



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
БГТУ им. В.Г. Шухова  
д.т.н., проф.  
Е.И. Евтушенко  
«29» ноября 2024г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» на диссертацию **Ли Сяокунь** «Совершенствование методов управления скоростным автобусным транспортом (на примере Китайской Народной Республики)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы

### 1 Актуальность темы исследования

Реализация проектов скоростного автобусного сообщения (Bus Rapid Transit (BRT)) имеет большое значение для улучшения городской транспортной среды. В условиях роста численности населения городов и как следствие, увеличение городского трафика реализация проектов BRT может эффективно улучшить городскую транспортную среду. Исследования систем BRT показали что строительство такого рода систем влияет на городское планирование и развитие городов в целом. Помимо этого, комфортабельность и строгое соблюдение расписания транспортных средств BRT могут влиять на удовлетворенность пассажиров. В свою очередь управление и эксплуатация систем BRT сталкивается с множеством проблем, что требует эффективной системы управления и планирования для обеспечения пунктуальности и эффективности транспортных средств.

Используемые в настоящее время методики диспетчеризации и составления расписания BRT, представленные в отраслевых методических документах, не учитывают в должной мере динамические изменения параметров пассажиропотока и не позволяют эффективно координировать работу и осуществлять локальное адаптивное управление. Также отсутствует стандартизированное представление удовлетворенности пассажиров при использовании ресурсов, представляющих интеллектуальные системы BRT для повышения качества обслуживания пассажиров.

В рассматриваемой диссертационной работе Ли Сяокунь решается актуальная научно-техническая задача связанная с разработкой моделей оценки качества работы BRT на основе регрессионного и кластерного анализа и разработкой математической модели оптимизации интервалов движения

BRT с использованием генетического алгоритма и возможностью его применения в реальном режиме времени.

## **2 Оценка содержания диссертации, ее завершенности и качества оформления. Соответствие публикаций и автореферата основным положениям диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Текст диссертации изложен на 189 страницах, включает 35 таблиц и 41 рисунок. Список использованных источников состоит из 131 наименования.

Во *введении* содержится общая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертации, показана степень ее разработанности, определены предмет и объект исследования, сформулирована цель исследования и перечислены задачи исследования, сформулирована научная новизна работы, определены положения, выносимые на защиту, описана практическая значимость работы, приведены используемые методы исследования, обоснована степень достоверности, приведены сведения о реализации и апробации результатов исследования.

В *первой главе* рассказывается о развитии систем скоростного автобусного сообщения (BRT), опыте разных стран и их применении в Китае. В ней описываются вопросы управления системами BRT в транспортном процессе.

Основные выводы главы основаны на конкретных данных и тематических исследованиях строительства и эксплуатации систем BRT в исследуемых городах, которые иллюстрируют, как системы BRT могут решить проблему перегруженности и повысить эффективность общественного транспорта в различных районах, а также анализируют положительные эффекты и недостатки BRT для развития городов.

*Вторая глава* посвящена методам организации и схемам расположения систем BRT, а также применению интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и алгоритмам оптимизации, которые могут быть использованы для повышения эффективности систем BRT. В частности, рассмотрены:

1. Методы организации транспорта для BRT: применение ИТС для мониторинга и корректировки расписания движения автобусов и интервалов отправления; использование динамического планирования и методов многоцелевой оптимизации для корректировки интервалов отправления; использование различных алгоритмов (например, NSGA-2, генетический алгоритм и др.) для оптимизации частоты отправок и работы автобусов; применение технологий сбора данных в режиме реального времени (например, ГЛОНАСС) для повышения частоты отправок и эффективности работы.

2. Методы корректировки расписания BRT: применение данных карт пассажира и информации о работе транспортного средства, для расчета поездок пассажиров и времени остановок; сбалансированность спроса

пассажиры и прибыль операторов для оптимизации работы автобусов путем моделирования частоты отправления.

3. Генетические алгоритмы: для оптимизации сети автобусных маршрутов и частоты отправления, решение проблем путем моделирования принципов естественного отбора и генетики; построение моделей для расчета общего времени ожидания пассажиров и общего времени работы автобуса, и использование данных моделей для оптимизации автобусных услуг

Установлено, что в целом, рассмотренные методы и алгоритмы способны повысить эффективность, надежность и удовлетворенность пассажиров в исследуемой системе BRT.

В *третьей главе* рассматриваются некоторые аспекты совместного применения систем BRT и ИТС. Рассмотрены системы BRT, которые были разработаны в разных городах Китайской Народной Республики в соответствии с местными условиями.

Разработана физическая архитектура ИТС BRT с использованием четырех подсистемы ИТС – центра управления, придорожного оборудования, бортовой системы и стационарного оборудования. Установлены подсервисы для услуг управления движением, таких как мониторинг динамики движения, управление движением, управление спросом и управление столкновениями. Выполнен анализ применения технологий ИТС в китайской системе BRT, и оценка их использования для повышения общей эффективности и улучшения качества обслуживания пассажиров в общественном транспорте.

*Четвертая глава* посвящена расчету программы BRT в г. Цзинане и оценке эффективности разработанной архитектуры ИТС. Установлено, что на основе оптимизации интеллектуальной системы планирования BRT и методов прогнозирования реальной ситуации работы BRT возможно снизить экономические затраты на 9,42%-31,08%.

В целом, содержание диссертации соответствует хронологии поставленных задач для достижения основной цели исследования.

Диссертационная работа имеет качественное техническое оформление, четкое и корректное изложение материала с приведением результатов выполненных расчетов.

Представленные в диссертации научные положения, выносимые на защиту, отражены в 6 научных работах автора, 3 из которых опубликованы в изданиях из перечня рецензируемых журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций. Результаты исследований апробированы на научных конференциях различных уровней.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации; в автореферате изложены основные результаты и выводы диссертации, отражен вклад автора, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на авторов и источники заимствования. В тексте диссертации приведены ссылки на совместные работы, выполненные соискателем в соавторстве.

### **3 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна**

В диссертации содержится совокупность из трех логически взаимосвязанных положений, обладающих научной новизной, реализация которых обеспечивает повышение эффективности транспортного обслуживания:

*Первое положение* – создание интегрированной платформы для интеллектуального общественного транспорта, которая отличается тем, что может объединять данные об общественном транспорте из разных городов, что позволяет эффективно осуществлять точное прогнозирование пассажиропотока;

*Второе положение* – создание системы оценки качества услуг BRT, отличается тем, что в нем рассматривается использование серой регрессии и кластерного анализа для разработки модели оценки качества BRT, что позволяет обойти влияние небольшой выборки для оценки на общую точность оценки;

*Третье положение* – разработка математической модели оптимизации интервалов движения скоростного автобусного транспорта (BRT), отличающейся применимостью в реальном времени генетических алгоритмов, что позволяет точно подстраиваться под изменения пассажиропотока в реальном времени и снижать эксплуатационные расходы.

Полученные выводы позволили сделать заключение о значительном объеме проведенных исследований и обеспечили возможность корректно оценить экономический и экологический эффект от использования полученных автором результатов.

В целом по содержанию результаты и выводы отражают решение основных задач исследования. Результаты и выводы являются обобщением теоретических и экспериментальных результатов и представляют определенную ценность для науки и практики, обладают существенной научной новизной и достоверность.

В целом, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертанта подтверждается:

– выбранной методологической базой из ранее полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований;

– корректным применением апробированного в научной практике понятийного, исследовательского и аналитического аппарата;

– новизной научных положений, выносимых на защиту;

– успешной реализацией результатов работы, использования их в практической деятельности;

– подтверждением результатов экспертными оценками специалистов, обсуждением результатов исследования на международных и всероссийских научных конференциях;

– публикациями основных результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием современных методов сбора и обработки исходной информации, применением современных методов транспортного моделирования, оценкой расчетных данных с использованием статистических критериев и соблюдением положений теории управления системами BRT.

Таким образом, научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы обоснованы и достоверны.

#### **4 Научная и практическая значимость работы. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Научная значимость работы заключается в предложении новой интеграционной платформы общественного транспорта, основанной на научных данных, которая улучшает архитектуру интеллектуальной платформы BRT. Оптимизирован метод оценки качества функций BRT, создана новая модель оценки качества услуг общественного транспорта и проведена оценка качества услуг системы BRT с использованием модели кластерного анализа для объективного сравнения и улучшения качества услуг BRT. Кроме того, была усовершенствована модель управления работой транспорта BRT для оптимизации интервалов отправления BRT. Теоретическая значимость заключается в разработке и анализе методологии создания интегрированной платформы для интеллектуального общественного транспорта, математической модели для оценки качества услуг общественного транспорта и оптимизации интервалов отправления BRT, а также методологии автономной оптимизации интервалов отправления в зависимости от спроса пассажиров и эксплуатационных расходов BRT.

Практическая значимость использования полученных результатов исследования заключается в разработке методологии системы принятия решений по управлению движением в системе BRT. Результаты исследования носят прикладной характер и могут быть использованы для решения практических задач.

Результаты исследования были использованы в практической работе по организации дорожного движения в отряде дорожной полиции Бюро общественной безопасности города Хэцзе (КНР).

Результаты работы, также могут быть использованы в образовательных целях для обучающихся направлений подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.04.01 Технология транспортных средств.

Полученные в диссертации результаты значимы для развития научной специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы, поскольку содержат новые научно-обоснованные технические и технологические, решены научные и практические задачи в области организации перевозок в городском общественном транспорте.

Содержание диссертации соответствует заявляемой области исследования паспорта научной специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы: п. 10. Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения эффективности, надежности и безопасности функционирования интеллектуальных транспортных систем, их отдельных элементов на всех этапах жизненного цикла.

## **5 Основные замечания по работе**

В целом по диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В главе 2, п.п. 2.2 (стр. 44) в модели расчета BRT рассчитана зависимость задания частоты отправления автобусов с использованием системы ГЛОНАСС и BDS. Необходимо указать, осуществляется ли расчет пассажиропотока с помощью IC-карты или с помощью системы позиционирования, чтобы его можно было рационально применить.

2. В уравнениях 8, 9 и 10 (стр. 49) не обозначены единицы изменения параметров, входящих в состав уравнений.

3. В главе 3, п.п. 3.2, выполняя описание инфраструктуры системы BRT в г. Цзинань, следовало бы привести легенду с указанием соответствующей инфраструктуры.

4. На стр. 114, рис. 3.9, не корректно отражена карта маршрутов автовокзала Люлинг Транзит.

5. В главе 4, п.п. 4.1. при построении круговой диаграммы (рис. 4.1) необходимо было указать работу системы BRP, в частности движение пассажира в автобусе, входящем в состав данной системы.

Несмотря на ряд высказанных замечаний, следует отметить что в целом указанные замечания не сказываются на общей положительной оценке диссертации.

## **6 Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

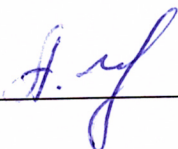
Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой в которой выполнены значительные научные исследования в области повышения эффективности перевозок при организации системы BRT, получены и обработаны значительные объемы экспериментального материала, обоснована адекватность полученных теоретических положений и доказана эффективность внедрения результатов исследования.

Диссертация Ли Сяокунь на тему: «Совершенствование методов управления скоростным автобусным транспортом (на примере Китайской Народной Республики)» соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением

Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Ли Сяокунь заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы.

Отзыв составил:

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».



Шевцова Анастасия Геннадьевна

Диссертация защищена по специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта.

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры эксплуатации и организация движения автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (протокол №4 от 20 ноября 2024 года).

Почтовый адрес:

308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Телефон: +7 (4722) 54-20-87.

Адрес электронной почты: rector@intbel.ru

