

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Германчук Марии Сергеевны «Знаниеориентированные модели много-агентной маршрутизации», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность исследования обусловлена большим числом прикладных задач для транспортных, логистических, социальных и других сетей, которые моделируются много-агентными моделями маршрутизации (multiple Traveling Salesman Problem – mTSP). Сложность структур сетей, их большая размерность и NP-трудность в сильном смысле TSP определяет выбор знаниеориентированных моделей mTSP и алгоритмов, учитывающих знания всех элементов моделей и исходных прикладных задач.

Научная новизна. Несмотря на то, что TSP и mTSP являются NP-полными, индивидуальные экземпляры могут быть эффективно разрешимыми с помощью точных или эвристических алгоритмов. Одним из новых в работе предлагается подход, основанный на предположении, что если задача mTSP является моделью некоторой реальной прикладной задачи, то можно за счет преобразования и снятия части ограничений сразу представлять входные данные в виде, приводящем к полиномиально разрешимым задачам маршрутизации. С учетом знаний о прикладной задаче, предлагается базовая модель mTSP, приводящая к задаче псевдодобулевой оптимизации с ограничениями в виде дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ), которая полиномиально разрешима. Предусматривается возможность снижения размерности этапов преобразования, в частности, с помощью согласованной с mTSP кластеризацией сети и широкого набора метаэвристик.

Теоретическая и практическая значимость. В соответствии с поставленной в работе целью по разработке прикладных моделей многоагентной маршрутизации типа многих коммивояжеров в сложных сетях с учетом прецедентов и знаний представлен широкий спектр алгоритмов, основанных на сведениях mTSP и задачам псевдодобулевой условной оптимизации с ДНФ ограничениями (PB DNF).

На базе теоретических положений этой задачи представлен обобщенный алгоритм, сводящий $mTSP$ к m задачам TSP в виде PB DNF на кластерах, а также алгоритмы многокритериальных $mTSP$. В алгоритмах решения знания представлены в виде продукций. Показана необходимость сочетания логического вывода в решении с прецедентной информацией, синтезом продукционной системы знаний на базе прецедентной информации. Данный подход может лежать в основе разработки многоагентных систем (МАС) типа многих агентов-коммивояжеров, в которых осуществляется взаимный обмен информацией для адаптации к сложной сети и изменяющейся обстановке (это нашло отражение в задаче построения маршрутов в чрезвычайных условиях). Сравнительный анализ подходов, методов и алгоритмов, основанных на метаэвристиках, генетических и эволюционных алгоритмах, позволил разработать и реализовать ряд алгоритмов, имеющих практическую значимость (см. гл. 4). В частности, следует отметить алгоритм согласованной с $mTSP$ кластеризации и обмена информацией о перебрасываемых вершинах между кластерами.

Общая характеристика

Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы, содержащего 255 наименований, два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и один акт о внедрении результатов диссертационного исследования.

Во введении обоснованы выбор темы и ее актуальность, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, изложены достижения предшественников, отмечена научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, указаны методы исследования, применяемые диссертантом, изложены основные научные положения, защищаемые в диссертационной работе.

В первой главе приведены основные определения, понятия, факты и модели, связанные с многоагентной маршрутизацией. Дано определение знаниеориентированных задач TSP ($mTSP$), используемое в работе.

Ориентируясь на алгоритмы прикладной маршрутизации, диссертант обосновывает необходимость набора достаточно простых и реализуемых моделей, направленных на снижение размерности (кластеризации) исходной задачи и использование полиномиальных алгоритмов, и выделяет различные обобщения TSP (включая примеры ее полиномиальных моделей), использующих информацию (знания). Отмечается, что для разработки перспективных алгоритмов маршрутизации нужно учитывать знания о решениях, компонентах моделей, структуре сложных сетей.

На основании специфики взаимодействия агентов в решении сетевых задач маршрутизации определяется основная проблематика интеллектуального управления в много-агентных системах (МАС) типа mTSP: глобальная цель агентов – общая (причем осознание этого отдельными агентами не является обязательным), все агенты обладают одинаковым доступом к ресурсам, а сама оптимизационная задача многокритериальна. Эта задача состоит в синтезе оптимальной сети за счет постоянной ее реоптимизации относительно добавления вершин, дуг, внутренних условий (ДНФ ограничений), знаний. Способ решения указанной задач – обмен информацией между агентами (коммивояжерами).

Во второй главе обосновывается разработка алгоритмов mTSP и алгоритмов управления агентами. В основном это – алгоритмы, преобразующие mTSP к псевдодобулевой модели с ограничениями, представленными дизъюнктивной нормальной формой (ДНФ), однако для ряда частных (но важных) случаев обосновывается применение и других алгоритмов (например, алгоритмов максимального разреза).

Третья глава посвящена прикладным алгоритмам маршрутизации mTSP, учитывающим дополнительную информацию. Кроме выбора алгоритма самой маршрутизации, обосновывается и выбор алгоритма приближенного решения (эта задача тоже нетривиальна и актуальна, поскольку модель с ДНФ ограничениями из данных синтезируется приближенно, и сложность такой аппроксимации тоже подлежит оптимизации). В итоге построен обобщенный (единый) алгоритм на приведенных сетях. Построенный алгоритм программно реализован, а обоснованность его применения подтверждена вычислительными экспериментами (тестовыми примерами).

Четвертая глава посвящена приложениям знаниеориентированных моделей к различным прикладным задачам маршрутизации на реальных сложных сетях большой размерности – алгоритмы маршрутизации по доставке ресурсов в регионе Большой Ялты в условиях чрезвычайных ситуаций, алгоритмы выбора наилучших туристических маршрутов по Крыму, алгоритмы интеллектуализации обработки информации социальных сетей. Для каждой из указанных задач разработан соответствующий программный комплекс.

В заключении приведены основные результаты работы.

Замечания

1. Список литературы упорядочен не вполне аккуратно, что заметно даже на публикациях самого диссертанта. Так, статьи М. С. Германчук, опубликованные единолично (без соавторов), занимают позиции с 18 по 23 в этом списке, но, по какому принципу они упорядочены, не очень понятно: если автор решила вначале перечислить статьи в журналах, а только потом – ста-

тьи в сборниках тезисов/материалов конференций, то пункт 22 списка должен идти сразу после пункта 18, а если все-таки выбран хронологический порядок, то пункт 19 должен предшествовать пункту 18. Кроме того, при любом принципе упорядочения списка литературы пункт 46 должен предшествовать пункту 45, пункт 89 – пункту 88, а пункт 96 – пункту 95.

2. Иногда изложение слишком тяжеловесно – есть длинные предложения, которые можно разбить на более простые без ущерба для смысла и понимания.
3. В тексте встречаются незначительные орфографические и пунктуационные ошибки и опечатки.

Однако ни один из вышеуказанных недостатков (равно как и все они в совокупности) не снижает ценности полученных результатов и не меняет безусловно положительной оценки диссертации.

Заключительная оценка работы

По теме диссертационной работы имеется большое число публикаций, в автореферате приведен список из 10 основных работ. В диссертации содержатся сканы двух свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ и одного акта о внедрении результатов диссертационного исследования.

Тема исследования диссертационной работы соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18:

- п. 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений;
- п. 3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий;
- п. 4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Германчук М.С. представляет собой выполненное научное исследование на актуальную тему, в которой получены новые результаты, имеющие научно-практическую ценность. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским

диссертациям по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор, Германчук Мария Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
директор Математического института им. С.М. Никольского
Факультета физико-математических и естественных наук
Федерального государственного автономного университета
высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН)

дата

10/08/22

подпись

/ А. Б. Муравник

Моб.: +7 950 778 13 75, muravnik-ab@rudn.ru

Адрес: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, РУДН

Подпись А.Б. Муравника заверяю

