

UDK 004.04

ФОРМИРОВАНИЕ ХРАНИЛИЩА И АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ В ГОРОДЕ



М.Н. Калимолдаев
Доктор технических наук, профессор, академик НАН РК



В.В. Яворский
Доктор технических наук, профессор



М.А. Сонькин
Доктор технических наук, профессор



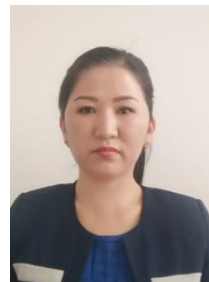
В. Войчик
Доктор технических наук, профессор



И.Т. Утепберенов
Доктор технических наук, профессор



А.Т. Ахмедиярова
соискатель научной степени



Д.Т. Касымова
магистр техники и технологий



Е.Г. Ключева
магистр



Н.В. Байдикова
магистр технологий



М.М. Есмагамбетова
магистр техники и технологий, докторант

Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан,
Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Республика Казахстан
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация
Института электронных и информационных технологий, Люблин, Республика Польша
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Республика Казахстан
E-mail: ms.bnatalya@mail.ru, mnk@ipic.kz, i.utepbergenov@gmail.com, dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru, yavorskiy-v-v@mail.ru, e.klyueva@kstu.kz, sonkin@tpu.ru, wojcik@pollub.pl, marzhan1983@mail.ru

М.Н. Калимолдаев

Генеральный директор Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, обладатель «Государственной научной стипендии для ученых и специалистов, внесших выдающийся вклад в развитие науки и техники» (2019г.), нагрудного знака «За заслуги в развитии науки в Республике Казахстан» (2015г.). Сфера научных интересов: устойчивость, стабилизация, управляемость и оптимальность фазовых (электроэнергетических), технических и экономических систем, управление робототехническими системами.

В.В. Яворский

Томский политехнический университет в 1973 году, зав. отделом Территориальных АСУ НИИ АМ г. Томск до 1978 г., зав. каф. Автоматизированные информационные системы Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ) 1998 – 2008гг, обладатель нагрудного знака «За заслуги в развитии науки в Республике Казахстан» (2016г.), обладатель гранта и звания «Лучший преподаватель» Республики Казахстан (2006, 2007, 2012гг.). Сфера научных интересов: интеллектуальные информационные системы, компьютерное моделирование. д.т.н., профессор.

М.А. Сонькин

Директор института кибернетики ТПУ, проректор ТПУ по научной работе, зам губернатора Томской области по научно-технической политике 2007-18гг., председатель совета директоров ГК ИНКОМ, д.т.н., профессор. Сфера научных интересов: интеллектуальные информационные системы и технические средства обеспечения безопасности в условиях чрезвычайного положения.

В. Войчик

Директор Института электроники и информационных технологий Люблинского Технического Университета (2012-по н/в), обладатель: медали комиссии народного образования Польши (2002г.), Рыцарского креста ордена Полонии Ресцута (2011г.), Ордена II-степени святого откровения апостолам Марии Магдалины (2018г.), член международных комитетов: IEEE, современных проблем радиотехники, телекоммуникаций и информатики, физики и технологий тонких пленок и наносистем, д.т.н., профессор.

И.Т. Утепбергенов

Заведующий лабораторией инновационных и смарт-технологий Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК (2012-по н/в), обладатель гранта и звания «Лучший преподаватель» Республики Казахстан (2009г. и 2014г.), Ветеран труда МОН Республики Казахстан (2019г.). Сфера научных интересов: информационные системы, информационные технологии, автоматизированные системы управления, системный анализ, д.т.н., профессор.

А.Т. Ахмедиярова

PhD по специальности «Информационные системы», с.н.с., Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК. Сфера научных интересов: моделирование и управление движением транспорта, интеллектуальные транспортные системы.

Д.Т. Касьмова

Магистр техники и технологии по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение», н.с., Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК. Сфера научных интересов: интеллектуальные транспортные системы, большие данные.

Е.Г. Ключева

Магистр техники и технологии по специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение». Старший преподавателем кафедры «Информационные технологии и безопасность» Карагандинского государственного технического университета. Сфера научных интересов: параллельные вычисления, базы данных, компьютерные сети, разработка программного обеспечения.

Н.В. Байдикова

Магистр техники и технологии, преподаватель кафедры вычислительной техники Карагандинского индустриального университета. Сфера научных интересов: интеллектуальные информационные системы, компьютерное моделирование.

М.М. Есмагамбетова

Старший преподаватель Карагандинского экономического университета. Магистр техники и технологии, докторант PhD Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Сфера научных интересов: компьютерные модели массового поведения и информационное обеспечение безопасности в условиях

чрезвычайного положения.

Аннотация. В статье рассмотрена концепция построения хранилища данных путей передвижения для интеллектуальной транспортной системы города. Приведен математический аппарат формализованного описания транспортной системы на основе гиперсети, дуги которой являются путями передвижения. Рассмотрен рекурсивный алгоритм получения данных о путях передвижения, а также механизм использования матриц смежности по маршрутным связям. Исследования проводятся в рамках проекта AP05133699 «Исследование и разработка инновационно-телекоммуникационных технологий с использованием современных кибер-технических средств для интеллектуальной транспортной системы города».

Ключевые слова: хранилище данных, интеллектуальные транспортные системы, матрицы корреспонденций.

Введение

Современные городские транспортные системы (ГТС) – сложные образования, объединяющие инфраструктуру, функциональную структуру и среду потребления транспортных услуг [1].

Важнейшей задачей цифровизации управления городским транспортом является создание современных хранилищ данных и центров обработки, что наряду со средствами телекоммуникаций позволит эффективно использовать информацию, а также модели анализа процессов передвижения населения в городе, процессов обслуживания пассажиров и движения транспортных единиц.

SMART управление перевозками пассажиров может осуществляться как на макроуровне (рисунок 1), так и на микроуровне [1]. Микросистемы предполагают использование логистических принципов при организации транспортного обслуживания работников предприятия как одного из аспектов производственной деятельности.

К макро SMART относятся системы, участвующие в организации транспортного обслуживания. Управление на макроуровне предусматривает решение следующих задач:

- разработку общей концепции построения маршрутной сети;
- выбор рациональных направлений перевозок;
- отбор операторов и определение их объема работ;
- оптимизацию распределения объектов инфраструктуры по территории региона.

Центральной проблемой решения этих задач является анализ потоков на маршрутных сетях взаимодействующих видов транспорта. Для решения этой задачи необходимо создать хранилище данных о базовой транспортной сети города, состоящей из множества пунктов и проложенных между ними коммуникаций (связей).

Хранилища данных (ХД) – это современные информационные технологии, методы и средства проектирования и построения автоматизированных систем, ориентированных на анализ данных.

На транспортной сети формируется маршрутная сеть, представленная совокупностью транспортных маршрутов, по которым организовано движение транспорта. Здесь на маршрутах осуществляется производство конечного продукта транспортной системы - перевозок. Между пунктами транспортной сети осуществляются передвижения (корреспонденции), которые обобщенно можно реально представлять интенсивностью потока. С использованием данной информации необходимо оценивать и анализировать работу транспортных маршрутов.

Целью настоящей работы является разработка методики и алгоритмов формирования хранилища данных о передвижениях с целью дальнейшего использования для оптимизации транспортной системы.

Качественная характеристика системы

Социальная характеристика системы

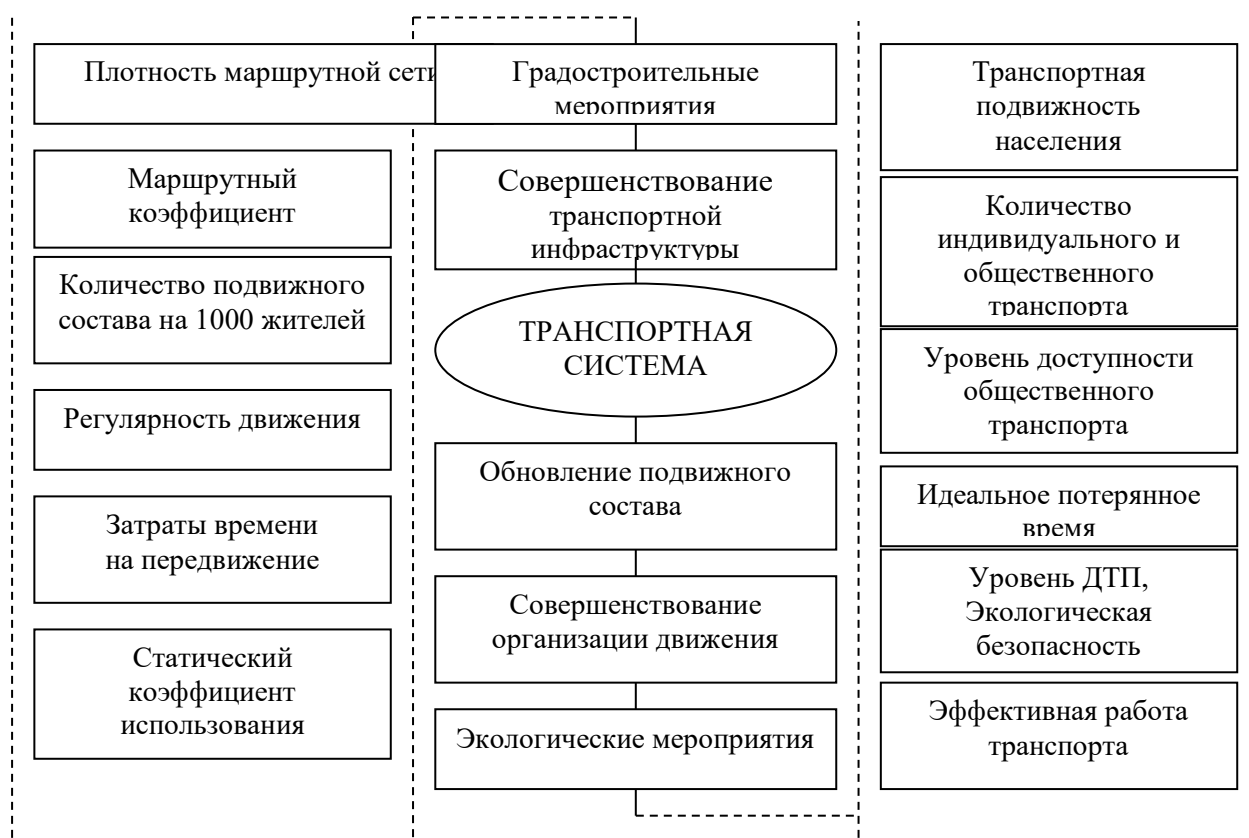


Рисунок 1. – Параметры качества транспортного обслуживания на макроуровне

Материалы и методы

Наличие разных подходов к решению задачи распределения потоков на маршрутных сетях транспортных систем городов связано, на наш взгляд, с различным пониманием вопроса о детальности представления путей передвижения в городе.

Наиболее распространенный подход обычно предусматривает распределение корреспонденций по кратчайшим путям и направлениям, которые представляют собой объединение нескольких видов транспорта, обладающих определенным общим свойством, например, для системы городского общественного транспорта (ГОТ) такими направлениями являются: наземный уличный транспорт, внеуличный транспорт, метро, железнодорожный пассажирский транспорт и т.д.

Предлагаемый подход опирается на возможность формирования хранилища данных о возможных путях передвижения для крупных транспортных систем, а также получение обобщенной информации для планирования и управления их развитием. Наиболее сложным и важным в этом подходе является вопрос формирования путей передвижения, адекватных существующим способам передвижения потоков на транспортных сетях. Модели массового поведения и обслуживания, при явном определении путей передвижения и их параметров, позволяют получить детальные характеристики процессов передвижения в транспортной системе.

Ввиду многогранности и сложности учета множества взаимосвязанных элементов в качестве основного инструмента для изучения транспортных систем городов используется методология моделирования сложных систем массового поведения. Такая имитационная

модель позволяет с определенной степенью адекватности показать динамику взаимодействия транспортных систем, представить поведение исследуемого объекта в зависимости от изменения входных параметров, обеспечивает возможность многовариантного проектирования.

Предлагаемый комплекс моделей проектирования базируются на разработанном формализованном описании транспортной системы и имитационном моделировании процессов обслуживания на маршрутных сетях. Использование этого комплекса моделей включает следующие основные этапы:

- построение хранилища данных путей передвижения (ХДПП) между всеми корреспондирующими пунктами города;
- моделирование процессов обслуживания потоков на маршрутной сети;
- формирование реального потокораспределения на маршрутной сети с использованием моделирования процессов обслуживания на маршрутах.

Концепция ХД предполагает не просто единый логический взгляд на данные, а реализацию единого интегрированного источника данных.

ХДПП строятся на основе многомерной модели данных, которая подразумевает выделение отдельных измерений и фактов, анализируемых по выбранным измерениям. Прежде всего, это данные о маршрутах, в частности координаты остановок и интенсивности потоков входящих и выходящих пассажиров, данные о дорожной сети. Многомерная модель данных физически может быть реализована как в многомерных СУБД, так и в реляционных.

Основные требования к ХДПП:

- предметная ориентированность;
- интегрированность;
- неизменчивость;
- поддержка хронологии.

Математический аппарат формализованного описания транспортной системы рассмотрен в работе [2]. В рамках исследований по проекту AP05133699 «Исследование и разработка инновационно-телекоммуникационных технологий с использованием современных кибер-технических средств для интеллектуальной транспортной системы города» института ИВТ КН МОН РК были предложены собственные модели [3, 4]. Транспортная сеть, маршрутная сеть, корреспонденции между пунктами на транспортной сети, потоки на маршрутной сети, пути передвижения между пунктами транспортной системы предлагается представлять гиперсетью, дуги которой являются путями передвижения.

Путь $h^{p_{kij}}$ между пунктами i и j на МС можно описать следующим образом:

$$h^{p_{kij}} = \{i, j; t(h^{p_{kij}}); p; k_1, \xi_1, \eta_1; k_2, \xi_2, \eta_2; \dots; k_l, \xi_l, \eta_l, \dots, k_p, \xi_p, \eta_p\}, \quad (1)$$

где $t(h^{p_{kij}})$ – затраты времени на передвижение по пути $h^{p_{kij}}$; p – порядок пути; k_l – индекс ТМ, осуществляющего l -ю маршрутную связь (ξ_l, η_l) ; ξ_l и η_l – начальный и конечный пункты в маршрутной связи (ξ_l, η_l) , $l = \overline{1, p}$.

Для получения совокупности дуг $\{h_{ij}^{q+1}\}$ берутся совокупности $\{h_{i\xi}^q\}$ и к ним присоединяются маршрутно-пешеходные связи из совокупности $\{h_{\xi j}^{MP}\}$.

Операцию склеивания \otimes можно определить следующим образом:

$$\begin{aligned}
 & (i, \xi; t_s; q; k_1, \dots, k_q; \xi_1, \eta_1, \dots, \xi_q, \eta_q) \otimes (\xi, j; t_V; k_V; \eta_V) = \\
 & = \begin{cases} (i, j; t_s + t_V; q + 1; k_1, \dots, k_q, k_V; \xi_1, \eta_1, \dots, \xi_q, \eta_q, \xi, \eta_V), \text{ если} \\ q + 1 \leq q^M \wedge t_s + t_V \leq \alpha t_{ij}^M \wedge (k_1, \dots, k_q, k_V) - \text{элементарная после-} \\ \text{довательность} \wedge (i, \xi_1, \eta_1, \dots, \xi_q, \eta_q, \xi, \eta_V, j) - \text{элементарный путь.} \\ \emptyset - \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Стратегия выбора пассажирами ξ -го пути следования из i -го района в j -й из всей совокупности возможных путей может быть задана вероятностной функцией, зависящей от параметров пути передвижения.

Распределение корреспонденций по имеющимся путям передвижения в соответствии со стратегией выбора, очевидно, является «идеальной». Идеальное потокораспределение соответствует интересам пассажиров, осуществляющих поездки, однако оно не учитывает процессы, которые возникают при их обслуживании. Для получения реального потокораспределения разработана имитационная модель. С использованием разработанной модели может быть описан процесс обслуживания пассажиров. Так как пассажиры на основе своего опыта имеют информацию о процессе обслуживания, который их ожидает, то будет происходить перераспределение идеальных потоков и приспособление передвижения к реальной пропускной способности маршрутов гиперсети. Для того, чтобы учесть это, используется процедура пересчета временных параметров гиперграфа $L(Z, W)$.

Рассмотрим разработанный алгоритм построения хранилища данных путей передвижения.

1. Выбирается маршрут на текущей остановке, до тех пор, пока не будут рассмотрены все маршруты, проходящие через текущую остановку.

2. Если маршрут пешеходный: 2.1. Выбирается остановка до тех пор, пока не будут рассмотрены все пешеходные передвижения от текущей остановки до всех существующих остановок. 2.2. Если выбранная остановка присутствует в списке найденных ветвей текущего пути, то возврат в п. 2.1 2.3. Если ветвь от текущей остановки до выбранной является текущим решением, то эта ветвь вносится в текущий путь. Вызывается рекурсивно данную процедуру, содержащую параметры текущего пути. После окончания рекурсии последняя найденная ветвь удаляется из текущего пути. 2.4 Возврат в п. 2.1

3. Если маршрут не пешеходный: 3.1. Если данный маршрут уже был использован передвижениями по найденным ветвям текущего пути, то возврат в п. 1 3.2. Если количество использованных непешеходных маршрутов на 1 больше числа возможных пересадок, то выбранный маршрут должен быть последним. Следовательно, если ветвь от текущей остановки реку до пункта назначения с использованием выбранный маршрут является текущим решением, то эта ветвь вносится в текущий путь, который заносится в результирующий набор. Последняя найденная ветвь удаляется из текущего пути. 3.3. Возврат в п.1. 3.4. Если выбранный маршрут - не последний, то выбираем остановку на выбранном маршруте до тех пор, пока не будут рассмотрены все передвижения от текущей остановки до всех остановок по данному маршруту. 3.5. Если выбранная остановка присутствует в списке найденных ветвей текущего пути, то возврат в п. 3.4. 3.6. Если ветвь от текущей остановки до выбранной является текущим решением, то эта ветвь вносится в текущий путь. Если выбранная остановка совпадает с пунктом назначения, то текущий путь заносится в результирующий набор, иначе вызывается рекурсивно описываемая процедура, содержащая параметры текущего пути. После окончания рекурсии последняя найденная ветвь удаляется из текущего пути. 3.7. Возврат в п. 3.4. 3.8. Возврат в п. 1.

Проверка на достоверность решения включает в себя:

- проверку на совпадение текущей остановки с выбранной остановкой;
- проверку на существование пути из текущей остановки в выбранную остановку;
- проверку на отклонение по времени.

Рассмотрим пример работы алгоритма поиска на простейшей транспортной системе.

Дана транспортная система:

–остановки: [1, 2, 3, 4, 5].

–список маршрутов [0, A, B].

–маршруты:

0 – все пешеходные передвижения [4-5];

A – [1, 2, 3, 4];

B – [1, 5, 3].

Схема дорог с маршрутами:

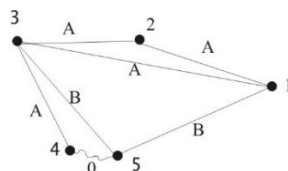


Рисунок 1. – Схема дорог с маршрутами

Рассмотрим структуру поиска всех возможных путей к передвижениям из 1 в 3.

Условия поиска:

–ограничение по времени не учитывается (только для данного демонстрационного случая);

–возможны 3 пересадки;

–каждый маршрут может быть использован только 1 раз.

Шаг 1. {текущая остановка 1, маршрут 0}.

Результат поиска: не найдено пешеходных передвижений из 1.

Шаг 2. {текущая остановка 1, маршрут A}.

Результат поиска: найдено передвижение из 1 в 2 по маршруту A.



Рисунок 2. – Результат поиска: найдено передвижение

Шаг 3. {текущая остановка 2, маршрут A}.

Результат поиска: не найдено передвижений из 2. Возврат.



Рисунок 3. – Результат поиска: найдено передвижение

Шаг 4. {текущая остановка 1, маршрут A}.

Результат поиска: найдено передвижение из 1 в 3 по маршруту А. Текущий путь внесен в результирующий набор (дерево решений). Возврат.

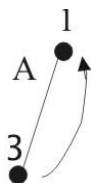


Рисунок 4. – Результат поиска: найдено передвижение из 1 в 3 по маршруту А

Шаг 5. {текущая остановка 1, маршрут В}

Результат поиска: найдено передвижение из 1 в 5 по маршруту В.

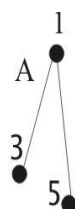


Рисунок 5. – Результат поиска: найдено передвижение из 1 в 5 по маршруту В

Шаг 6. {текущая остановка 5, маршрут В}

Результат поиска: найдено пешеходное передвижение из 5 в 4.

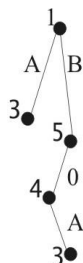


Рисунок 6. – Результат поиска: найдено пешеходное передвижение из 5 в 4.

Шаг 7. {текущая остановка 4, маршрут А}

Результат поиска: найдено передвижение из 4 в 3 по маршруту А. Текущий путь внесен в результирующий набор (дерево решений). Возврат.

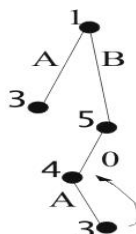


Рисунок 7. – Результат поиска: найдено передвижение из 4 в 3 по маршруту А

Шаг 8. {текущая остановка 4, маршрут А}

Результат поиска: не найдены передвижения из 4 по маршруту А.

Шаг 9. {текущая остановка 1, маршрут В}

Результат поиска: найдено передвижения из 1 в 3 по маршруту В. Текущий путь внесен в результирующий набор (дерево решений). Возврат.

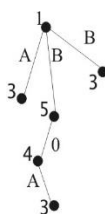


Рисунок 8. – Результат поиска: найдено передвижения из 1 в 3 по маршруту В

Шаг 10. {текущая остановка 1, маршрут 0}

Результат поиска: не найдены передвижения из 1.

Шаг 11. {текущая остановка 1, маршрут А}

Результат поиска: не найдены передвижения из 1.

Шаг 12. {текущая остановка 1, маршрут В}

Результат поиска: не найдены передвижения из 1.

Шаг 13.

Результирующий набор (дерево решений):

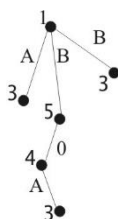


Рисунок 9. – Дерево решений

Результаты исследований

Полученное дерево решений может быть записано в ХДПП.

После того, как ХДПП создана и все данные внесены в систему начинается главная процедура анализа. Она осуществляется в два этапа:

1. Получение первого приближения матрицы потенциальных корреспонденций (МПК);
2. Составление системы уравнений и получение МПК с заданной точностью.

Первое приближение МПК находится приближенным методом энтропийного моделирования с использованием данных об обследовании, средних данных по городу и различных коэффициентов, полученных во время проведенных обследований. Этот метод заключается в распределении пассажиропотоков, отправляющихся из транспортных районов города (остановок) в другие районы в соответствии с функцией, отражающей трудность передвижения между районами. Для реализации обычно выбирают экспоненциальную модель функции тяготения вида $e^{-l/l_{cp}}$, где l – расстояние между транспортными районами, а l_{cp} – средняя дальность поездки по городу. Для выравнивания матрицы обычно применяют метод балансировки корреспонденций.

Система уравнений, отражающая взаимосвязь пассажиропотоков на маршрутах с корреспонденциями между транспортными районами города, сформированная с использованием ХДПП позволяет рассчитать реальные корреспонденции.

Важный вопрос урбанистики - достижимость между районами города. На основе данных, полученных в ходе построения ХДПП, формируем матрицы смежности по маршрутным связям и более сложных передвижений.

Задача анализа достижимости фактически сводится к формированию и анализу экстремальных путей на гиперсети передвижений в городе. Она является вычислительно

сложной ввиду большой размерности исходных матриц смежности. Поэтому предлагается использовать концепцию параллельных вычислений умножения с использованием нескольких гетерогенных узлов.

Основной задачей при этом является нахождение оптимального разбиения данных, которое определяет способы распределения частей матриц среди доступных вычислительных элементов при выполнении операции умножения матриц. Разбиение данных производится с целью оптимизировать показатели по определенным критериям работы компьютерных приложений.

Цель разделения данных - оптимально распределить вычислительную нагрузку при выполнении матричных вычислений среди доступных процессоров. Скорость, с которой отдельный процессор может выполнять основные операции, такие как сложение и умножение, определяет долю общей задачи, на которую он будет назначен. Таким образом, при параллельных вычислениях все процессоры будут одновременно выполнять вычисления, и ни один из процессоров не будет простаивать.

Оценка оптимальности формы разделения должна быть произведена на основе объективных факторов, в качестве которых будет выступать время вычисления искомой матричной операции.

Для проведения вычислений в рамках исследования используется методика разбиения элементов матрицы на трех абстрактных гетерогенных процессорах, объединенных полносвязной топологией с различными пропускными способностями сети передачи данных, представленная в работах 5-7. В зависимости от исходной вычислительной мощности кластера выбирается оптимальная форма разбиения данных для конкретной задачи.

Заключение

В ходе проведенного исследования рассмотрены модели передвижения пассажиров городского пассажирского транспорта на основе гиперсетей. Показано, что равновесное состояние соответствует минимальным затратам времени на передвижение пассажиров и определяет распределение пассажиров по путям следования в соответствии со стратегией выбора пути. В предлагаемой модели равновесное состояние определяет распределение пассажиров по путям следования в соответствии со стратегией выбора пути. Рассмотрены возможности моделирования передвижения пассажиров городского пассажирского транспорта на основе гиперсетей.

Таким образом распределение потоков пассажиров по дугам графа $L(Z, W)$ в равновесном состоянии $\hat{G}(h, e)$, $(h, e) \in W$ учитывает стратегию выбора пассажирами путей следования и реальные процессы обслуживания на гиперсети ГОТ.

В целом для предлагаемой модели справедлив вывод, который заключается в том, что сходимость имеет место, если функции $\{P_{\xi}^{ij}\}$ и $\{T_{\xi}^{ij}\}$ являются непрерывными.

На основании полученной математической модели может быть использован алгоритм добычи данных для ХДПП, основанный на методе поиска с возвратом. Результирующий набор представляет собой многомерное дерево решений, данные которого вносятся в хранилище.

В системе данные хранятся в виде многомерной базы данных, созданной в СУБД MS SQL Server 2017. Часть данных непосредственно вводится в БД с использованием интерфейса разработанного программного обеспечения. Другая часть генерируется подпрограммами системы [8] и также вносится в БД.

Приведенные алгоритмы позволяют строить хранилище данных, удовлетворяющее основным требованиям к ХДПП.

Список литературы

[1.] Организация хранилищ данных для Смарт систем городского общественного транспорта: монография для магистрантов специальностей 7М06101 "Информационные системы", 7М06102

"Вычислительная техника и программное обеспечение" / М. Н. Калимолдаев [и др.]. - Алматы: Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, 2019. - 119/1 с.

[2.] Яворский В.В., Утепбергенов И.Т. Структурные методы совершенствования управления транспортными системами городов. Караганда: КарГТУ, 2006. – 227с.

[3.] Яворский В.В., Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т. Models of analysis of distribution of passenger traffics in routed transport systems // Материалы международной конференции XIII Balkan Conference on Operational Research (BALCOR 2018). — Belgrade, Serbia, 2018.

[4.] Яворский В.В., Ключева Е.Г., Мутовина Н.В., Касымова Д.Т. Расчет транспортной потребности на основе анализа линейных многообразий // Материалы научной конференции ИИВТ КН МОН РК «Инновационные IT и Smart-технологии», — Алматы : ИИВТ МОН РК, 2019. — С. 278-286.

[5.] Ключева Е.Г. Оптимальная форма разбиения данных при реализации алгоритма последовательной коммуникации с наложением на трех гетерогенных процессорах, объединенных полносвязной топологией с различными пропускными способностями сети передачи данных// Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей. – 2018. - № 2(82) - С.46-51.

[6.] Ключева Е.Г., Адамов А.А., Оспанова А.Е., Сницарь Л.Р., Кулбаева Л.Н. Исследование оптимальной формы разбиения данных для умножения матриц на трех гетерогенных процессорах с полносвязной топологией и различными пропускными способностями // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2 – С. 83-88.

[7.] Ключева Е.Г., Яворский В.В., Адамов А.А. Определение оптимального разбиения элементов матриц при параллельном умножении на гетерогенных процессорах // Материалы научной конференции ИИВТ КН МОН РК «Инновационные IT и Smart-технологии», посвященной 70-летию юбилею профессора Утепбергенова И.Т. — Алматы : ИИВТ МОН РК, 2019. — С. 176-181.

[8.] Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом. Яворский В.В., Ключева Е.Г., Ахмедиярова А.Т., Касымова Д.Т. Программа для ЭВМ, Модуль «RouteSearch», 21.01.2019.

FORMATION OF STORAGE AND ANALYSIS OF BIG MOVEMENT DATA IN THE CITY

M.N. Kalimoldaev
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences

V.V. Yavorsky
Doctor of Technical Sciences, Professor of Karaganda State Technical University

M.A. Sonkin
Doctor of Technical Sciences, Professor of the National Research Tomsk Polytechnic University

V. Voychik
Doctor of Technical Sciences, Professor (Technology), Director of the Institute of Electronics and Informatics

I.T. Utepbergenov
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Innovative and Smart Technologies

A.T. Akhmediyarova
Senior Researcher, Institute of Information and Computing Technologies

D.T. Kasymova
Master of Engineering and Technology, Senior Researcher, Institute of Information and Computing Technologies

E.G. Klyueva
Master of Karaganda State Technical University

N.V. Baidikova
Master of Technology, Karaganda State Industrial University

M.M. Esmagambetova
Master of Engineering and Technology, doctoral student at Eurasian National University named after L.N. Gumileva

*Institute of Information and Computing Technologies of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan,
Karaganda State Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation
Institute of Electronic and Information Technology, Lublin, Republic of Poland
Eurasian National University named after L.N. Gumileva, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
Karaganda Industrial University, Temirtau, Republic of Kazakhstan
E-mail: ms.bnatalya@mail.ru, marzhan1983@mail.ru, wojcik@pollub.pl, sonkin@tpu.ru, yavorskiy-v-v@mail.ru, e.klyueva@kstu.kz, mnk@ipic.kz, i.utepbergenov@gmail.com, dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru*

Abstract. The article discusses the concept of constructing a repository of data on travel routes for the intellectual transport system of the city. The mathematical apparatus of a formalized description of a transport system based on a hypernet, whose arcs are paths of movement, is given. A recursive algorithm for obtaining data on paths of movement, as well as a mechanism for using adjacency matrices for route connections, is considered. Research is carried out as part of the project AR05133699 “Research and development of innovative telecommunication technologies using modern cyber-technical means for the intellectual transport system of the city”.

Keywords: data warehouse, intelligent transport systems, correspondence matrices.