УДК 510

Г.В. Борисов, Е.Д. Галкина, Л.Н. Ерофеева, С.В. Лещева

ОБ ОДНОЙ ХАРАКТЕРИТСТИКЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Описываются некоторые способы восстановления функции распределения случайной величины по экспериментальным данным. Расчеты иллюстрируются на данных грузоперевозок, полученных по движению автомобилей на трассе от Санкт-Петербурга до Екатеринбурга и Челябинска.

Ключевые слова: грузоперевозки, экспоненциальное распределение, нормальное распределение, критерий χ^2.

При планировании и организации грузоперевозок учитываются характеристики транспортных потоков, в частности, важной характеристикой последних является распределение скоростей транспортных средств на магистралях движения.

В этой статье обрабатываются экспериментальные данные, полученные по движению автомобилей на трассе от Санкт-Петербурга до Екатеринбурга и Челябинска. Данные по значениям скоростей движения для математического анализа были извлечены из прикладного программного комплекса «АвтоГРАФ», использующего средства спутниковой навигации GPS («ГЛОНАСС»). Анализ проведен на примере пятиосных автопоездов в составе седельных тягачей Iveco EuroStar Cursor 430 и тентовых полуприцепов Krone SDP27, выполняющих междугородные перевозки. Общий объем данных значений скоростей соответствует периоду эксплуатации АТС в течение 1,5 лет (с 6.01.14 по 14.07.15).

Замечено, что характер движения резко различается в зависимости от того изучается ли движение внутри (достаточно крупного) города или это движение между городами.

Первичная обработка экспериментальных данных дана ниже в виде гистограммы на рис. 1 и рис. 2.

В них по горизонтали откладывается величина скорости автосредства. Числа вверху прямоугольников означают количество автолюбителей, скорости которых заключены в интервалах (10;20), (20; 30) и т.д. Скорости даны в км/час.

Данные рис. 1 относятся к движению внутри города, а для рис. 2 – движение за городом. Была поставлена следующая задача: предположим, что скорость есть случайная величина, предполагаемая даже непрерывной, и требуется получить информацию о ее законе распределения. Более того, нужно дать аппроксимацию функции распределения и ее плотности.

Предварительно сделаем несколько замечаний о методах решения подобных задач. Процедура поиска решения обычно разбивается на два этапа. На первом этапе подбирается вид математической зависимости, которая по неясно формулируемым соображениям «согласуется» с экспериментальными данными. Общих рецептов подбора не существует, хотя почти все законы физики были сформулированы с помощью удачно подобранных математических зависимостей. В простейших случаях это были линейные квадратичные и другие простые функции. Однако пример Планка с его формулой излучения абсолютно черного тела (собственно он пару дифференциальных уравнений сделал частными случаями одного более общего уравнения) показывает, что проведение первого этапа может быть очень трудной задачей.

Следующим требованиям подчиняется каждый исследователь: математическая зависимость не должна быть очень сложной и не должна содержать много параметров, подлежащих дальнейшему определению.

На втором этапе, т.е. при уже подобранной зависимости, решается вопрос об определении входящих в нее параметров. Обычно это производится приравниванием «теоретических» моментов (математического ожидания, дисперсии и т.д.) экспериментальным с последующим решением соответствующих уравнений. Возможна необходимость рассмотрения моментов дробного порядка (см. [1], [2]) Другой вариант – минимизирование некоторой меры расхождения *теоретических* и экспериментальных данных. В заключительной части к делу привлекаются критерии согласия, как это происходит в известной χ^2 – процедуре.

После этих замечаний вернемся к рис. 1 и рис. 2.

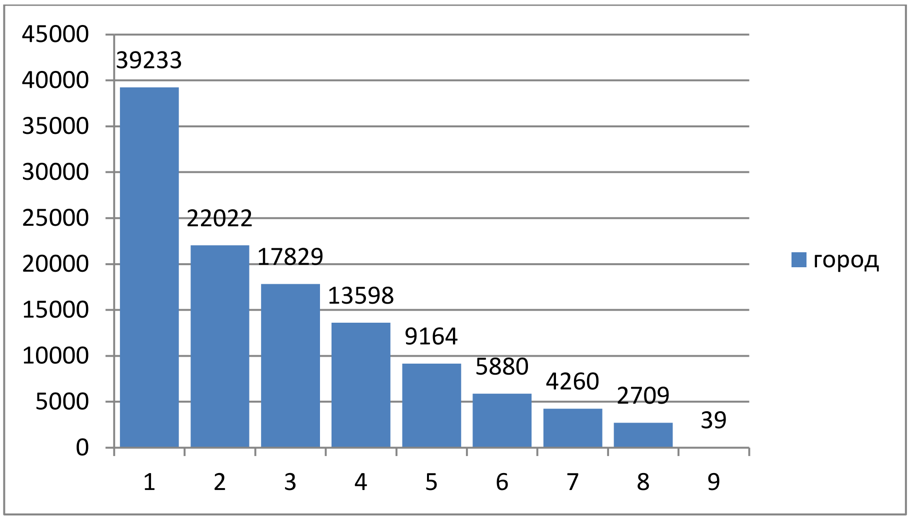

Рис. 1

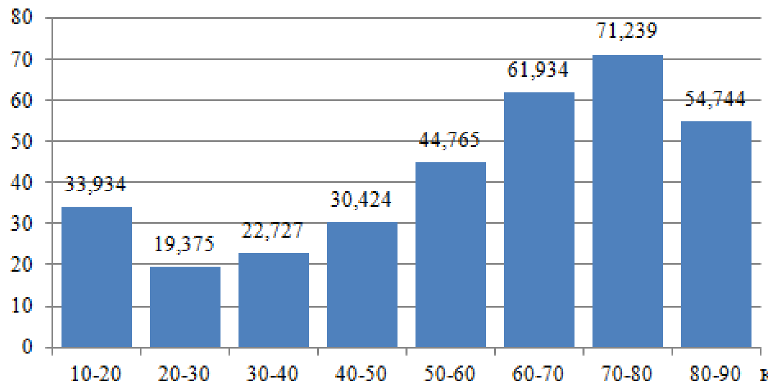

Рис. 2

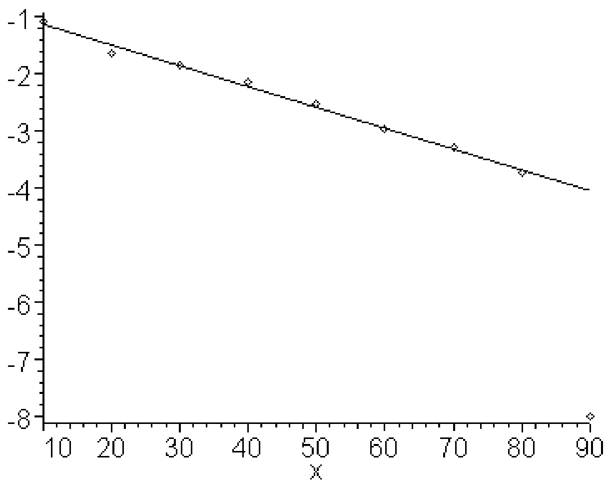

Рис. 3

Зрительное восприятие рис. 1 наводит на мысль об экспоненциальном распределении с плотностью $f(x) = e^{-\lambda}\lambda$. Вероятность попадания случайной величины в интервал (a, b) дается формулой $p(a < v < b) = e^{-\lambda a} - e^{-\lambda b}$.

В логарифмическом масштабе частоты из рис. 1 изображены точками на рис. 3.

Из него видно, что соответствующие точки очень тесно располагаются относительно прямой $y = -0{,}036484x - 0{,}765197$, найденной по методу наименьших квадратов.

Стоит обратить внимание на последнюю экспериментальную точку $(90, -7{,}986810)$, которая «выпадает» из графика. Это можно объяснить тем, что обычно крайние точки являются на практике ненадежными. Сопоставление экспериментальных частот и теоретических приведено далее. Вычисление теоретических частот производилось при $\lambda = 0{,}036484$ (коэффициент при x в уравнении прямой).

p^*	0,341945	0,191939	0,155394	0,118517	0,075871	0,051249	0,037129	0,023611	0,00034
p	0,323021	0,224276	0,155717	0,108115	0,075065	0,052118	0,036186	0,025124	0,017444

Просмотр рис. 2 приводит к заключению, что простой зависимости подобрать не удается, поэтому принято следующее решение. Изучение средних скоростей движения в пригородных участках маршрута оставлено для последующих работ и в данном случае проводится не будет. Все значения скоростей на расстоянии до 25 км от черты города включены в массив данных скоростей городского движения, т.е. исключены из массива загородного движения. Соответственно, новая гистограмма загородного движения имеет вид рис. 4.

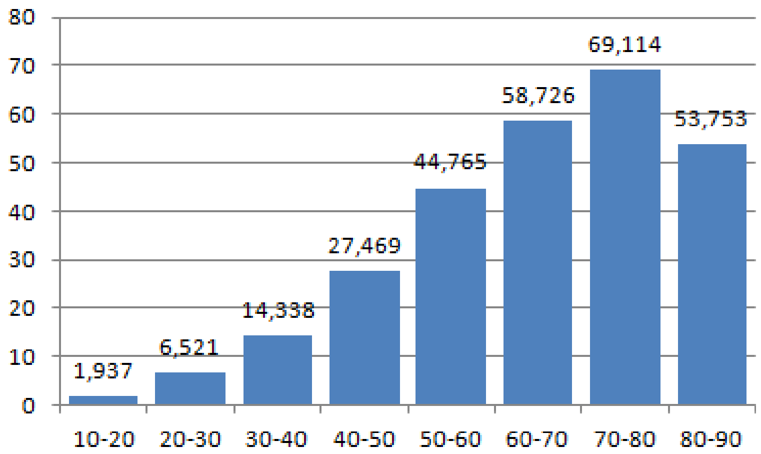

Рис. 4

Гистограмма на рис. 4 имеет большое сходство с нормальным законом распределения, поэтому мы описываем его «усеченной» плотностью $f(x) = c\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$. Константа c подбирается из условия $\int_{10}^{90} f(x)dx = 1$.

Проведенные расчеты, согласно χ^2- процедуре и минимизации величины $n\sum\frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i}$ дали результаты, представленные в табл. 1 для $a = 75$, $\sigma = 23$.

Таблица 1

v	10–20	20–30	30–40	40–50	50—60	60–70	70–80	80–90
p	0,080375	0,091985	0,102721	0,111931	0,119010	0,123471	0,123995	0,123471

Следует отметить, что стандартное использование критерия согласия χ^2 не дает удовлетворительных результатов: χ^2 получается очень большим. Это объясняется тем, что в действительности закон распределения более сложен и авторами найдено «главное» приближение к нему.

Библиографический список

1. **Галкина, Е.Д.** Некоторые оценки параметров распределения Коши /Е.Д. Галкина, С.В. Лещева, Н.С.Лукичев, В.Е.Рыков // Труды НГТУ. – 2015. – №3(110). – С. 322–326.
2. **Борисов, Г.В.** Аналитический подход к нормированию расхода автомобильных топлив / Г.В. Борисов, Н.А. Кузьмин, Л.Н.Ерофеева // Интеллект, инновации, инвестиции. Оренбургский государственный институт менеджмента. 2015. http://www.ogim.ru/science/npi/pi/
3. **Гмурман, В.Е.** Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистики / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2007. – 479 с.

Дата поступления
в редакцию 30.09.2016

G.V. Borisov, E.D.Galkina, L.N. Erofeeva, S.V. Leshcheva

ON ONE CHARACTERISTIC OF A TRANSPORT STREAM

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev

Purpose: Some non-standard methods of the statistics calculations are given.
Design: The speed distribution of traffic as illustration is considered.
Findings: Distribution laws in the previous problem are finded.
Research: The article will be of interest to specialists in the traffic problems.
Originality: The problem is considered for the first time.

Key words: trucking, exponential distribution, normal distribution, χ^2 – criterion.