



УТВЕРЖДАЮ

Ректор АНО ВО «Иннополис»,
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

А.В. Гасников

«26» августа 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Автономной некоммерческой организации высшего образования
«Университет Иннополис»

на диссертационную работу Старожильца Всеволода Михайловича
«Мезоскопическое моделирование транспортных потоков и управление въездами на
основе данных из разнородных источников», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности
2.3.8 – «Информатика и информационные процессы»

Актуальность темы диссертации обусловлена постоянным повышением числа автомобилей в мире и в России в частности, что повышает нагрузку на транспортные сети городов в условиях невозможности расширения уже существующих дорог. Мировая статистика показывает увеличение времени, проводимого автомобилистами в пробках. Таким образом, задача управления транспортными потоками с целью поддержания максимальной пропускной способности сети становится всё более актуальной из года в год, что требует как разработки новых подходов к светофорному управлению, так и новых, вычислительно эффективных методов моделирования больших транспортных сетей.

Работа Старожильца В.М. посвящена разработке мезоскопической модели транспортных потоков, основанной на предположении, что деталями движения каждого отдельного автомобиля в большой транспортной сети и, в особенности, на автомагистрали можно пренебречь. Таким образом, в модели предлагается использовать группы автомобильно-транспортных средств, а для расчёта их скорости на сегментах автомагистрали применяются фундаментальные диаграммы поток-плотность. В работе приведены необходимые для работы модели алгоритмы, вычислительные эксперименты, подтверждающие адекватность модели, проведено сравнение результатов моделирования с моделью разумного водителя, а также теоретически подтверждена возможность повышения пропускной способности московской кольцевой автомобильной дороги за счёт управления въездами на неё.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность избранной темы исследований, сформированы цели и задачи работы, определены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые автором на защиту.

Первая глава посвящена истории развития моделирования транспортных потоков. Приведены два основных направления моделирования: мезо- и макроскопические модели, кратко описаны современные подходы к моделированию. Показаны примеры современных

мезоскопических моделей, а также их отличие от двух основных направлений моделирования.

Во второй главе приводится алгоритм автоматизированного построения фундаментальных диаграмм поток-плотность, необходимых для идентификации модели. Разработанный алгоритм предполагает минимальное вмешательство человека, что позволяет в автоматическом режиме обчитывать большие объёмы данных на протяжении всей транспортной сети. Искомая функциональная зависимость потока от плотности ищется в виде кусочно-гладкой функции для свободного, синхронизированного и заторного потоков соответственно.

Третья глава посвящена комплексированию данных с дорожных датчиков и GPS-треков. Ввиду малых объёмов качественных данных с дорожных датчиков и большого объёма данных с GPS-треков постулируется необходимость в объединении этих данных. Однако, трековые данные фиксируют лишь малую долю проезжающих в транспортной сети автомобилей. Таким образом, в работе построена модель восстановления реального числа проехавших по сегменту автомагистрали машин и их скорости на основе данных с GPS-треков и дорожных датчиков с высокой точностью на автомагистрали. Показано, что трековых данных на въездах и съездах с автомагистрали недостаточно для восстановления реального числа проехавших по ним автомобилей.

В четвёртой главе описана предлагаемая автором мезоскопическая модель транспортных потоков. Приведены внешние и внутренние свойства модели. Описаны ограничения, накладываемые на моделируемую транспортную сеть. Приведены все необходимые для перехода между состояниями системы алгоритмы.

Пятая глава посвящена вычислительным экспериментам на синтетических данных, показывающим работоспособность и адекватность модели на всевозможных базовых конфигурациях дорожной сети – простой прямой дороге, различных видах перекрестков, дорогах с уменьшением и увеличением количества полос – при различных потоках автомобильно-транспортных средств. Показана возможность моделировать волны торможения, адекватность моделирования при снижении плотности транспортных средств на магистрали. Проведены также эксперименты с имеющимися у автора реальными данными.

В шестой главе изложены результаты полного моделирования одной стороны МКАДа в течении одного дня на синтетических данных. Обоснован конкретный вид адекватных задаче моделирования синтетических данных на въезде на МКАД. Показана возможность увеличения пропускной способности выделенной автомагистрали за счёт светофорного управления въездами на неё. Проведены эксперименты как с расчётом всех фундаментальных диаграмм поток-плотность, так и с использованием одной диаграммы для всей автомагистрали, проведено сравнение результатов такого моделирования.

Седьмая глава посвящена сравнению предложенной автором модели и классической модели разумного водителя. Показано малое отличие результатов моделирования между этими моделями, а также существенный выигрыш во времени моделирования предлагаемой мезоскопической моделью относительно модели разумного водителя. Проводятся сравнения времени вычислений при различных конфигурациях дорожной сети и значениях входного потока автомобилей.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты и выводы, сделанные по итогам проведённого исследования.

Основные результаты работы и их новизна состоят в следующем:

1. Разработана мезоскопическая модель транспортных потоков на основе групп АТС с идентификацией с использованием комплексированных данных с GPS-треков и дорожных датчиков;
2. Проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие адекватность и работоспособность изложенной модели.
3. Проведены эксперименты по адаптивному управлению въездами на МКАД с помощью построенной модели, рассмотрены различные варианты идентификации модели — с использованием одной фундаментальной диаграммы поток-плотность для всей автомагистрали, и с использованием всех необходимых фундаментальных диаграмм, показана эффективность светофорного управления выделенной автомагистрали;
4. Подтверждена вычислительная эффективность модели, проведено сравнение с моделью разумного водителя по критериям точности и времени моделирования.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием надёжных и апробированных методов исследования, согласованностью результатов проведения экспериментальных исследований с известными теоретическими и практическими положениями в области моделирования транспортных потоков. Результаты прошли апробацию на международных и российских конференциях, представлены многочисленными публикациями.

Значимость полученных результатов.

Результаты, полученные в работе Старожильца В.М. имеют высокую практическую значимость. В работе приведена новая вычислительно эффективная мезоскопическая модель транспортных потоков, предложены алгоритмы комплексирования данных с GPS-треков и дорожных датчиков, а также процедура автоматизированного построения фундаментальных диаграмм поток-плотность.

В диссертации показана не только высокая точность и скорость вычислений предложенной модели, но и слабая зависимость времени моделирования при изменении пространственной конфигурации моделируемого участка автомагистрали и числа проезжающих по ней автомобилей.

Практическая значимость результатов данной работы подтверждается их применением к реальным задачам оптимизации движения на автомагистрали, о чём имеется соответствующая справка о внедрении.

Рекомендации по использованию результатов.

Результаты диссертационной работы Старожильца В.М. могут быть использованы в следующих приложениях:

- Моделирование транспортных потоков в сетях большого масштаба с различными сценариями поведения автомобилистов. Высокая скорость моделирования позволяет проводить большое число вычислительных экспериментов за короткий промежуток времени.
- Автоматизированное построение фундаментальных диаграмм поток-плотность на основе данных с дорожных датчиков и GPS-треков, что необходимо не только для

предложенной мезоскопической модели, но и в иных микро- и макроскопических моделях транспортных потоков.

- Управление светофорами с целью оптимизации дорожного движения в сети в целом и на выделенной автомагистрали в частности, проверка различных стратегий светофорного управления.

- Планирование дорожной инфраструктуры, прогнозирование изменений в нагрузке на транспортную сеть при строительстве новых жилых районов, открытии крупных торговых центров.

Замечания к диссертации носят преимущественно рекомендательный характер:

1. В разделе 3.2 рассматриваются несколько моделей восстановления реального числа автомобилей на основе данных с GPS-треков. Не до конца понятен выбор конкретного вида искомого функционала. Несмотря на то, что окончательно показана высокая точность восстановления реального числа проехавших АТС, целесообразно было бы расширить исследования в области комплексирования данных.

2. В разделе 5.2.1 приводятся эксперименты с реальными данными для проверки точности моделирования. Однако ввиду недостатка у автора источников реальных данных, моделируемая в приведенном эксперименте конфигурация транспортной сети достаточно простая. Желательно в будущем провести дополнительные эксперименты с реальными данными для верификации работы модели в более сложных дорожных конфигурациях.

3. В главе 7 приводится сравнение предложенной автором мезоскопической модели и микроскопической модели разумного водителя. Выбор именно микроскопической модели обоснован в работе, однако, хотелось бы увидеть схожие эксперименты в рамках сравнения уже с макроскопическими моделями транспортных потоков.

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационного исследования.

Заключительная оценка.

Диссертация Старожильца Всеволода Михайловича «Мезоскопическое моделирование транспортных потоков и управление въездами на основе данных из разнородных источников» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решается актуальная научная задача, имеющая важное практическое значение.

Результаты по теме диссертации изложены в 14 печатных изданиях, 3 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 3 в периодических научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 8 – в тезисах докладов.

Диссертация соответствует всем критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Старожилец Всеволод Михайлович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы». Отзыв на диссертацию обсуждён и одобрен на научном семинаре АНО ВО «Университет Иннополис» по математическому моделированию «20» августа 2026 г.

Я.А. Холодов

Сведения о составителе отзыва

Фамилия, имя, отчество: Холодов Ярослав Александрович

Ученая степень: доктор физико-математических наук

Наименование отрасли наук, научных специальностей, по которым защищена диссертация: 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Должность: руководитель Лаборатории квантовых вычислений

E-mail: ya.kholodov@innopolis.ru

Сведения о ведущей организации

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис»

Сайт: <https://innopolis.university/>

Почтовый адрес: 420500, Российская Федерация, Республика Татарстан, город Иннополис, ул. Университетская, д.1

Телефон: 8 (843) 203-92-53

E-mail: university@innopolis.ru