

Кластерный анализ маршрутов новой модели управления наземным городским пассажирским транспортом общего пользования



Максим КУДРЯШОВ



Радион АЙРИЕВ



Георгий ОВНЯН

Кудряшов Максим Александрович – ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия.

Айриев Радион Саркисович – ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия.

Овнян Георгий Мигранович – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.*

В Москве внедрена новая модель управления наземным городским пассажирским транспортом (НМУ). В целях постоянного мониторинга качества транспортного обслуживания населения предполагается внедрить методику его оценки.

Её апробацию предполагается проводить на маршрутах, обслуживаемых коммерческими предприятиями в рамках государственных контрактов на оказание услуг по обеспечению транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом общего пользования на маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в городском сообщении.

Исходя из этого, целью исследования явился выбор объектов в целях проведения апро-

бации методики оценки качества транспортного обслуживания населения наземным городским пассажирским транспортом общего пользования (НГПТ) на маршрутах, обслуживаемых в рамках НМУ.

Выполнено научно обоснованное разбиение заданной выборки маршрутов.

Маршруты классифицированы с использованием классического метода иерархического кластерного анализа, где в качестве меры близости использовано евклидово расстояние с одиночным правилом объединения кластеров. Процедура кластеризации выполнена с использованием метода Варда.

По результатам выполненного кластерного анализа выбрано десять маршрутов, подлежащих дальнейшему анализу.

Ключевые слова: городской транспорт, управление, новая модель управления наземным городским пассажирским транспортом, кластерный анализ.

*Информация об авторах:

Кудряшов Максим Александрович – начальник сектора службы кадров ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия, sparky5@yandex.ru.

Айриев Радион Саркисович – советник заместителя генерального директора ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия, ayrievrs@mail.ru.

Овнян Георгий Мигранович – магистрант кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, georgiy.ovnyan@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2018, принята к публикации 25.04.2019.

For the English text of the article please see p. 189.

НОВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМ ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Система городского пассажирского транспорта является важнейшей социальной сферой города Москвы. От эффективности её функционирования зависят качество жизни населения и продуктивность работы различных отраслей экономики. Совершенствование системы транспортного обслуживания населения требует реализации комплексных исследований по оценке, анализу и выявлению актуальных проблем организации перевозок пассажиров и багажа на территории города [1, с. 1–9; 2, с. 1–14].

В условиях роста автомобилизации и количества индивидуальных поездок в городе к системе городского пассажирского транспорта общего пользования предъявляются требования по повышению качества транспортного обслуживания населения.

Работа транспорта общего пользования должна соответствовать всем нормативно-правовым требованиям по обеспечению безопасности экологии, дорожного движения и пассажирских перевозок.

На основании анализа текущего состояния системы городского пассажирского транспорта в Москве, проведённых ранее научных исследований и передового опыта развития транспортных систем городов мира Департаментом транспорта и развитием дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы разрабатывается ряд мер, реализация которых позволит существенно повысить качество и безопасность работы транспорта общего пользования в столице.

Важнейшим направлением повышения качества транспортного обслуживания населения наземным городским пассажирским транспортом общего пользования (НГПТ) является переход в городе Москве на новую модель управления НГПТ (НМУ НГПТ), предусматривающую оказание услуг по транспортному обслуживанию населения на муниципальных маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа в рамках государственных контрактов.

НМУ НГПТ предусматривает интеграцию частных автотранспортных предприятий в систему транспорта общего пользо-

вания города с переходом на единые стандарты оказания населению транспортных услуг.

Допуск коммерческих автотранспортных предприятий к работе на маршрутах регулярных перевозок в городском сообщении осуществлён на основе государственных контрактов на транспортное обслуживание населения по результатам проведения открытых конкурсов.

С переходом на НМУ НГПТ разработана и внедрена новая маршрутная сеть с учётом устранения дублирующих маршрутов, снижения загруженности транспортной сети, сокращения интервалов движения и последующей корректировки расписания движения. Для каждого маршрута подобран оптимальный класс подвижного состава.

Согласно требованиям [3, Приложение 1, с. 1] весь подвижной состав должен соответствовать экологическому классу не ниже «Евро-4», быть адаптирован для перевозки маломобильных групп населения, оборудован кондиционерами, системами отопления, указателями маршрутов и информационными табло, бортовыми навигационно-связными терминалами, радиостанциями, системой видеонаблюдения и т.д.

Контроль за качеством оказания транспортных услуг осуществляется в автоматическом режиме контроля работы подвижного состава на линии в части соблюдения трассы следования маршрута, выполнения расписания, соответствия вида подвижного состава установленному в параметрах перевозок, чистоты салона, исправности аппарели для маломобильных групп населения, применения единого билета, соблюдения скоростного режима и т.д.

Уровень качества транспортных услуг, предоставляемых населению частными перевозчиками, должен быть не ниже, чем на маршрутах, обслуживаемых государственным перевозчиком.

Всего на аукционы были выставлены 211 маршрутов по 63 лотам, победителями которых стали восемь частных компаний-перевозчиков, заключивших государственные контракты на транспортное обслуживание населения сроком на пять лет [3].

Основным автотранспортным предприятием, обслуживающим маршруты



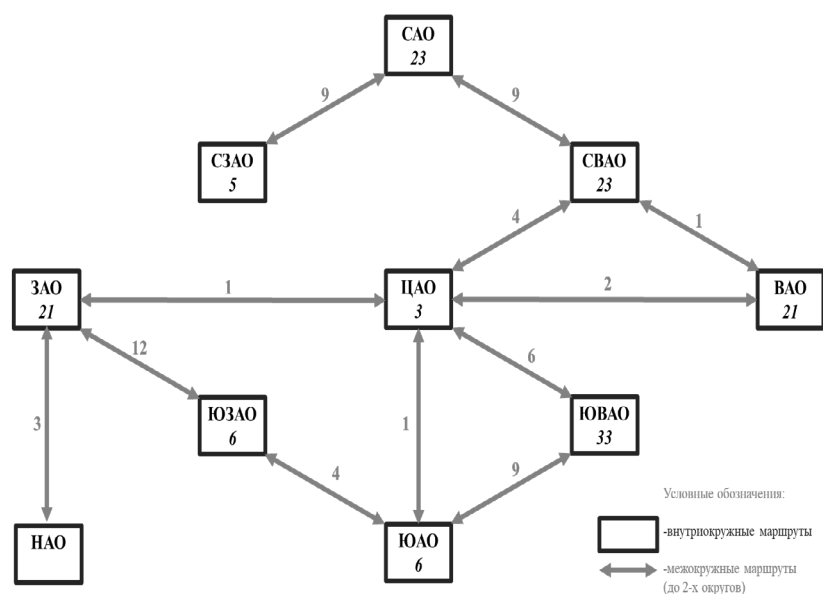


Рис. 1. Граф трасс следования маршрутов.

в рамках государственных контрактов, является ООО «Трансавтолиз», входящее в группу компаний «Автолайн».

Выполненный анализ параметров перевозок [3, Приложение 3] и Реестра [4] в части трасс следования маршрутов НМУ НГПТ в разрезе по округам показал, что: 141 маршрут обслуживает по одному округу, 61 маршрут обслуживает по два смежных округа (рис. 1) и 9 маршрутов обслуживают по три и более округов города Москвы. Наибольшее количество трасс следования внутриокружных маршрутов приходится на ЮВАО (33 маршрута), наименьшее — на ЦАО (3 маршрута). Общая протяжённость трасс следования маршрутов составляет более 3600 км [3, 4]. При этом 43 % маршрутов обслуживаются автобусами малого класса.

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является выбор объектов в целях проведения апробации методики оценки качества транспортного обслуживания населения наземным городским пассажирским транспортом общего пользования на маршрутах, обслуживаемых в рамках новой модели управления наземным городским пассажирским транспортом.

Апробацию методики оценки качества транспортного обслуживания населения в соответствии со Стандартом [5, 6] предполагается проводить на маршрутах, обслуживаемых коммерческими предприятиями в рамках государственных контрактов на оказание услуг по обеспечению транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом общего пользования на маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в городском сообщении.

В целях проведения апробации методики оценки достигнутого уровня качества транспортного обслуживания населения, согласно [5, 6], предлагается выполнение научно обоснованного разбиения заданной выборки маршрутов G , обслуживаемых в рамках НМУ НГПТ, на непересекающиеся подмножества $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$, по заданным критериям X_i так, чтобы каждый маршрут G_j принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения и чтобы маршруты, принадлежащие одному и тому же подмножеству, были сходными, в то время как маршруты, принадлежащие разным кластерам, были разнородными, с последующим выбором маршрута из каждой сформированной группы.

Для целей настоящего исследования предлагается использование метода кластерного анализа. Преимущество, отличающее

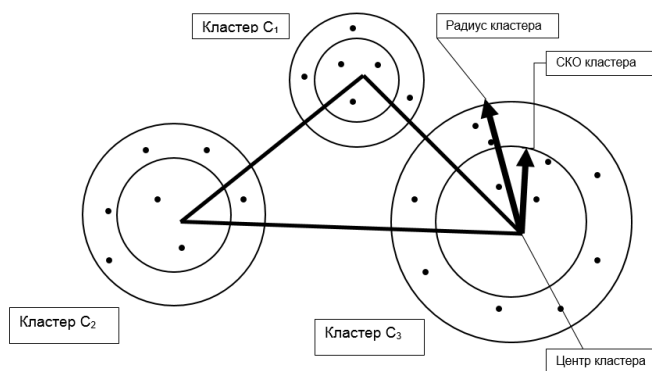


Рис. 2. Математические характеристики кластера.

его от большинства математико-статистических методов, заключается в отсутствии ограничений на вид рассматриваемых объектов и возможности рассмотрения множества исходных данных [7, с. 7]. Также использован метод независимой многовариантной экспертизы.

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Математические характеристики кластера представлены на рис. 2.

Центр кластера — это среднее геометрическое место точек в пространстве переменных. Радиус кластера — максимальное расстояние точек от центра кластера. Размер кластера может быть определён либо по радиусу кластера, либо по среднеквадратичному отклонению объектов для этого кластера. Объект относится к кластеру, если расстояние от объекта до центра кластера меньше радиуса кластера [7].

Для решения задачи кластерного анализа необходимо определить понятие сходства и разнородности. Маршруты i -й и j -й попадают в один кластер, когда расстояние (отдалённость) между точками X_i и X_j довольно мала, и попадают в разные кластеры, когда это расстояние достаточно большое. Таким образом, попадание в один или разные кластеры определяется понятием расстояния между X_i и X_j . Критерием для определения схожести и различия кластеров является расстояние между точками на диаграмме рассеивания.

Критерием оптимальности разбиения и определения оптимального количества кластеров принята внутригрупповая сумма квадратов отклонения:

$$E = S_n = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n x_j \right)^2, \quad (1)$$

где x_j — коэффициент парной корреляции.

Таким образом, процессу группировки должно соответствовать последовательное минимальное возрастание значения критерия.

В случае неоднородности единиц измерения параметров и вытекающей отсюда невозможности обоснованного выражения значений в одном масштабе возникает задача нормирования исходных значений выбранных параметров. Приведём основные способы нормирования параметров (переход от исходных значений X к нормированным Z):

$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}; \quad Z = \frac{x}{\bar{x}}; \quad Z = \frac{x}{x'};$$

$$Z = \frac{x}{x_{\max}}; \quad Z = \frac{(x - \bar{x})}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2)$$

где Z — нормированное значение параметра x ;

$x - \bar{x}$ — среднее значение параметра x ;

σ — среднее квадратичное отклонение;

x — нормативное (эталонное) значение x ;

$x_{\max}, x_{\min}$ — максимальное и минимальное значения параметра x .

Наряду со стандартизацией переменных существует вариант придания каждой из них определённого коэффициента важности или веса, который бы отражал значимость соответствующей переменной. Одним из наиболее научно обоснованных методов получения экспертных оценок является метод независимой многовариантной экспертизы [8–12].



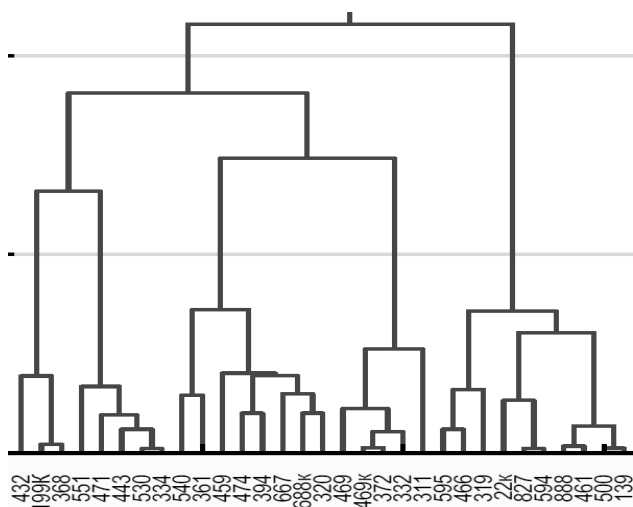


Рис. 3. Фрагмент дендограммы кластерного анализа.

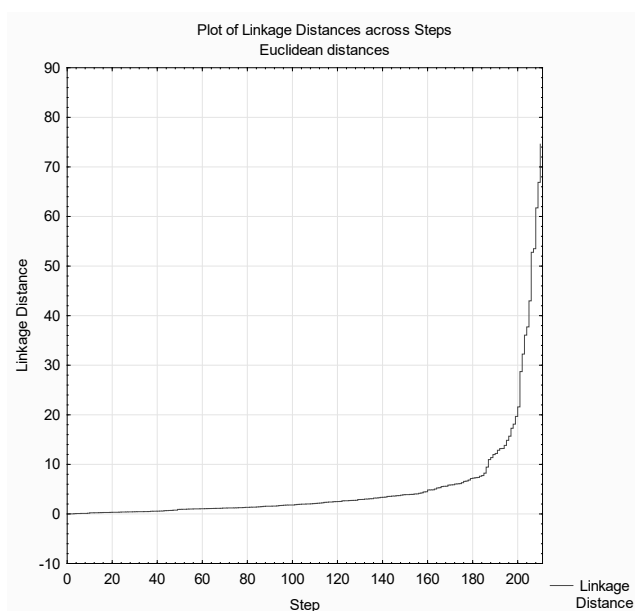


Рис. 4. Процесс объединения маршрутов в кластеры.

Классифицировать маршруты предлагается с использованием классического метода иерархического кластерного анализа, где в качестве меры близости будет использовано евклидово расстояние с одиночным правилом объединения кластеров. Процедура кластеризации выполнена с использованием метода Варда [7, с. 19].

Параметры, на основе которых предлагается кластеризация:

1. Округа, через которые проходит трасса следования маршрута в прямом и обратном направлениях. Данному параметру принадлежности трассы маршрута следования к определённому округу соответствует значение «1» и «0» в противном случае.

2. Общая протяжённость трассы следования, определяемая как сумма длин маршрутов в прямом и обратном направлениях.
3. Количество транспортных средств, которые используются для перевозок.
4. Класс подвижного состава.
5. Оператор перевозок.

Неоднородность единиц измерения и вытекающая отсюда невозможность обоснованного выражения значений различных показателей в одном масштабе ставят задачу нормирования исходных значений выбранных критериев, то есть выражение через отношение этих значений к некоторой величине, отражающей определённые свойства данного критерия.

Нормировка данных каждого параметра выполнена путём деления центрированной величины на среднее квадратичное отклонение параметра.

Под центрированной величиной, соответствующей определённому параметру, понимается отклонение (разность) между случайной величиной и её математическим ожиданием.

Отметим, что данный метод нормировки предполагает признание всех параметров равноценными с точки зрения выяснения сходства рассматриваемых объектов. Результаты иерархической классификации представлены в виде вертикальной дендрограммы (рис. 3), где ось абсцисс содержит значения номеров маршрутов, а ось ординат — евклидово расстояние.

Для определения количества кластеров, подлежащих дальнейшему анализу, необходимо выбрать пороговое расстояние с последующим определением количества пересечений с ветвями дендрограммы. Выбор количества кластеров выполнен на основе анализа графика процесса объединения маршрутов (рис. 4) и таблицы шагов объединения объектов. Ось абсцисс содержит значения номера шага, а ось ординат — евклидово расстояние.

Анализ графика объединения предполагает (рис. 4) определение точки «перелома» и номера шага m , на котором произошёл перелом, с последующим определением количества кластеров равным $n-m$, где n — количество маршрутов в кластере.

Дополнительно выполнен анализ таблицы шагов объединения маршрутов, и найден такой номер шага m , объединение



Рис. 5. Трассы следования маршрутов.

на котором произошло на существенно большем расстоянии, чем на шаге $m-1$, с последующим определением количества кластеров равным $n-m$, где n — количество маршрутов в кластере.

По результатам анализа установлено, что точкой перелома является 201 шаг, следовательно, количество кластеров, подлежащих дальнейшему анализу, равняется $211-201 = 10$, с последующим выделением любого маршрута из сформированных групп кластеров (таблица 1).

Таблица 1
Состав кластеров, выделенный методом Варда

Номер кластера	Количество маршрутов в кластере
1	31
2	28
3	15
4	17
5	18
6	32
7	13
8	14
9	4
10	39



Параметры трасс следования обследуемых маршрутов

№ кластера	№ маршрута	Название маршрута
1	311	платф. Останкино—м. «Партизанская»
2	350	м. «Текстильщики»—7-й мкр. Марьинского Парка
3	99	138-й кв. Выхина—Автозаводский мост (м. «Автозаводская»)
4	141	ул. Молостовых—м. «Семёновская»
5	19	м. «Тимирязевская»—м. «Тимирязевская»
6	282	м. «Войковская»—ул. Корнейчука
7	63	Лобненская ул.—Лобненская ул.
8	456	8-й мкр. Митина—8-й мкр. Митина
9	550	м. «Рассказовка»—платф. Переделькино
10	553	м. «Ленинский проспект»—м. «Тёплый Стан»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для целей дальнейших исследований было отобрано по одному маршруту каждого кластера (таблица 2). Трассы следования маршрутов, подлежащих анализу, приведены на рис. 5.

Направлением дальнейших исследований является апробация методики оценки достигнутого уровня качества транспортного обслуживания [5, 6] на выбранных маршрутах НМУ НГПТ с учётом ранее выполненного анализа и оценки её адаптивности [12].

ЛИТЕРАТУРА

- Блудян Н. О., Рошин А. И., Антонов М. Н. К вопросу минимальных социальных стандартов транспортного обслуживания населения // депонированная рукопись № 754-B2009 30.11.2009.
- Блудян Н. О., Рошин А. И., Антонов М. Н. Оценка критериев и нормативов обеспеченности регулярными пассажирскими перевозками на автомобильном транспорте // Депонированная рукопись № 753-B2009 30.11.2009.
- Проект Государственного контракта на оказание услуг по обеспечению транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом общего пользования на маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в городском сообщении. [Электронный ресурс]: <http://zakupki.gov.ru/44fz/filestore/public/1.0/download/priz/file.html?uid=011D6050DCE3418DA4370D88A4D898A3>. Доступ 24.12.2018.
- Приказ Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы от 30.12.2015 г. № 61-02-504/5 (ред. от 28.03.2018) «О Реестре маршрутов регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным и наземным электрическим транспортом в городском сообщении (муниципальных маршрутов регулярных перевозок)» [Электронный ресурс]: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=MLAW;n=189578#038794974547598016>. Доступ 24.12.2018.

- Распоряжение Минтранса России от 31.01.2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». [Электронный ресурс]: https://special.mintrans.ru/upload/iblock/736/rasp_mt_na_19r_31012017.pdf. Доступ 05.11.2018.

- Распоряжение Министерства транспорта РФ от 13 апреля 2018 г. № НА-55-р «О внесении изменений в социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, утверждённый распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р». [Электронный ресурс]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837354/#ixzz5W5Ft8hwK> свободный. Доступ 05.11.2018.

- Буреева Н. Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA». Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». — Н. Новгород, 2007. — 112 с.

- Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Шестопалов Н. Ю. Оценка и выбор типа транспортного средства для таксомоторных перевозок // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2018. — № 3. — С. 115–121.

- Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Независимая многовариантная экспертиза в задаче управления межрегиональными автобусными перевозками // Управление большими системами: сборник трудов. — 2013. — № 46. — С. 163–178.

- Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Методы коллективной многовариантной экспертизы в задаче регулирования рынка межрегиональных автобусных перевозок // Инновации и инвестиции. — 2013. — № 4. — С. 214–217.

- Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Разработка системы управления межрегиональными автобусными перевозками на базе методов коллективной многовариантной экспертизы // Проблемы управления. — 2013. — № 4. — С. 29–38.

- Айриев Р. С., Кудряшов М. А. Показатели качества транспортного обслуживания населения // Мир транспорта. — 2018. — № 4. — С. 140–149. ●