном варианте осуществления настоящего изобретения содержатся ответы на запросы об установлении маршрута движения на компьютерных устройствах с ограниченными возможностями запоминающего устройства и ограниченной связью с внутренним сервером. Например, ответы на запросы могут быть направлены на мобильный телефон пользователя, уделяющего внимание вопросу конфиденциальности. В

этом случае используется соответственно небольшое количество кластеров в графе G0. Аналогичные способы могут быть использованы в других графах.

[113] В одном варианте осуществления настоящего изобретения предъявляются требования к ответу относительно установления маршрута движения, включая максимальное время передвижения пешком, максимальное количество пересадок, максимальное время ожидания, ограничение на конкретные виды транспортных средств (например, на использование исключительно экспресс-автобуса и метро). Настоящее изобретение обеспечивает реализацию указанных требований путем соответствующей модификации графов и алгоритма кратчайших путей на графе.

[114] В одном варианте осуществления настоящего изобретения заявляемый нами способ применим к несовершенному графу. Например, вес ребра ОжиданиеПосадки мог бы неточно отражать предполагаемое время ожидания в отношении метро, возможно, ввиду неточной оценки времени ожидания, либо могли бы иметься вершины и ребра в отношении автобуса, отсутствующего в крупном городе, вероятно, по той причине, что автобусный маршрут был просто отменен городскими властями, в то время как заявляемый нами способ пока еще не позволял заметить отмену, либо была проведена выборка ожидания минимума вариантов выбора с большой ошибкой, либо была использована приблизительная математическая формула/алгоритм. Имеется лишь несколько неисчерпывающих примеров несовершенства. В любом случае заявляемый нами способ так или иначе может быть применим. Указанный способ просто приведет к составлению маршрутов с некоторой ошибкой.

[115] В одном варианте осуществления настоящего изобретения убраны ненужные вершины и ребра из графа. Например, обеспечивалось схлопывание (стягивание) «транзитных» вершин

МЕТРО_СРЕДНИЙ_МИНИМУМ_ИЗ_ДО_s'_s''

в G0 путем слияния входящего ребра и выходящего ребра.

[116] В одном варианте осуществления настоящего изобретения этапы заявляемого нами способа применяются в ином порядке. Например, при построении графа G0 можно инвертировать порядок, описание которого приведено в Разделах 4.2.1 и 4.2.2: сначала добавляются вершины и ребра транспортных средств, движение которых осуществляется не по строго фиксированному расписанию, и затем вершины и ребра транспортных средств, движение которых осуществляется по строго фиксированному расписанию.

[117] В одном варианте осуществления настоящего изобретения проводится параллелизация способа. Например, вместо расчета потенциальных ребер из каждой

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_c

в свою очередь, можно рассмотреть любой из двух c_1 и c_2 и рассчитать потенциальные ребра из

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_с₁

одновременно с расчетом потенциальных ребер из

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ_НАЧАЛЬНЫЙ_КЛАСТЕР_с₂.

5 Компьютерная система

[118] Одним из вариантов осуществления настоящего изобретения является компьютерная система, отвечающая на запросы на установление маршрутов движения.

[119] В одном варианте осуществления настоящего изобретения система дает ответы на запросы на установление оптимального маршрута между пунктами с учетом времени отправления: любой запрос составлен по форме (начальная вершина, конечная вершина, минута дня). Ответ дается в форме маршрута с указанием продолжительностей поездки и вариантов выбора. Вариант осуществления проиллюстрирован на ФИГ. 13.

[120] В настоящем описании изобретения используется термин «модуль». Из уровня техники известно, что термин означает компьютерную (под)систему, предусматривающую ряд специфических функциональных возможностей. Вариант разделения компьютерной системы на определенные модули является иллюстративным и ни в коей мере не обязательным. Специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что система может быть организована в виде модулей другим способом, не выходящим за пределы объема настоящего изобретения.

[121] Один модуль системы (1202) считывает данные о транспортной системе города из многочисленных источников данных (1201). Модуль определяет, какие транспортные средства, маршруты или их участки используются строго в соответствии с графиком движения и какие используются без жесткого графика движения. Модуль рассчитывает маршруты для транспортных средств, движение которых осуществляется по строго фиксированному расписанию. Модуль также рассчитывает распределение времени ожидания и продолжительность поездки, зависящие от времени проезда транспортных средств, движение которых осуществляется не по строго фиксированному расписанию.

[122] Выходные данные передаются на модуль (1204), рассчитывающий потенциальные ребра. Указанный модуль запрашивает информацию о передвижениях пешком из многочисленных источников данных (1203). Модуль рассчитывает вес $P(c, c')$ потенциального ребра и варианты выбора в отношении выбранных предполагаемых кластеров c и c' и времени прибытия в c субъекта поездки с использованием случайных

величин, зависящих от времени прибытия субъекта поездки в с. Результаты хранятся в запоминающем устройстве (1205).

[123] Модули (1202) и (1204) функционируют постоянно. В результате этого в системе постоянно хранится новая модель транспортной системы.

[124] Одновременно другой модуль (1206) предварительно рассчитывает кратчайшие пути. Модуль обеспечивает построение графов, периодически связывающих пункты путем считывания потенциальных ребер из ЗУ (1205) и непотенциальных ребер из системы (1202). Алгоритмы поиска кратчайших путей применимы к графам для расчета путей в отношении выбранных запросов в форме (начальная вершина кластера остановок/станций, целевая вершина кластера остановок/станций, минута дня). Результаты хранятся таким образом, чтобы в последующем при необходимости обеспечивался поиск и извлечение результата из ЗУ (1207).

[125] Одновременно модуль (1208), предназначенный для предоставления ответов на запросы, отвечает на запросы. При получении запроса (начальная вершина, конечная вершина, минута дня) (1209) модуль рассчитывает кратчайший путь на основе Раздела 4. Модуль связывается с источником данных (1203) для определения передвижения пешком между начальной вершиной и конечной вершиной и кластерами остановок/станций. Модуль отыскивает и извлекает соответствующие предварительно рассчитанные кратчайшие пути из ЗУ (1207). При необходимости составления одного, но на данный момент не имеющегося маршрута, модуль запрашивает кратчайший путь из модуля (1206) и обеспечивает хранение полученного кратчайшего пути в ЗУ (1207) для его перспективного использования. Модуль (1208) также отыскивает варианты выбора значения времени и извлекает их из ЗУ (1205). Указанные передвижения пешком, кратчайшие пути и варианты выбора комбинируются для формирования ответа на запрос (1210).

[126] Аспекты настоящего изобретения могут принимать форму аппаратного варианта осуществления, программного варианта осуществления или сочетать в себе обе формы. Этапы настоящего изобретения, включающие блоки любого графического представления, могут быть выполнены в случайном порядке, частично одновременно или могут быть представлены из кэша в зависимости от функциональных возможностей или оптимизации. Аспекты настоящего изобретения могут принимать форму последовательной системы, либо параллельной/распределенной системы, в которой каждый компонент воплощает некоторые аспекты, вероятно, при резервировании с другими компонентами, и компоненты могут устанавливать связь между собой с использованием сети любого типа. Компьютерная программа, выполняющая операции для аспектов настоящего изобретения,

может быть написана на любом языке программирования, включающем C++, Java или JavaScript. Любая программа может быть выполнена на произвольно выбранной аппаратной платформе, включающей центральный процессор (CPU) и графический процессор (GPU), ассоциативное запоминающее устройство и запоминающие устройства. Программа может выполнять аспекты настоящего изобретения на одной или более программных платформах, включающих, в частности: смартфон на платформе Android или операционных систем iOS, либо веб-браузер, включающий Firefox, Chrome, Internet Explorer или Safari.

6 Машинный сервисный продукт

[127] Одним из вариантов осуществления настоящего изобретения является сервисный продукт, доступный пользователям через клиентское устройство, такое как приложение для смартфона или веб-страница. Для специалистов в данной области техники должно быть очевидно, что настоящее изобретение не ограничено указанными устройствами. Также понятно, что в представление сервиса на прилагаемых рисунках могут быть внесены изменения (включая изменение конфигурации, изменение размеров, изменение цветов, формы, добавление или удаление компонентов), не выходящие за пределы объема настоящего изобретения.

[128] В одном варианте осуществления настоящего изобретения доступ к сервису осуществляется через приложения для смартфона. Пользователь указывает время отправления, а также начальную и конечную вершины путем взаимодействия с пользовательским интерфейсом приложения на смартфоне. Далее сервис разрабатывает маршрут и приводит (renders) представление маршрута на смартфоне. На ФИГ. 14 проиллюстрирован результат на примере осуществления запроса на маршрут от A до L при времени отправления в 8 часов утра.

[129] В одном варианте осуществления настоящего изобретения сервис предоставляет информацию о том, какой вариант выбора на данный момент позволяет выбрать поездку кратчайшей продолжительности. В одном варианте осуществления настоящего изобретения система выделяет указанный вариант выбора более короткого пути (обозначено позицией 1401 на маршруте), либо показывает продолжительность поездки по варианту выбора, либо отображает текущее время ожидания (обозначено позицией 1402 вблизи D). В одном варианте осуществления настоящего изобретения указанный вариант выбора более короткого пути рассчитывается с учетом текущего положения транспортных средств. В одном варианте осуществления настоящего изобретения указанная информация предоставляется в том случае, если пользователь на данный

момент находится вблизи пункта варианта выбора; например, когда пользователь намеревается отправиться из А, сервис может предоставить информацию о том, что при сложившихся условиях более быстрый путь до F лежит через D и E, чем через B и C.

[130] В одном варианте осуществления настоящего изобретения сервис отображает текущее время ожидания в отношении каждого варианта выбора из числа вариантов выбора в пункте (обозначено позицией 1403 вблизи F) или ожидаемую продолжительность поездки в отношении каждого варианта выбора (обозначено позицией 1404). Это позволит помочь пользователю решить самому, какой сделать выбор, даже если он не является оптимальным.

[131] В одном варианте осуществления настоящего изобретения сервис предоставляет информацию об одном предполагаемом времени ожидания для всех вариантов выбора в пункте. Продолжительность является предполагаемым временем ожидания при допущении того, что пользователь садится на транспорт, выбрав вариант, позволяющий достичь ожидаемой минимальной продолжительности поездки (обозначено позицией 1405 вблизи H). В одном варианте осуществления настоящего изобретения указанная информация предоставляется в том случае, если местоположение транспортного средства является неопределенным, например, для участка маршрута, находящегося на большом расстоянии по сравнению с текущим положением пользователя на маршруте. Благодаря этому пользователь располагает информацией относительно того, сколько времени ему придется ждать транспортного средства на остановке/станции.

[132] В одном варианте осуществления настоящего изобретения сервис предоставляет информацию о продолжительности предполагаемой поездки между двумя пунктами (обозначено позицией 1406 на маршруте). Указанная величина является величиной, обозначенной $P(c, c')$ в Разделе 4.

[133] В одном варианте осуществления настоящего изобретения сервис предоставляет ответ пользователю, по меньшей мере, с одним из вариантов, а именно:

1. исходный пункт, отображенный на карте;
2. конечный пункт, отображенный на карте;
3. местоположение любой остановки вдоль маршрута, отображенного на карте;
4. последовательность пунктов вдоль маршрута, отображенного на карте;
5. название, адрес или идентификатор любого: исходного пункта, конечного пункта или остановки вдоль маршрута;
6. время отправления;
7. интервал времени отправления;
8. время прибытия;

9. интервал времени прибытия;
10. вероятность прибытия до намеченного времени;
11. последовательность пунктов, расположенных вдоль двух или более маршрутов, включающих транспортные средства, исходя из вариантов выбора, перемещающиеся между двумя пунктами, отображенными на карте;
12. направления для компонента передвижения пешком в любом варианте выбора;
13. местоположение или время компонента ожидания в любом варианте выбора;
14. направления компонента поездки при любом варианте выбора;
15. предполагаемое минимальное время ожидания, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
16. текущее минимальное время ожидания, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
17. ожидаемая продолжительность поездки в отношении любого компонента варианта выбора или альтернативы; или ожидаемая минимальная продолжительность поездки, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
18. текущая продолжительность поездки в отношении любого компонента в варианте выбора или альтернативы; или минимальная продолжительность поездки, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
19. предполагаемое время отправления или предполагаемое время прибытия в отношении: любого компонента в варианте выбора, альтернативы или минимума, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
20. текущее время отправления или текущее время прибытия в отношении: любого компонента в варианте выбора, альтернативы или минимума, по меньшей мере, из двух вариантов выбора;
21. название или идентификатор любого транспортного средства в любом варианте выбора;
22. название, адрес или идентификатор любой остановки любого транспортного средства в любом варианте выбора;
23. текущее местоположение любого транспортного средства в любом варианте выбора; или
24. представление того, какой вариант выбора из двух или более вариантов выбора характеризуется самой высокой скоростью исходя из текущего местоположения транспортных средств.

7 Объем изобретения

[134] Специалистам в данной области техники должно быть понятно, что могут быть внесены многочисленные изменения и дополнения с использованием существенных эквивалентов, не выходящие за пределы объема настоящего изобретения. Кроме того, конкретная ситуация может быть согласована с принципами настоящего изобретения, не выходящими за пределы его объема. Таким образом, несмотря на тот факт, что описание настоящего изобретения было приведено со ссылками на раскрытые варианты осуществления, настоящее изобретение не ограничено указанными вариантами осуществления. Напротив, настоящее изобретение включает все варианты осуществления, находящиеся в пределах объема прилагаемой формулы.

**Первоначальная
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

к заявке PCT/US2018/059517
(как опубликована)

1. Способ предоставления маршрута или продолжительности маршрута для поездки из исходного местоположения в целевое местоположение, причем способ содержит:

- (a) получение запроса, содержащего исходное местоположение и целевое местоположение;
- (b) определение двух или более путей перемещения от исходного местоположения к целевому местоположению;
- (c) определение продолжительности путешествия для каждого из путей перемещения, причем продолжительность путешествия определяется как математическая случайная переменная, которая является нетривиальной;
- (d) генерирование маршрута или длительности маршрута с использованием математической случайной величины M , которая является минимумом математических случайных величин длительности путешествия, при этом использование содержит, по меньшей мере, одно из:

I. оценивают ожидаемое значение математической случайной величины M или

II. вычисление вероятности времени прибытия $\Pr [T + M \leq A]$ по меньшей мере для одного порогового значения T во время отправления и по меньшей мере для одного порогового значения A во время прихода; а также

(e) ответ на запрос информацией, содержащей маршрут или продолжительность маршрута.

2. Способ по п. 1, в котором запрос дополнительно содержит время отправления из исходного местоположения.

3. Способ по п. 1, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одну поездку на транспортном средстве.

4. Способ по п. 1, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одну поездку на транспортном средстве.

5. Способ по п. 3, в котором маршрут ограничен по меньшей мере одним из

- (a) тип транспортного средства;
- (b) тип остановки транспортного средства; или же
- (c) пороговое значение количества передач транспортных средств.

6. Способ по п.3, в котором продолжительность поездки транспортного средства является математической случайной величиной, обусловленной временем отправления из места, где находится транспортное средство.
7. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одно ожидание транспортного средства.
8. Способ по п.7, в котором маршрут ограничен порогом продолжительности ожидания.
9. Способ по п.7, в котором длительность ожидания для транспортного средства является математической случайной величиной, обусловленной временем прибытия в место, где находится транспортное средство.
10. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одну прогулку.
11. Способ по п.10, в котором маршрут ограничен порогом продолжительности прогулки.
12. Способ по п.1, в котором распределение вероятностей по меньшей мере одной из математических случайных величин длительности перемещения определяется по меньшей мере из одной из
 - (а) исторические данные о прибытии или времени отправления транспортного средства с остановки;
 - (б) исторические данные о продолжительности движения транспортного средства между остановками;
 - (с) интервал прохождения транспортного средства через остановку; или же
 - (d) текущее географическое местоположение транспортного средства.
13. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна из математических случайных величин длительности перемещения обусловлена временем прибытия в исходное местоположение.
14. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна из математических случайных величин длительности перемещения равномерно распределена по интервалу между минимальной продолжительностью путешествия и максимальной продолжительностью путешествия.
15. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, одна из математических случайных величин длительности перемещения обусловлена временем прибытия местоположения источника, которое попадает в конкретное временное окно.
16. Способ по п.1, в котором части двух или более путей перемещения перекрываются.
17. Способ по п.1, в котором оценка ожидаемого значения математической случайной величины M содержит, по меньшей мере, одно из
 - (а) выборка из распределения математической случайной величины M ;

(б) оценивают математическую формулу для ожидаемого значения математической случайной величины M ;

(в) вычисление приближенного интеграла по распределению математической случайной величины M ; или же

(д) выполнение алгоритма аппроксимации для ожидаемого значения математической случайной величины M .

18. Способ по п.1, в котором генерация маршрута или длительности маршрута содержит:

(а) определение двух или более математических случайных величин длительности перемещения первого типа, которые коррелируют;

(б) определение одной или нескольких математических случайных величин длительности перемещения второго типа, которые являются независимыми; а также

(с) вычисление ожидаемого минимума: одной случайной величины первого типа и всех случайных величин второго типа.

19. Способ по п.1, в котором маршрут ограничен по меньшей мере одним из

(а) тип объекта, который маршрутизируется; или же

(б) порог денежной стоимости поездки.

20. Способ по п.1, причем запрос дополнительно содержит:

(а) крайний срок прибытия и желаемая вероятность прибытия в целевое местоположение до крайнего срока прибытия;

причем вычисление вероятности времени прибытия $\Pr [T + M \leq A]$ для, по меньшей мере, одного порогового значения T для времени отправления и, по меньшей мере, для одного порогового значения A для времени прихода содержит:

(б) установка порога A в крайний срок прибытия и определение порога T , то есть времени отправления из исходного местоположения, так, чтобы вероятность $\Pr [T + M \leq A]$ была равна желаемой вероятности прибытия в Целевое местоположение до крайнего срока прибытия.

21. Способ по п.1, дополнительно содержит: до получения запроса,

(а) предварительное вычисление по меньшей мере одного из следующих элементов:

I. математическая случайная переменная длительности перемещения для пути перемещения;

II. ожидаемый минимум не менее двух математических случайных величин длительности путешествия;

III. распределение вероятностей как минимум из двух математических случайных величин длительности путешествия; или же

внутривенно маршрут или продолжительность маршрута между парой местоположений; а также

(б) сохранение предварительно вычисленного элемента в базе данных;

где создание маршрута или длительности маршрута включает в себя:

22. Способ по п.3,

при этом определение двух или более путей перемещения содержит:

(а) определение, по меньшей мере, одного местоположения остановки транспортного средства в пределах порогового расстояния от местоположения источника и, по меньшей мере, одного местоположения остановки транспортного средства в пределах порогового расстояния от целевого местоположения, таким образом формируя два списка остановок транспортного средства рядом с местоположениями источника и цели;

где создание маршрута или длительности маршрута включает в себя:

(б) вычисление длительности маршрута с использованием, по меньшей мере, одной математической случайной величины длительности поездки, по меньшей мере, из одной пары остановок транспортного средства из списков; а также

(с) определение продолжительности ходьбы между остановками транспортного средства и местоположением источника и цели.

23. Способ обеспечения маршрута или продолжительности маршрута для поездки из исходного местоположения в целевое местоположение, причем способ содержит:

(а) получение информации о множестве остановок транспортного средства и информации о времени движения транспортного средства для множества транспортных средств;

(б) создание графа, содержащего множество вершин графа и множество ребер графа, включая, по меньшей мере, две вершины графа, которые представляют остановки транспортного средства, и по меньшей мере два ребра графа, которые представляют длительности движения транспортного средства;

(с) создание, по меньшей мере, одного ребра перспективы графа от вершины происхождения до вершины назначения, причем каждое ребро перспективы представляет длительность путешествия и содержит:

I. определение двух или более путей перемещения от местоположения исходной вершины ребра перспективы графа до местоположения вершины назначения ребра перспективы графа;

II. определяют продолжительность пути для каждого из путей перемещения, причем продолжительность путешествия определяется как математическая случайная переменная, которая является нетривиальной;

III. вычисление продолжительности перемещения границы потенциального графа с использованием математической случайной величины M , которая является минимумом

математических случайных величин длительности перемещения, причем использование включает в себя по меньшей мере одно из:

А. оценивают ожидаемое значение математической случайной величины M или

В. вычисление вероятности времени прибытия $\Pr [T + M \leq A]$ по меньшей мере для одного порогового значения T во время отправления и по меньшей мере для одного порогового значения A во время прихода; а также

(d) получение по меньшей мере одного запроса на маршрут или продолжительность маршрута из исходного местоположения в целевое местоположение;

(e) генерирование маршрута или продолжительности маршрута с использованием, по меньшей мере, одного пути графа между произвольными двумя вершинами, причем, по меньшей мере, один путь графа включает в себя край перспективы графа; а также

(f) ответ на запрос информацией, содержащей маршрут или продолжительность маршрута.

24. Способ по п.23, в котором

(a) по меньшей мере одно транспортное средство из множества транспортных средств следует по нефиксированному расписанию; а также

(b) множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно ребро графа [RideSame], представляющее продолжительность путешествия между двумя остановками нефиксированного транспортного средства расписания.

25. Способ по п.24, в котором край графа [RideSame] представляет среднюю продолжительность путешествия в течение определенного временного окна.

26. Способ по п.23, в котором

(a) по меньшей мере одно транспортное средство из множества транспортных средств следует по фиксированному расписанию; а также

(b) множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно ребро графа [RideManyGetOff], представляющее продолжительность пути между двумя остановками, по меньшей мере, одного транспортного средства с фиксированным расписанием.

27. Способ по п.23, в котором множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно ребро графа [WaitGetOn], представляющее продолжительность ожидания для транспортного средства перед посадкой в транспортное средство при остановке.

28. Способ по п.27, в котором край графика [WaitGetOn] представляет продолжительность ожидания, равную половине среднего времени между прибытием транспортного средства при остановке в течение определенного временного окна.

29. Способ по п.23, в котором множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно ребро графа [Walk], представляющее продолжительность обхода между местоположениями вершин.

30. Способ по п.23, в котором множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно из

- (a) край графика [GetOff], представляющий выход из транспортного средства на остановку;
- (b) край графика [FirstWaitGetOn], представляющий посадку на транспортное средство без ожидания; или же
- (c) ребро графа [Ноль], представляющее перемещение между вершинами, которое длится меньше пороговой продолжительности.

31. Способ по п.23, в котором

- (a) множество вершин графа включает в себя, по меньшей мере, одну вершину, представляющую местоположение, отличное от любой остановки транспортного средства; а также
- (b) множество ребер графа включает в себя по меньшей мере одно ребро графа [Ходить], представляющее продолжительность обхода между вершиной, отличной от любой остановки транспортного средства, и любой другой вершиной графа.

32. Способ по п.23, в котором

- (a) множество вершин графа включает в себя кластерную вершину, представляющую, по меньшей мере, две вершины графа, кластеризованные на основе географической близости; а также
- (b) множество ребер графа включает в себя, по меньшей мере, одно ребро, представляющее продолжительность перемещения между вершиной кластера и любой другой вершиной графа.

33. Способ по п.23, в котором создание по меньшей мере одного ребра перспективы графа содержит создание ребра перспективы графа для каждой из одной или нескольких вершин назначения из вершины происхождения, содержащей:

- (a) прохождение графа вперед от исходной вершины;
- (b) создание множества путей графа, которые заканчиваются в любой из вершин назначения; а также
- (c) определение путей графа, которые ведут к конечной вершине, для каждой из конечных вершин.

34. Способ по п.23, в котором создание по меньшей мере одного ребра перспективы графа включает создание ребра перспективы графа от каждой из одной или нескольких исходных вершин до конечной вершины, содержащей:

- (a) прохождение графа назад от вершины назначения;

(б) создание множества путей графа, которые начинаются в любой из исходных вершин; а также

(с) определение путей графа, ведущих из исходной вершины, для каждой из исходных вершин.

35. Способ по п.23, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя перемещение двумя или более транспортными средствами или двумя или более прогулками.

36. Способ по п.23, в котором создание по меньшей мере одного ребра перспективы графа выполняется с условием, что ребро перспективы графа для двух или более путей перемещения не создается, когда $k \geq 2$ математических случайных величин длительности перемещения $T_1, \dots, T_k$ удовлетворяют условию, что минимум ожидаемых значений $\min_{1 \leq i \leq k} E[T_i]$ находится в пределах порога от значения ожидаемого минимума $E[\min_{1 \leq i \leq k} T_i]$.

37. Способ по п.23, в котором формирование маршрута или длительности маршрута включает в себя применение алгоритма кратчайших путей Дейкстры или алгоритма поиска A* (звезда) к графу.

38. Способ по п.23, в котором запрос дополнительно содержит время отправления из исходного местоположения.

39. Способ по п.23, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одну поездку на транспортном средстве.

40. Способ по п.39, в котором транспортное средство следует по нефиксированному расписанию.

41. Способ по п.39, в котором маршрут ограничен по меньшей мере одним из:

(а) тип транспортного средства;

(б) тип остановки транспортного средства; или же

(с) пороговое значение количества передач транспортных средств.

42. Способ по п.39, в котором продолжительность поездки транспортного средства является математической случайной величиной, обусловленной временем отправления из места, где находится транспортное средство.

43. Способ по п.23, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одно ожидание транспортного средства.

44. Способ по п.43, в котором маршрут ограничен порогом продолжительности ожидания.

45. Способ по п.43, в котором продолжительность ожидания для транспортного средства является математической случайной величиной, обусловленной распределением вероятности времени прибытия в место, где находится транспортное средство.

46. Способ по п.23, в котором, по меньшей мере, один из путей перемещения включает в себя, по меньшей мере, одну прогулку.
47. Способ по п.46, в котором маршрут ограничен порогом продолжительности прогулки.
48. Способ по п.23, в котором распределение вероятностей по меньшей мере одной из математических случайных величин длительности перемещения определяется по меньшей мере из одной из
- (а) исторические данные о прибытии или времени отправления транспортного средства с остановки;
 - (б) исторические данные о продолжительности движения транспортного средства между остановками;
 - (с) интервал прохождения транспортного средства через остановку; или же
 - (d) текущее географическое местоположение транспортного средства.
49. Способ по п.23, в котором для, по меньшей мере, одной грани перспективы графа, по меньшей мере, одна из математических случайных величин длительности перемещения обусловлена распределением вероятности времени прибытия в местоположение исходной вершины края перспективы.
50. Способ по п.23, в котором по меньшей мере одна из математических случайных величин длительности перемещения равномерно распределена по интервалу между минимальной продолжительностью путешествия и максимальной продолжительностью путешествия.
51. Способ по п.23, в котором, по меньшей мере, для одного края перспективы графа, по меньшей мере, одна из математических случайных величин длительности перемещения обусловлена временем прибытия в местоположение исходной вершины края перспективы, которое попадает в конкретное время. окно.
52. Способ по п.23, в котором части двух или более путей перемещения перекрываются.
53. Способ по п.23, в котором оценка ожидаемого значения математической случайной величины M содержит, по меньшей мере, одно из
- (а) выборка из распределения математической случайной величины M ;
 - (б) оценивают математическую формулу для ожидаемого значения математической случайной величины M ;
 - (с) вычисление приближенного интеграла по распределению математической случайной величины M ; или же
 - (d) выполнение алгоритма аппроксимации для ожидаемого значения математической случайной величины M .

54. Способ по п.23, в котором вычисление продолжительности перемещения границы перспективы графа включает в себя:

- (а) определение двух или более математических случайных величин длительности перемещения первого типа, которые коррелируют;
- (б) определяют один или несколько независимых математических случайных величин длительности перемещения второго типа; а также
- (с) вычисление ожидаемого минимума: одной случайной величины первого типа и всех случайных величин второго типа.

55. Способ по п.23, в котором маршрут ограничен по меньшей мере одним из

- (а) тип объекта, который маршрутизируется; или же
- (б) порог денежной стоимости поездки.

56. Способ по п.23, причем запрос дополнительно содержит:

- (а) крайний срок прибытия и желаемая вероятность прибытия в целевое местоположение до крайнего срока прибытия;

причем вычисление вероятности времени прибытия $\Pr [T + M \leq A]$ для, по меньшей мере, одного порогового значения T для времени отправления и, по меньшей мере, для одного порогового значения A для времени прихода содержит:

- (б) установка порога A в крайний срок прибытия и определение порога T , который является математической случайной величиной времени отправления из местоположения исходной вершины края перспективы графа, так что вероятность $\Pr [T + M \leq A]$ равна желаемой вероятности прибытия в целевое местоположение до крайнего срока прибытия.

57. Способ по п.23, дополнительно содержащий: до получения по меньшей мере один запрос,

- (а) предварительное вычисление по меньшей мере одного из следующих элементов:

I. математическая случайная величина длительности перемещения между парой вершин;

II. ожидаемый минимум не менее двух математических случайных величин длительности путешествия;

III. распределение вероятностей как минимум двух математических случайных величин длительности путешествия; или же

IV. внутривенно путь графа или продолжительность перемещения между парой вершин; а также

- (б) сохранение предварительно вычисленного элемента в базе данных;

где создание маршрута или длительности маршрута включает в себя:

(с) извлечение из базы данных предварительно вычисленного элемента.

58. Способ по п.23, дополнительно содержащий:

(а) перед получением по меньшей мере одного запроса, предварительно вычисляя маршрут или длительность маршрута по меньшей мере для одной пары вершин и сохраняя предварительно вычисленный маршрут или предварительно вычисленную продолжительность маршрута в базе данных,

где создание маршрута или длительности маршрута включает в себя:

(b) определяют, по меньшей мере, одну вершину, местоположение которой находится в пределах порогового расстояния от местоположения источника, и, по меньшей мере, одну вершину, местоположение которой находится в пределах порогового расстояния от местоположения цели, таким образом формируя два списка вершин вблизи местоположений источника и цели; а также

(с) по меньшей мере для одной попарной комбинации вершин в двух списках, извлечение из базы данных по меньшей мере одного маршрута или продолжительности маршрута.

59. Способ по п.23, в котором формирование маршрута или длительности маршрута содержит:

(а) определение, по меньшей мере, одной начальной части движения, включающей в себя перемещение от исходного местоположения до второй остановки транспортного средства, при этом начальная часть движения определяется посредством:

I. генерирование двух или более траекторий движения из исходного местоположения, причем каждый путь движения включает в себя, по меньшей мере, одну поездку транспортного средства от первой остановки транспортного средства, которая находится в пределах порогового расстояния от исходного местоположения до второй остановки транспортного средства, где первая остановка транспортного средства является произвольной остановкой любого транспортного средства, и вторая остановка транспортного средства является произвольной остановкой любого транспортного средства; а также

II. определяют продолжительность пути для каждого из путей перемещения, причем продолжительность путешествия определяется как математическая случайная величина; а также

(b) вычисление продолжительности по меньшей мере одной начальной части пути с использованием математической случайной величины, которая является минимумом математических случайных величин длительности перемещения.

60. Способ по п.23, в котором формирование маршрута или длительности маршрута содержит:

(а) определение, по меньшей мере, одной конечной части пути, включающей в себя движение от предпоследней остановки транспортного средства до целевого местоположения, при этом конечная часть движения определяется посредством:

я. генерирование двух или более траекторий движения к целевому местоположению, причем каждая траектория движения включает в себя, по меньшей мере, одну поездку транспортного средства от предпоследней остановки транспортного средства до последней остановки транспортного средства, которая находится в пределах порогового расстояния от целевого местоположения, где предпоследняя остановка транспортного средства является произвольной остановкой любого транспортного средства, и последняя остановка транспортного средства является произвольной остановкой любого транспортного средства; а также

II. определяют продолжительность пути для каждого из путей перемещения, причем продолжительность путешествия определяется как математическая случайная величина; а также

(b) вычисление продолжительности по меньшей мере одной конечной части пути с использованием математической случайной величины, которая является минимумом математических случайных величин длительности перемещения.

61. Компьютерная система для предоставления маршрута или продолжительности маршрута для поездки из исходного местоположения в целевое местоположение, причем компьютерная система содержит:

(a) один или несколько процессоров;

(b) память, хранящая одну или несколько программ для выполнения одним или несколькими процессорами; а также

(c) одну или несколько программ, содержащих команды, которые должны выполняться одним или несколькими процессорами, чтобы выполнить способ по любому из пп. 1-60.

62. Компьютерная система по п.61, в которой информация, содержащая маршрут или продолжительность маршрута, дополнительно содержит по меньшей мере одно из:

(a) исходное местоположение, отображаемое на карте;

(b) целевое местоположение, отображаемое на карте;

(c) местоположение любой остановки на маршруте, отображенном на карте;

(d) последовательность местоположений вдоль маршрута, представленного на карте;

(e) имя, адрес или идентификатор любого из: исходного местоположения, целевого местоположения или любой остановки на маршруте;

(f) время отправления;

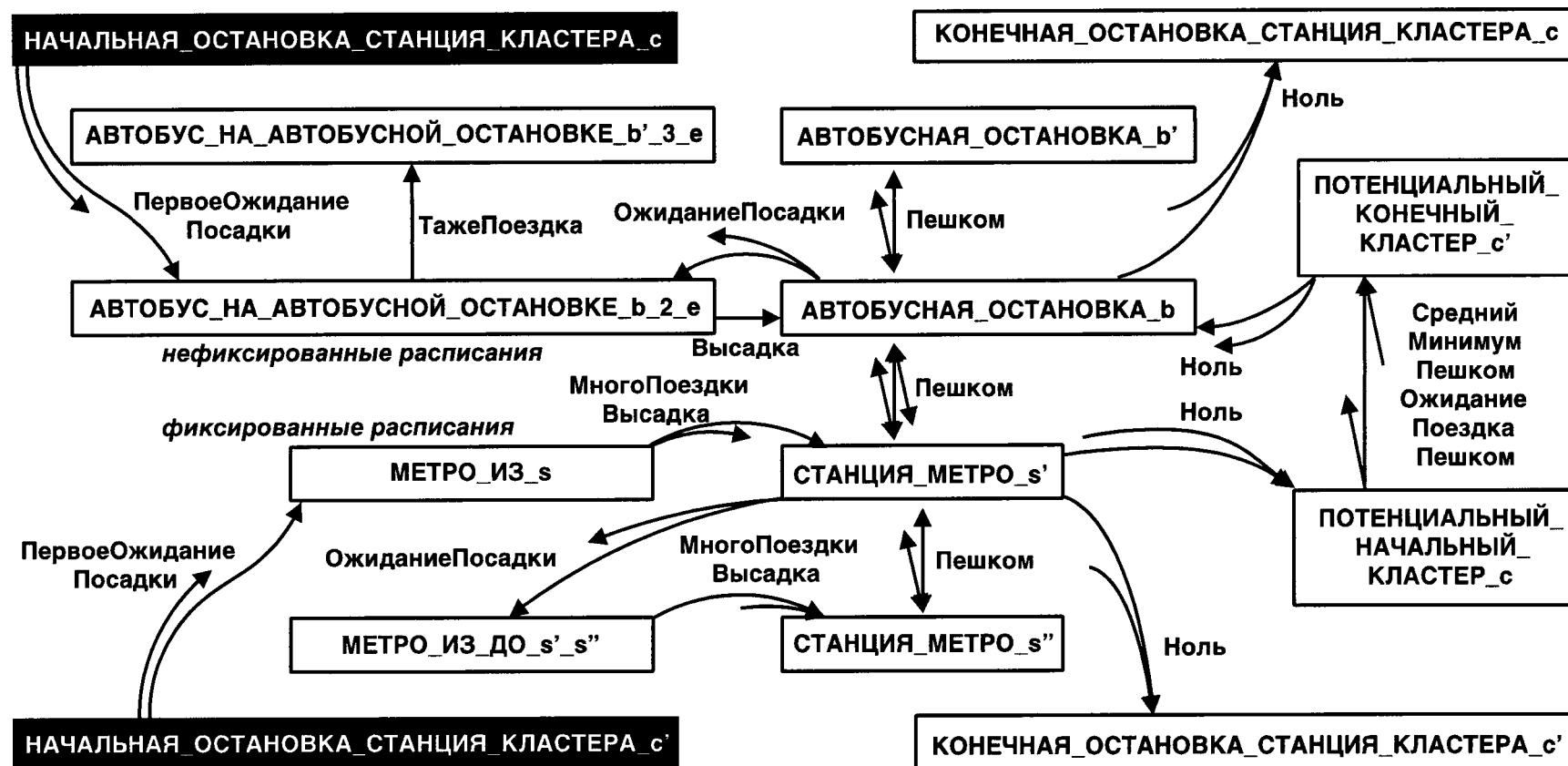
(g) диапазон времени отправления;

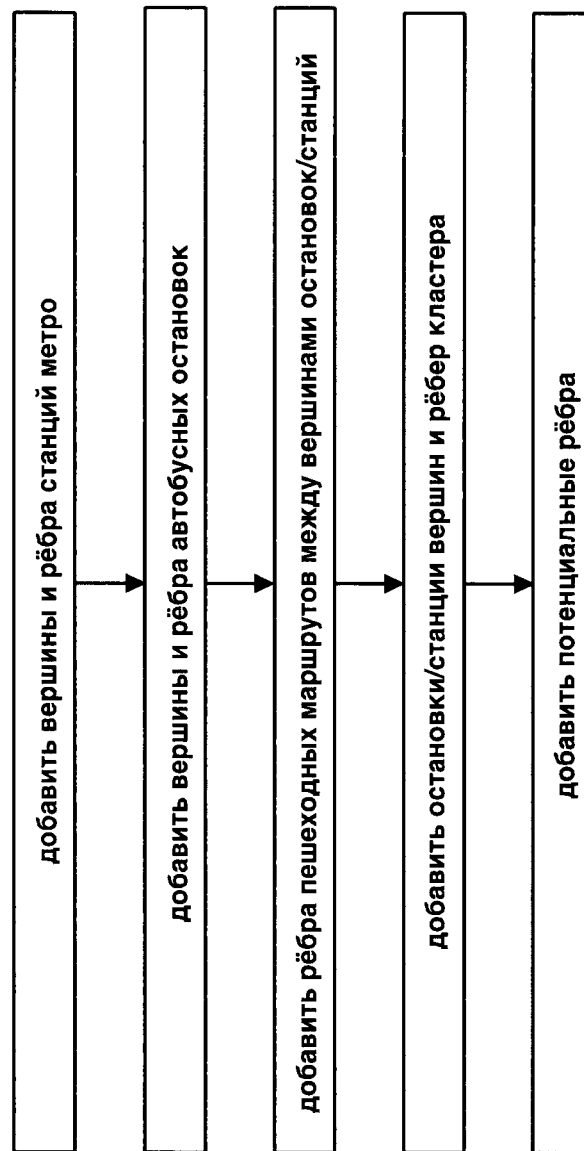
(h) время прибытия;

(i) диапазон времени прибытия;

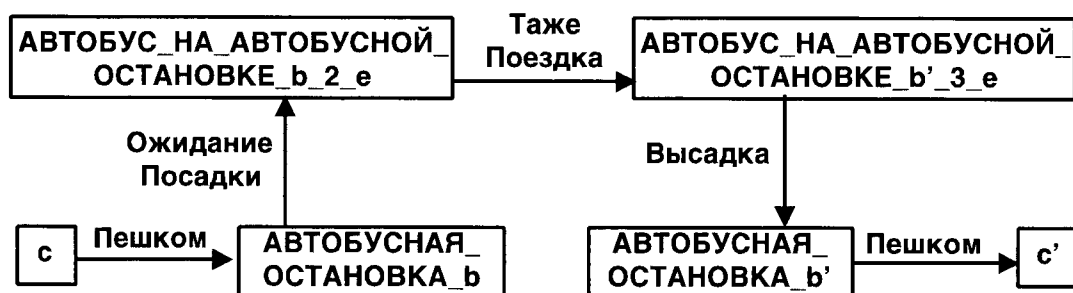
(j) вероятность прибытия до установленного срока;

- (k) последовательность местоположений вдоль двух или более путей перемещения между двумя местоположениями, представленными на карте;
- (l) направления для компонента ходьбы на любом пути движения;
- (m) местоположение или продолжительность компонента ожидания в любом пути движения;
- (n) указания для компонента поездки на любом пути движения;
- (o) ожидаемая минимальная продолжительность ожидания по меньшей мере среди двух маршрутов движения;
- (p) текущая минимальная продолжительность ожидания по меньшей мере среди двух путей перемещения;
- (q) ожидаемая продолжительность поездки для любого компонента пути перемещения или пути перемещения; или ожидаемая минимальная продолжительность поездки по меньшей мере между двумя путями движения;
- (r) текущая продолжительность путешествия для любого компонента в пути перемещения или пути перемещения; или минимальная продолжительность поездки по крайней мере между двумя путями движения;
- (s) ожидаемое время отправления или ожидаемое время прибытия для: любого компонента в пути перемещения, пути перемещения или минимума среди, по меньшей мере, двух путей перемещения;
- (t) текущее время отправления или текущее время прибытия для: любого компонента в пути перемещения, пути перемещения или минимума среди, по меньшей мере, двух путей перемещения;
- (u) название или идентификатор любого транспортного средства на любом пути движения;
- (v) имя, адрес или идентификатор любой остановки любого транспортного средства на любом пути движения;
- (w) текущее местоположение любого транспортного средства на любом пути движения; или же
- (x) рендеринг того, какой путь перемещения из двух или более путей движения является наиболее быстрым с учетом текущего местоположения транспортных средств.

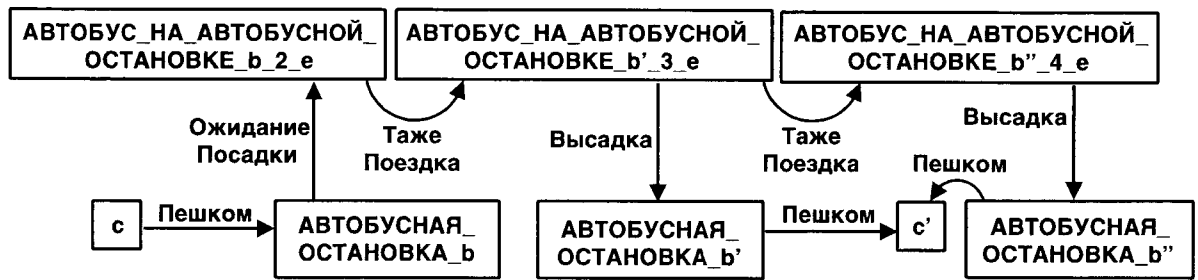




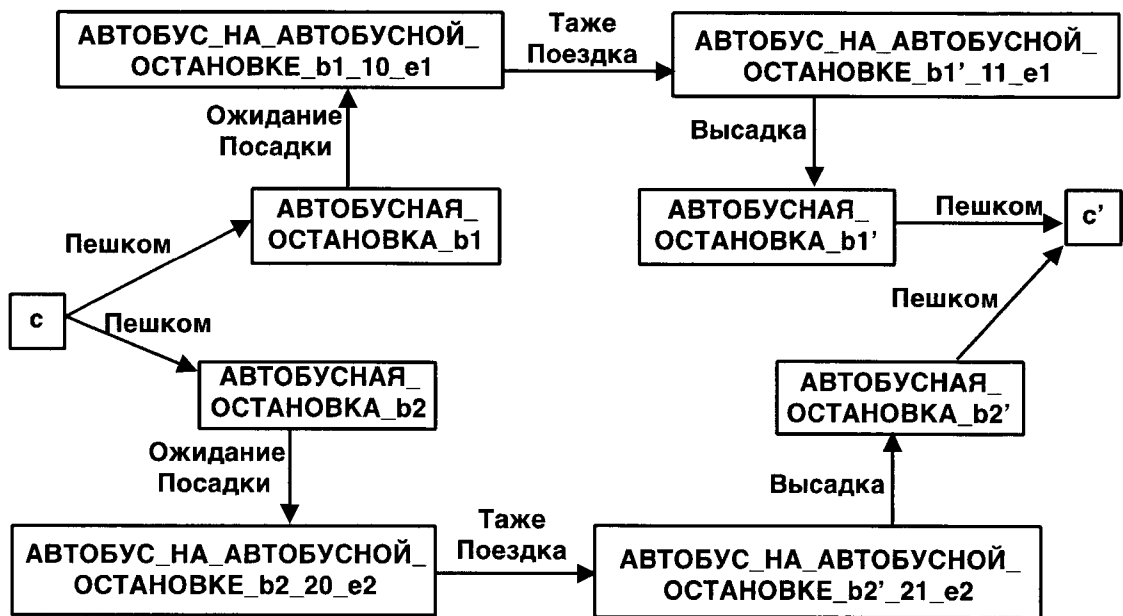
ФИГ. 2



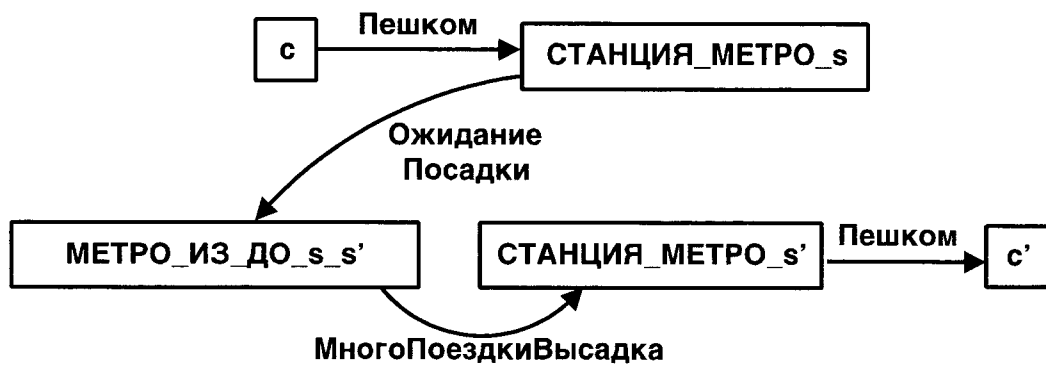
ФИГ. 3



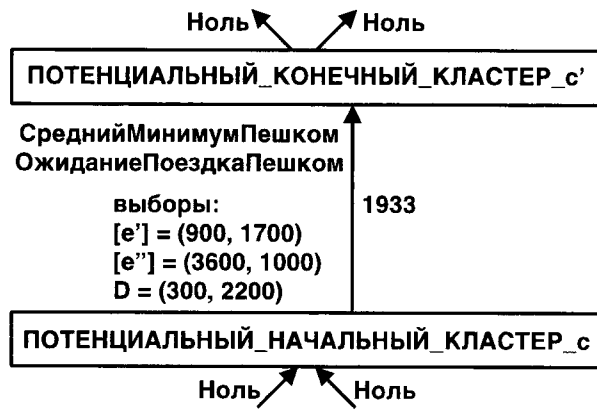
ФИГ. 4



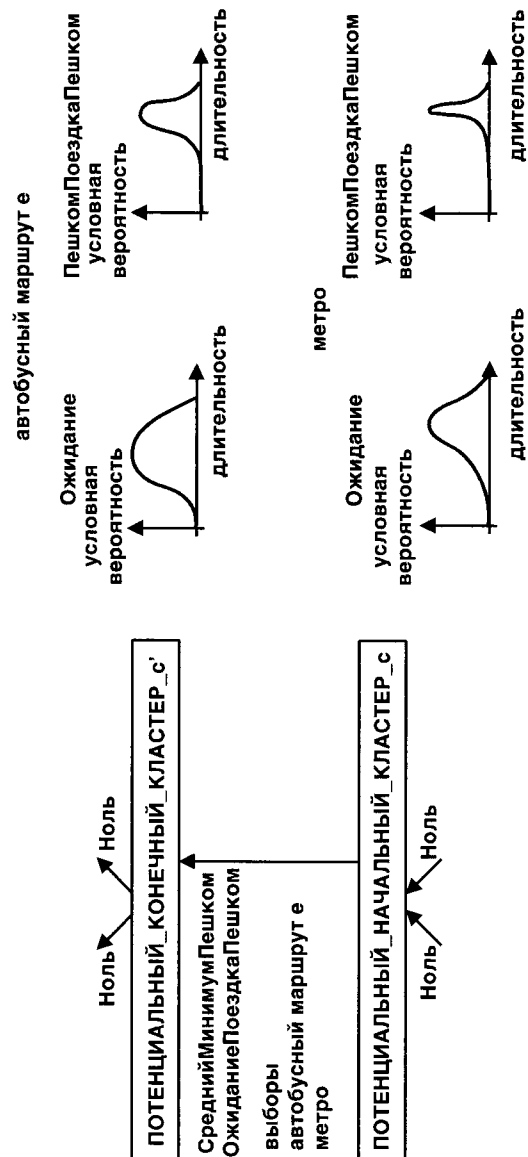
ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ.8

```

let C and C' be two clusterings of bus stops and subway stations

for each cluster c' in C'
  add vertex PROSPECT_CLUSTER_TARGET_c'
  add edges
    PROSPECT_CLUSTER_TARGET_c' → BUS_STOP_b
    PROSPECT_CLUSTER_TARGET_c' → SUBWAY_STATION_s
  with zero weight, for every bus stop b and subway station s in cluster c'

for each cluster c in C
  add vertex PROSPECT_CLUSTER_SOURCE_c
  add edges
    BUS_STOP_b → PROSPECT_CLUSTER_SOURCE_c
    SUBWAY_STATION_s → PROSPECT_CLUSTER_SOURCE_c
  with zero weight, for every bus stop b and subway station s in cluster c

for each cluster c in C
  independentMap = empty map
  for each walk wHead from c to a nearby bus stop BUS_STOP_b
    perform a depth-first traversal of the graph starting at BUS_STOP_b
      to enumerate paths with edges WaitGetOn, RideSame, ..., RideSame, GetOff
    for each path
      let e be the bus line, and BUS_STOP_b' be the vertex at the end of the path
      let rideDuration = sum of weights of the RideSame along the path
      let maxWaitDuration = 2 * weight of the WaitGetOn on the path
      for each shortest walk wTail from BUS_STOP_b' to a cluster c'
        let moveDuration = duration of wHead + duration of wTail + rideDuration
        if not mapped at [c', e], or the mapped > moveDuration + maxWaitDuration / 2
          independentMap[c', e] = (maxWaitDuration, moveDuration)

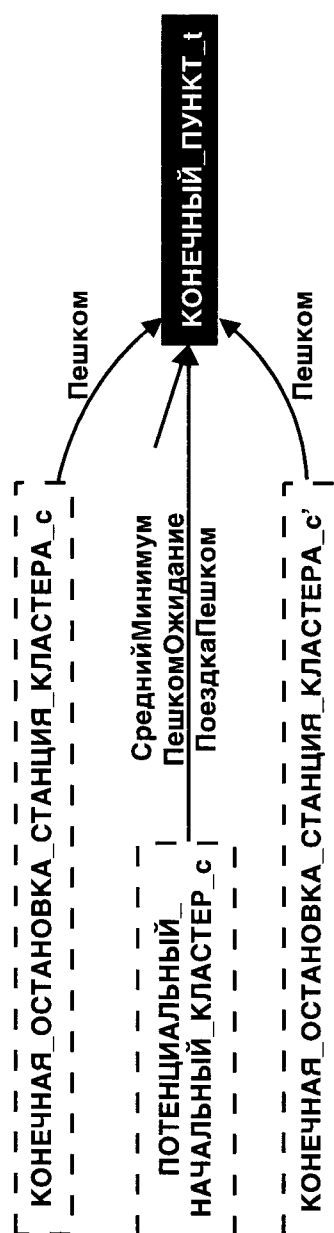
  dependentMap = empty map
  for each walk wHead from c to a nearby subway station SUBWAY_STATION_s
    perform a depth-first traversal of the graph starting at SUBWAY_STATION_s
      to enumerate paths with edges WaitGetOn, RideManyGetOff
    for each path
      let SUBWAY_STATION_s' be the vertex at the end of the path
      let rideDuration = weight of the RideManyGetOff on the path
      let maxWaitDuration = 2 * weight of the WaitGetOn on the path
      for each shortest walk wTail from SUBWAY_STATION_s' to a cluster c'
        let moveDuration = duration of wHead + duration of wTail + rideDuration
        append (maxWaitDuration, moveDuration) to dependentMap[c']

for each cluster c' in C'
  let there be exactly k bus lines e_1, ..., e_k mapped by independentMap with value
    independentMap[c', e_i] = (maxWaitDuration_i, moveDuration_i)
  we define k independent random variables T_1, ..., T_k so that
    T_i is uniform on interval [moveDuration_i, moveDuration_i + maxWaitDuration_i]
  prospectWeight = Expected[min{T_1, ..., T_k}]
  for each (maxWaitDuration, moveDuration) on the list dependentMap[c']
    let T be uniform on interval [moveDuration, moveDuration + maxWaitDuration]
    prospectWeight = min(prospectWeight, Expected[min{T, T_1, ..., T_k}])
  add edge PROSPECT_CLUSTER_SOURCE_c → PROSPECT_CLUSTER_TARGET_c'
    labeled AvgMinWalkWaitRideWalk with weight prospectWeight

```

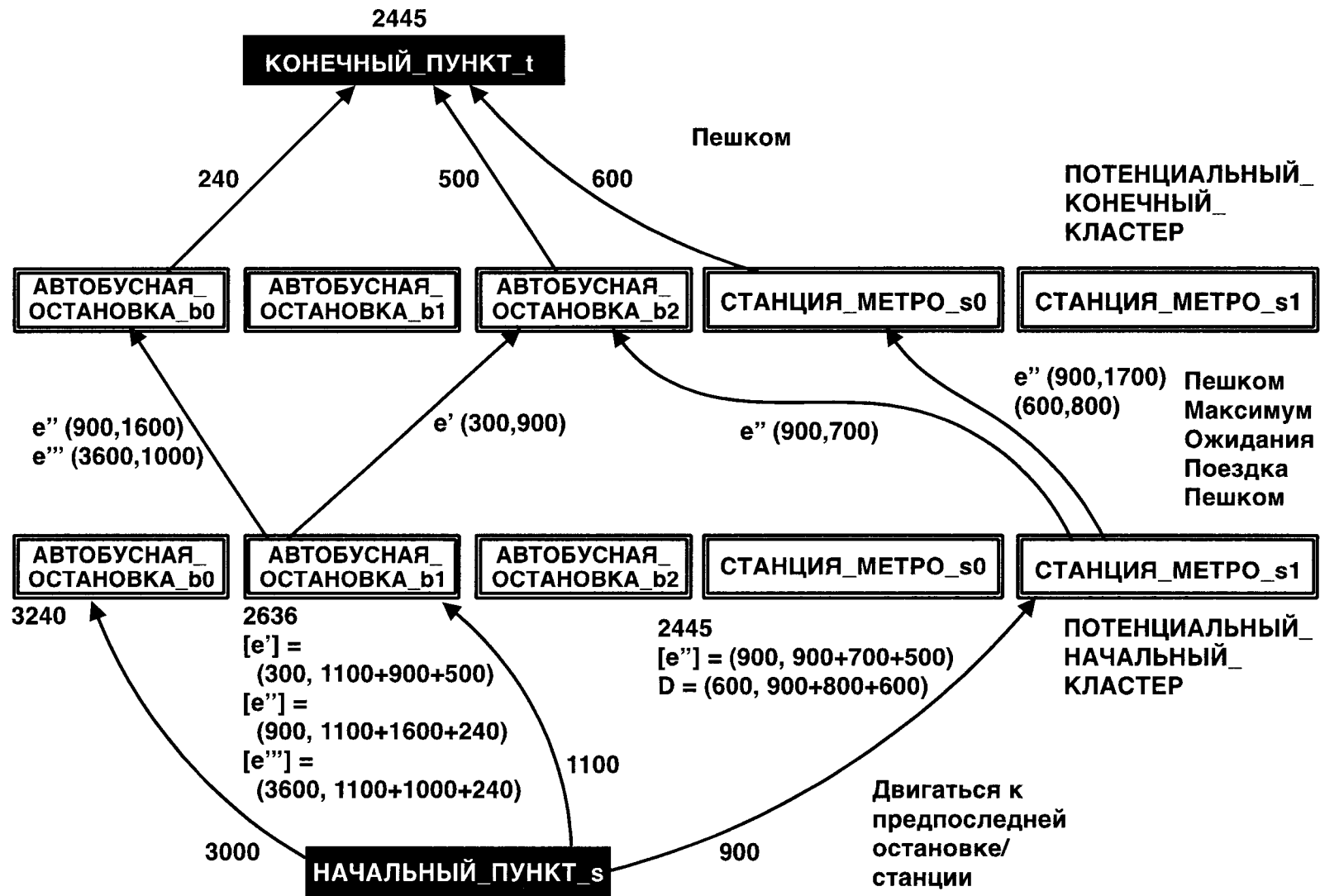


ФИГ. 10

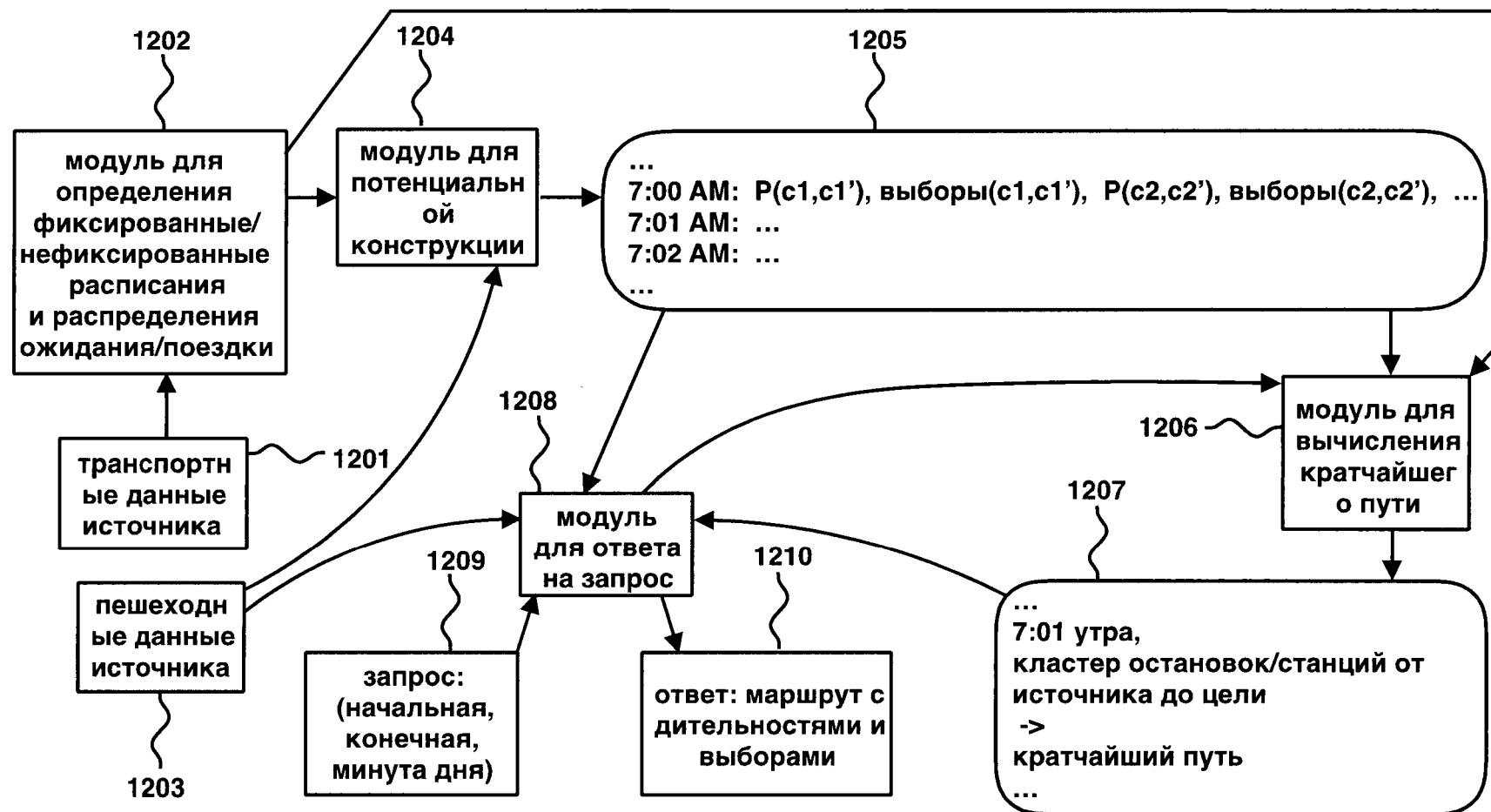


ФИГ. 11

ФИГ. 12



ФИГ. 13



МАРШРУТ от А до L отправляется в 8 утра:

выборы из А в F
 пешком в В, ожидание, посадка в автобус 101, поездка в С
 пешком в D, ожидание, посадка в автобус E34, поездка в E
 28 минут
 пешком в F

из F в H
 ожидание, посадка в метро 2, поездка в G
 пешком в H

из H в L выборы: 32 минуты ~ 1406
 ожидание
 посадка в автобус 173, поездка в J
 посадка в автобус 105 bkb 107, поездка в E
 пешком в L

