**Статистическая модель пассажирооборота России**

А. В. Рахматуллин, М. А. Днепровская

Корчевская О.В. к.т.н.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, просп. Красноярский рабочий, 31

На сегодняшний день транспорт является неотъемлемой частью жизни человека, но наиболее важным является пассажирский транспорт и пассажироперевозки. Важными составляющими таких перевозок являются: комфортабельность, безопасность и надежность. При соблюдении данных факторов человек будет чувствовать себя лучше и это не скажется на его здоровье. Повышение эффективности и быстроты оказания услуги будет экономиться время, которое человек может потратить на бытовые дела или отдых.

Ключевые слова: пассажирооборот, транспорт, пассажироперевозки, статистика, корреляция, модель.

**Statistical model of passenger traffic in Russia**

A. V. Rakhmatullin, M. A. Dneprovskaya

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

Today, transport is an integral part of human life, but the most important is passenger transport and passenger transportation. Important components of such transportation are: comfort, safety and reliability. If these factors are observed, a person will feel better and this will not affect his health. Improving the efficiency and speed of service delivery will save time that a person can spend on household chores or leisure.

Keywords: passenger turnover, transport, passenger transportation, statistics, correlation, model.

Современный транспорт в России динамично изменяется в условиях рыночной экономики. Все предприятия на транспортном рынке развивают и ставят перед собой цель на увеличение показателей по перевозке пассажиров и грузов. Рост пассажирского и грузового парка, регулярные повышения квалификации работников всех уровней компаний, говорит о систематическом изменении и контроле деятельности перевозки грузов и пассажиров. Пассажирооборот на сегодняшний день в России имеет ряд изменений. Основным показателем для пассажиров это цена услуги, а также комфорт перевозки и доступность. В связи с тем, что автомобильный транспорт набирает большую популярность и пассажир соглашается на более дорогие условия, но более комфортные. Поэтому такой вид, как железнодорожный транспорт снижает объёмы пассажирооборота. Государственная статистика должна уделять внимание всем социально-экономическим параметрам для достоверной их оценки. Ведь именно на основании данных официальной статистики разрабатывается транспортный план Российской Федерации.

Возьмем за математическую модель автомобильный транспорт. Основным показателем, характеризующим результат деятельности автомобильного транспорта, является пассажирооборот – это показатель объема работы транспорта по перевозкам пассажиров. Единицей измерения данного показателя выступает пассажиро - километр. Индикатор определяется суммированием произведений количества пассажиров по каждой позиции перевозки и умножением на длину маршрута; исчисляется раздельно по видам транспорта, сообщения, другим признакам. Величина показателя зависит от различных факторов, среди которых абсолютные, относительные и средние величины.

При исследовании пассажирооборота на региональном уровне среди официально публикуемых Федеральной службой государственной статистики были выбраны следующие факторные показатели макроуровня: пассажирооборот транспорта общего пользования в 1 квартале 2019 г. составил 116,3 млрд пассажиро - километров, в том числе железнодорожного – 24,7 млрд, воздушного – 64,6 млрд пассажиро - километров.

С целью изучения степени вариации, а также оценки однородности и закономерностей распределения показателей макроуровня были вычислены по каждому из показателей описательные статистики: корреляционная зависимость, математическая модель. Подтверждением высокой дифференциации служат коэффициенты асимметрии, эксцесса и вариации.

Для составления и решения задачи по улучшению и оптимизации работы автобусного транспорта нужно прибегнуть к составлению математической модели. Оптимизация означает выполнение некоторых функций системы по конкретным критериям эффективности. В данном примере это размерность парка автобусов и число пассажиров в млн. человек.

Для построения математической модели используем информацию об ограничениях, из которых состоит область допустимых значений переменных, а также знать цель функционирования данной системы.

Для оптимизации выделяют более выгодные условия пассажироперевозок для автобусного транспорта, которые выявляют процессы математических моделей, позволяющие перейти от решения конкретных проблем к изучению системы, как единого целого. Создаётся необходимость обращения внимания на параметры, которые воздействуют наиболее существенно, и математическая модель будет состоять из нескольких этапов:

1. составление математической в соответствии с целями и задачами;
2. экспериментальная проверка модели;
3. проверка на адекватность модели.

При выборе оптимального парка автобусов учитывается подход к планированию цели, перспектива развития цели и решение поставленной задачи, используя все возможные взаимосвязи автобусных пассажироперевозок.

В данном случае задача заключается в выборе наиболее эффективных автобусных пассажироперевозок, учитывая влияние величины параметрического ряда, то есть определение их оптимального количества. Это оптимальное количество должно обеспечить необходимый объём пассажирских перевозок за определённое время и определить наиболее рациональные маршруты.

Наше исследование относится к задачам, которые решаются в рамках качественной теории динамических систем:

1. изучение поведения систем при фиксированных значениях параметрах (построение фазового портрета);
2. качественные изменения в системе при изменении значений параметров, т. е. бифуркация.

Рассмотрим в качестве примера зависимость пассажиропотока и вышедших машин на работу в час пик. Качественное изменение фазового портрета седло-узловой бифуркации:

Используя качественный метод теории динамических систем, получаем следующие стационарные точки: при α=0 – одна стационарная точка О(0;0); значение Якобиана будет равно:

J = $\left(\begin{matrix}4000&0\\0&400\end{matrix}\right)$



Рис.1 – Фазовый портрет при α=0

При α<0 – три стационарная точка О(0;0), 300, +300;



Рис.2 – Фазовый портрет при α<0

При α>0 – одна стационарная точка О(0;0), 300, -300;



Рис.2 – Фазовый портер α>0

Параметр α– это бифуркационный параметр, α = 0– точка бифуркации.

Для задачи пассажирооборота и количеством транспорта переход в режим, когда нет ни одной стационарной точки происходит, когда людей больше, чем транспорта, т. е. α<0.

Таким образом, на практике можно регулировать режимы перехода из одного состояния в другое.

Допустим, что пассажиры должны быть перевезены по всем маршрутам и в определённый промежуток времени:

Переменная *i* используется для обозначения маршрутов, *j* используется для обозначения времени. Количество рейсов на 1-м маршруте обозначим за $X\_{1,j}$, на 2-м маршруте $X\_{2,j}$, соответственно количество рейсов на *i*-м маршруте будет $X\_{i,j}$. Расходы обозначим за $C\_{i,j}$.

Пассажиров будет перевезено на *i*-м маршруте и за *j-*ое время обозначим за $A\_{i,j}$*.*

Тогда можно составить для всех маршрутов систему ограничений:

$$\left\{\begin{array}{c}B\_{1}=A\_{1,1}\*X\_{1,1}+A\_{1,2}\*X\_{1,2}+…+A\_{1,m}\*X\_{1,m}\\B\_{2}=A\_{2,1}\*X\_{2,1}+A\_{2,2}\*X\_{2,2}+…+A\_{2,m}\*X\_{2,m}\\………………………………………………………\\B\_{n}=A\_{n,1}\*X\_{n,1}+A\_{n,2}\*X\_{n,2}+…+A\_{n,m}\*X\_{n,m}\end{array}\right.,$$

где $A\_{i,j}$ – известные величины, *i=*1*…n, j=*1*..m*; $B\_{i}$- известные величины, *i=*1…*n;* $X\_{i,j}$-неизвестные величины*, i=*1*…n, j=*1*..m.*$ $.

В итоге получается формула суммы всех расходов на все рейсы каждого маршрута получается:

$$S=\sum\_{i=1}^{n}\sum\_{j=1}^{m}C\_{i,j}\*X\_{i,j}.$$

Предложенная математическая модель позволяет высчитать сумму расходов со всех маршрутов автобусного транспорта, и позволяет рекомендовать их с наибольшей эффективностью.

Коэффициент асимметрии для показателя «пассажирооборот» равен 1.9; для показателя «густота дорог» - 2.1. Соответственно, распределение признака можно считать несимметричным, в противном случае данный коэффициент должен был быть равен нулю, тогда можно судить о симметричности распределения признака. Коэффициент эксцесса (коэффициент «островершинности») - мера остроты пика распределения случайной величины. У идеально нормального распределения эксцесс равен нулю. Если у распределения положительный эксцесс (*Ки* > 0), то на середину и хвосты графика распределения приходится больше значений. В данном случае для показателя «пассажирооборот» он равен 2.9; для показателя «густота дорог» - 2,7, что говорит о распределении, отличающемся от нормального, но близкого к нему (нормальному).

Для характеристики относительной меры отклонения измеренных значений от среднеарифметического был рассчитан коэффициент вариации, значение которого по всем показателям превышает 40%, т.е. подтверждает полученные ранее высокие значения коэффициента дифференциации и свидетельствует о неравномерности социально-экономического развития разных регионов Российской Федерации.

Исследование функционирования транспортного комплекса в России показывает, что наибольшим показателем пассажиропотока является автобусный транспорт. Представленная ниже диаграмма на рис.5, даёт представление о загруженности автобусного маршрутного транспорта на протяжении одного рабочего дня.



Рис.4. - Диаграмма статистики по количеству вошедших / вышедших пассажиров и выручке

Анализируя статистические данные с официального сайта федеральной службы государственной статистики можно сказать что в период 2005–2017 года самым популярным транспортом для пассажирооборота являлся автобусный транспорт, но и параллельно с этим число пассажироперевозок уменьшалось с 16374 млн. человек в 2005 году до 11184 млн. человек в 2017 году. Что нельзя сказать о воздушном транспорте, который в свою очередь увеличил пассажирооборот с 37 млн. человек в 2005 году до 108 млн. человек в 2017 году, увеличив это число почти в 3 раза. Статистика по иному транспорту представлена в таблице 1.

Таблица 1. Перевозки пассажирова по видам транспорта общего пользования

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2005 | 2010 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Перевезено пассажиров, млн. человек |
| Транспорт - всегоЖелезнодорожныйАвтобусныйЛегковое таксиТрамвайный Троллейбусный МетрополитенМорскойВнутренний водныйВоздушный | 301281339163746,44123465335731,32137 | 220659471343430,22079220632941,51659 | 1912210251152326,81478161633369,61494 | 1868910401129643,7139714833312131391 | 1848211211118443,713271376329811,713108 |

Таким образом, положительный знак выборочного коэффициента корреляции показывает, что с увеличением значений пассажирооборота эмпирические значения время суток в среднем возрастают. Коэффициент корреляции можно считать существенным, а связь между пассажирооборотом и выручкой достоверной, т.е. выборочный коэффициент корреляции значимо отличается от нуля. Это означает, что между пассажирооборота и времени суток существует корреляционная зависимость. Если отобразить графически корреляционное поле, то видно, что между пассажирооборотом и временем суток имеется прямолинейная регрессивная зависимость. Для увеличения прибыли и улучшения показателей качества транспорта России предприятиям независимо от форм собственности, чтобы качественно выполнять работу на транспортном рынке, крайне важно обеспечить высокий уровень показателей эффективности транспортного обслуживания, надежность транспортного производства и достаточную конкурентоспособность транспортных услуг.

***Библиографический список:***

1. Федеральная служба государственной статистики, сайт - http://www.gks.ru.
2. Ивановский Р. Теория вероятностей и математическая статистика. Основы, прикладные аспекты с примерами и задачами в среде Mathcad / Р. Ивановский. - М.: БХВ-Петербург, 2008. - 528 c.
3. Биркгоф Д. Динамические системы / Д. Биркгоф. - М.: 1999. - 842 c.
4. Припадчев А.Д. Математические модели, применяемые для пассажирских перевозок. Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM // Сб. ст. III Междунар. Науч.-практ. Конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. С. 59-61.