

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук Битюкова Сергея Ивановича на диссертационную работу Осетрова Евгения Сергеевича «Математические модели, методы и алгоритмы для прогнозирования пассажирских перевозок», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Работы, позволяющие обосновать и экспериментально подтвердить возможность практического решения задач прогноза при помощи математического моделирования, представляют особый интерес. Поэтому разработка и практическое применение методов с использованием искусственных нейронных сетей и сингулярно-спектрального анализа является важным и актуальным направлением исследований в области математического моделирования.

Основной целью представленной диссертационной работы является развитие математических моделей, методов, алгоритмов и комплексов программ, предназначенных для прогнозирования объемов пассажирских перевозок (на примере Московского метрополитена) в зависимости от различных влияющих факторов. Одним из таких факторов является потребление электрической энергии в Московской агломерации. Этот фактор выступает в качестве оценки изменений социальной и экономической активности населения в рассматриваемом автором регионе.

Постоянное изменение объемов пассажирских перевозок на городском транспорте обуславливает необходимость повышения качества управления, то есть повышение эффективности и скорости принятия управленческих решений в зависимости от ситуации как на метрополитене, так и в окружающей внешней среде, включая климатические условия и динамику энергопотребления, как индикатора экономической, деловой и социальной активности населения агломерации или региона. Анализ, обработка и прогнозирование временных рядов становится частью системы принятия решений. Не вызывает сомнения, что полученные автором результаты

позволят принимать эффективные решения по выработке предприятиями городского пассажирского транспорта мер на основе прогнозируемых суточных объемов пассажиропотока в Московском метрополитене, в том числе: определения количества необходимого подвижного состава для перевозки пассажиров; закупки электрической энергии для тяги поездов; необходимости увеличения на определенных участках транспортной сети обслуживающего персонала и сотрудников метрополитена; планирования работы смежных видов городского общественного транспорта.

Структурно диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы.

Во введении формулируются цели и задачи диссертации, обосновывается актуальность работы.

В главе 1 автором проводится анализ применяемых на практике методов и подходов для определения, оценки изменений и прогнозирования объема пассажирских перевозок, а также проводится теоретическое обоснование применения показателя энергопотребления в качестве фактора для прогнозирования изменений объемов пассажирских перевозок в рассматриваемом регионе. Экспериментальные результаты математического прогнозирования временных рядов исследуемой величины и ключевых факторов, в том числе такого ключевого фактора как величина потребления электрической энергии в рассматриваемом регионе, рассмотрены в последующих главах.

В главе 2 предложена, обоснована и экспериментально подтверждена принципиальная возможность прогнозирования изменений объемов пассажирских перевозок в Московском метрополитене с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) прямого типа. Проведенный анализ исследуемых временных рядов показал, что объемы пассажирских перевозок существенно различаются в рабочие и в выходные-праздничные дни; причем по рабочим дням (на исследуемом диапазоне выборки) регулярны (в связи с сезонными и циклическими составляющими). Поэтому автором

сделан вывод о необходимости разделения исходного временного ряда на два: выходные (праздничные), рабочие (будние) дни. Автором был проведен отбор тех факторов, которые могут влиять на суточные объемы перевозок пассажиров. В результате проведенного анализа из полного набора 15 факторов были отобраны факторы, которые играют ключевую роль в обучении ИНС. Однако, из-за того, что исходный ряд был зашумлен, на первом этапе не удалось получить достаточной точности для горизонта прогнозирования. Для исключения шума из анализируемого ряда была применена вейвлет- фильтрация исходных данных. Эта процедура позволила в четыре раза увеличить горизонт прогнозирования. ИНС с одним скрытым слоем плохо обучалась и, следовательно, с ее помощью нельзя было сделать приемлемого прогноза. Использование многослойного перцептрона с двумя скрытыми слоями показало, что прогнозирование на основе ИНС указанного типа возможно.

При обучении и прогнозировании на вход нейронной сети подавалась выборка, составленная из ключевых факторов, от которых зависит суточный трафик пассажиров в метро. Один из таких факторов — суточное потребление электроэнергии в Московской агломерации. Эксперименты показали, что исключение данного фактора из выборки, которая подается на вход ИНС, существенно снижало качество прогноза. Поэтому для прогнозирования пассажирских перевозок в метрополитене с помощью ИНС, нужно предварительно прогнозировать ключевой фактор - суточное энергопотребление в Московской агломерации.

В главе 3 показано, что проблема среднесрочного прогнозирования суточного потребления электроэнергии в Московской агломерации может быть успешно решена с помощью искусственной нейронной сети рекуррентного типа. Проведенный анализ показал, что прогнозирование, реализованное на основе метода сингулярно-спектрального анализа в пакете «Гусеница–SSA», хорошо согласуется с результатами прогнозирования с использованием ИНС. Построенная вычислительная схема позволяет

обеспечить успешное прогнозирование пассажиропотока в Московском метрополитене в среднесрочной перспективе. При этом один из ключевых факторов, используемых при прогнозировании пассажиропотока – потребление электроэнергии в Московской агломерации предсказывается с применением методики, реализованной в подходе «Гусеница-SSA».

В главе 4 автором развита методика и проведена ее экспериментальная апробация для среднесрочного прогнозирования суточных объемов пассажирских перевозок в Московском метрополитене (прогноз делался на 30 и 50 рабочих (будних) дней). Рассматривается три варианта прогноза: 1) на основе искусственной нейронной сети рекуррентного типа; 2) используя сингулярно-спектральный анализ, реализованный в пакете «Гусеница-SSA»; 3) совместное использование ИНС и подхода «Гусеница-SSA». Показано, что разработанная вычислительная схема, методы и алгоритмы позволяют с приемлемой точностью проводить среднесрочное прогнозирование пассажирских перевозок в Московском метрополитене. Наилучшего варианта прогноза удалось добиться с помощью ИНС рекуррентного типа, на вход которой подавался набор факторов, влияющих на суточные объемы пассажирских перевозок в Московском метрополитене. Проведенный анализ показал, что из указанного набора можно исключить фактор «отклонение дневной температуры от среднестатистической нормы», поскольку он не оказывает заметного влияния на результаты прогноза. Прогноз, построенный на основе сингулярно-спектрального анализа, реализованного в пакете «Гусеница-SSA», и при котором использовались только данные суточных объемов перевозок пассажиров, является смещенным относительно прогнозируемых данных в область больших значений пассажиропотока, это является причиной смещения прогнозных значений в область больших величин объемов перевозок пассажиров при совместном использовании методов ИНС и SSA. От качества, точности и достоверности факторов, подаваемых на вход сети, зависит прогноз исследуемой величины объемов пассажирских перевозок.

В Заключении приведены основные результаты работы.

Работа не лишена недостатков, среди которых можно отметить следующие:

1. В главе 1 автором проводится детальное рассмотрение и анализ существующих и применяемых в практике транспортной отрасли методов прогнозирования объемов пассажирских перевозок, однако в последующих главах не проведено сравнение предложенных автором методов прогнозирования и их результатов с действующими методами прогнозирования.

2. Автором не рассмотрен отдельный класс современных моделей прогнозирования применяемых на практике, основанный на имитационном моделировании процессов формирования объемов пассажирских перевозок. Однако, следует учесть, что автором в работе рассматривается отдельный класс факторных моделей, что определено предметом данного исследования.

3. По тексту диссертации есть неточности в стилистических формулировках, так, например, наряду с термином «объем пассажирских перевозок» автором используется понятие «пассажиропоток», которое характеризуется не только объемами пассажирских перевозок, но и мощностью или напряжённостью, то есть количеством пассажиров, которое проезжает в определённое время на заданном участке маршрута в одном направлении. Данное замечание относится скорее к изложению диссертантом своих исследований и не снижает научной ценности полученных результатов.

Несмотря на вышеуказанные замечания, диссертация написана на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в рамках поставленных в ней целей.

Результаты диссертации, могут быть использованы транспортными предприятиями, осуществляющими пассажирские перевозки и

организациями, обеспечивающими управление и координацию работы транспортных систем.

Результаты, полученные в диссертации, опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных изданиях и представлены в виде научных докладов на научных конференциях и семинарах различного уровня.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертация «Математические модели, методы и алгоритмы для прогнозирования пассажирских перевозок» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Её автор, Евгений Сергеевич Осетров, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент



С.И. Битюков

д.ф.-м.н., внс НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ

Подпись внс НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ

С. И. Битюкова заверяю

Ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ



Н.Н. Прокопенко

Сведения об оппоненте:

Битюков Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий им. А.А. Логанова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», пл. Науки, д.1, г. Протвино Московской обл., 142281
Тел. (4967) 713081, (910) 4735029
e-mail: Sergey.Bitjukov@ihep.ru
Битюков С.И. является соавтором 798 публикаций.
Индекс цитируемости 20 525. Индекс Хирша 61.

