

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Тесёлкина Александра Александровича на тему:

«Методы планирования и статистического анализа наблюдений для оценки матриц транспортных корреспонденций»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Актуальность работы. Статистический анализ потоков для оценки матриц корреспонденций является актуальным направлением исследований в задачах на сетях. Интерес к этой теме подтверждается значительным количеством публикаций в научной литературе в последние годы. В общем случае, матрицы корреспонденций предполагают оценку потока любой природы между двумя узлами сети. Как следствие, практическая применимость методов анализа корреспонденций не ограничена транспортными сетями, они могут использоваться, например, для анализа компьютерных сетей.

В диссертационной работе предлагается метод оценки транспортных корреспонденций, основанный на марковских моделях. Теоретические основы марковских моделей, рассматриваемых в работе, давно хорошо известны, но их применение в задачах на транспортных сетях не имело широкого распространения. Использование марковских моделей заметно упрощает задачу оценивания корреспонденций, однако их применимость необходимо отдельно оговаривать в каждом случае.

Задача планирования наблюдений за транспортным потоком рассматривается как задача распределения некоторого абстрактного ресурса по узлам сети. Результаты, полученные при решении задачи планирования с использованием информационной матрицы Фишера, можно использовать как рекомендации к выбору наиболее информативных точек для обследования потоков.

Актуальность практического применения методов в задачах математического моделирования транспортных потоков не подлежит сомнению. В последнее время задачи моделирования коммуникационных систем становятся актуальными из-за

тенденции к более тщательному планированию распределения имеющихся ресурсов.

Направление диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 05.13.17 п. 5. «Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечениях, ...».

Научная новизна диссертационного исследования и полученных результатов состоит в следующем:

1) предложены классификации моделей наблюдения за транспортными потоками в зависимости от расположения наблюдателя, его типа, полноты собираемой информации и вида транспортного графа для выделения соответствующих методов оценки корреспонденций;

2) метод оценки матрицы транспортных корреспонденций по наблюдениям за транспортными потоками на основе Марковских моделей с использованием фундаментальной матрицы, в отличие от известных, не требует дополнительной информации о путях реализации корреспонденций;

3) поставлена и решена задача планирования наблюдений за потоками в транспортном графе для оценки корреспонденций, которая интерпретируется как задача распределения абстрактного ресурса, сводится к минимизации функционала от информационной матрицы Фишера и позволяет повысить информативность собираемых наблюдений при обследованиях транспортных потоков;

4) метод решения задачи планирования наблюдений за потоками в транспортном графе, соответствующий оценкам максимального правдоподобия, позволяет получить интерпретируемое решение в аналитическом виде;

5) метод решения задачи планирования наблюдений за потоками в графе, соответствующий байесовским оценкам, позволяет учесть априорную информацию об объемах потоков и свести исходную задачу к нелинейной оптимизационной с линейными ограничениями.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций. Автор использует в качестве теоретической основы фундаментальные труды известных отечественных и зарубежных ученых. Что касается общего подхода к моделированию транспортных потоков при помощи дискретных цепей Маркова, то здесь возражений нет. Сторонний наблюдатель, расставив камеры наблюдений на

перекрёстках может, ничего не зная о намеченных маршрутах следования водителями, набирать статистику выбора водителями направления для дальнейшего движения и таким образом оценивать вероятности переходов Марковской цепи. Аналогичный подход применяется при моделировании сетей массового обслуживания. Для экспоненциальных сетей этот подход обоснован в теореме Джексона, которая обобщалась многими авторами. Несмотря на очевидное не Марковское поведение составляющих потоков: каждый (водитель с самого начала знал, по какому маршруту он поедет) поведение потоков в целом может адекватно описываться переходами Марковской цепи из состояния в состояние. Так что общий подход автора к моделированию потоков можно считать адекватным. В процессе диссертационного исследования корректно использовались методы математической статистики, оптимального планирования экспериментов, теории графов и др. Выдвинутые на защиту положения аргументированы и подтверждены результатами диссертационного исследования.

Наиболее значимые научные результаты. К основным научным результатам диссертационной работы следует отнести классификацию моделей наблюдения за потоками в сети в зависимости от типа наблюдателей и структуры графа, метод оценки матрицы корреспонденций по наблюдениям за транспортными потоками, постановку и методы решения задачи планирования наблюдений за потоками.

Структура и содержание диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5-ти разделов основного содержания, заключения, списка использованных источников из 102 наименований и 3 приложений. Работа изложена на 162 страницах.

Во введении приведен краткий обзор современного состояния научной проблемы, обоснована актуальность, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, отмечены научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе рассмотрено текущее состояние предметной области. Приведен краткий обзор методических подходов к построению транспортной модели. Разобраны различные интерпретации транспортного графа как представления транспортной сети. Отдельный подраздел посвящен

математической постановке задачи транспортного равновесия. Описано сведение задачи транспортного равновесия к вариационному неравенству и оптимизационной задаче. Рассмотрены методы решения задачи поиска равновесных потоков. Выполнен обзор различных подходов к оцениванию матрицы корреспонденций.

Во второй главе внимание уделено моделям наблюдения за транспортными потоками для оценки корреспонденций. Рассмотрена интерпретация транспортного графа как марковской цепи с дискретным временем. Рассмотрены различные методы оценивания матрицы корреспонденций по данным наблюдений. Предложен метод оценки корреспонденций, основанный на марковском представлении транспортного графа и зависящий от фундаментальной матрицы марковской цепи.

Третья глава направлена на вопросы, связанные с планированием наблюдений за транспортными потоками. Сделана постановка задачи планирования наблюдений как задачи распределения ресурса. Предложены методы решения задачи планирования, основанные на оценках максимального правдоподобия и байесовских оценках.

В четвертой главе представлены возможности практического применения разработанных методов. Даны практические рекомендации по использованию разработанных методов. Представлены основные показатели разработки транспортных моделей города Новосибирска, Новосибирской агломерации и Новосибирской области.

В пятой главе описано разработанное автором диссертации программное обеспечение для моделирования и анализа транспортных сетей.

В заключении приведен перечень основных результатов диссертационного исследования.

Апробация работы. Основные положения и результаты их реализации успешно апробированы на научно-практических конференциях различного уровня. Список публикаций содержит 24 работы, в том числе 4 в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, что свидетельствует о полноте публикаций основных результатов диссертации в научной печати. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Замечания по диссертации:

1. В качестве *цели* исследования (вместо разработки методов планирования наблюдений и оценки матриц корреспонденций по наблюдениям за потоками в транспортных графах и последующее их применение в задачах транспортного моделирования) предпочтительно указать повышение *информативности* собираемых данных и *эффективность* применения методов оценки корреспонденций по наблюдениям.

2. Формулировки пунктов научной новизны результатов работы практически мало отличаются от формулировки основных положений, выносимых на защиту. Автору следовало более явно указать отличительные особенности каждого из полученных результатов.

3. В диссертации имеется несколько некорректных утверждений и выкладок, например:

- в выражении (1.3) слева есть x , а справа нет;
- описание движения микрообъектов на интервале $[t, t+1]$ бессмысленно.

4. Имеются замечания по изложению материала:

- неоднозначно приведен термин «матрица корреспонденций». Присутствует как написание «матрица корреспонденций», так и – «матрица корреспонденции».
- на странице 6 имеется несогласованность в предложении «... автора данной диссертационного исследования».
- в тексте имеются орфографические ошибки на страницах 22, 99 и 156.

5. Автором разработана программная система, однако не приведены её технические характеристики: платформа, язык разработки и др. В приложении отсутствуют фрагменты исходного кода разработанной программы. Неясно, чем обусловлена разработка собственного программного обеспечения, если разработка транспортных моделей ведется в программном комплексе PTV Vision VISUM.

6. При описании полученных результатов по отдельным главам, а также результатов работы в целом автор не показывает наглядно в виде численных характеристик, в чем состоит эффект от полученных результатов и выполненных им исследования.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, не снижают научную новизну и достоверность полученных результатов.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 28.08.2017) и предъявляемым ВАК Министерства науки и образования России к кандидатским диссертациям: полученные в диссертационной работе результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики». Ее автор, Тесёлкин Александр Александрович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Заведующий кафедрой
«Информационные и вычислительные
системы» Петербургского
государственного университета путей
сообщения Императора Александра I,
доктор технических наук (20.02.12
Военная кибернетика, системный
анализ, исследование операций,
моделирование боевых действий и
систем военного назначения),
профессор

 Хомоненко Анатолий Дмитриевич

21.01.2019

Ученый секретарь совета уни
кандидат технических наук, д

 Колодкин Олег Владимирович

Служебный адрес:

190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

Отзыв поступил
в совет 04.02.2019

Согласен с заключением

06.02.2019

5