УДК 330.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Богачев Т.В.

к.ф.-м.н., доцент кафедры ФиПМ РГЭУ (РИНХ)

Алексейчик Т.В.

к.э.н., доцент кафедры ФиПМ РГЭУ (РИНХ)

Аннотация: Предложена методика анализа объемов региональных грузовых автомобильных перевозок методом нечеткой линейной регрессии.
Ключевые слова: анализ транспортных систем, нечеткая линейная регрессия, порог надежности, задача линейного программирования.

APPLICATION OF THE FUZZY METHOD LINEAR REGRESSION FOR ANALYSIS OF REGIONAL ECONOMIC INDICATORS

Bogachev T.V.

Aleksejchik T.V.

Abstract: A tecnique for analyzing the volume of regional freight road transport by the method of fuzzy linear regression is proposed.
Keywords: analysis of transport systems, fuzzy linear regression, reliability threshold, linear programming problem.

В данной работе для анализа и прогнозирования объемов грузовых автомобильных перевозок в двух регионах Южного Федерального Округа (ЮФО) предлагается применить метод нечеткого моделирования [1,2].

Рассмотрены следующие регионы ЮФО: Краснодарский край, Республика Адыгея, для оценки состояния грузовых автомобильных перевозок которых предлагаются факторы: плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, валовой региональный продукт на душу населения, индексы тарифов на грузовые перевозки.

Введем следующие обозначения:

Y– объем перевозок грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности (млн.т);

X_1 –плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (километров дорог на 1000 квадратных километров территории);

X_2 – валовой региональный продукт на душу населения (тыс. руб.);

X_3 –индексы тарифов на грузовые перевозки (декабрь к декабрю предыдущего года; в процентах).

Данные по основным показателям развития транспортных систем регионов Южного Федерального Округа за 1996 – 2017 гг. взяты из [3].

Сформулируем задачу нечеткой линейной регрессии следующим образом. Для данных k результатов наблюдений зависимой переменной y_j от n факторов $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{ik})^T$, где $i=1,\ldots,n,$ нужно найти нечеткие коэффициенты $A_0, A_1, \ldots, A_n$ такие, чтобы выполнялись условия $\mu_j(Y_j) \geq h$, где $\mu_j(Y_j)$ – функция принадлежности нечеткого множества $Y_j = A_0 + A_1 x_{1j} + \ldots + A_n x_{nj}$, величина h – заданный порог надежности, причем неопределенность, связанная с этими коэффициентами, была бы минимальной. Пусть параметрами модели являются треугольные нечеткие числа $A_i = \langle a_i - r_i, a_i, a_i + r_i \rangle$, где $a_i \in R$ и $r_i \geq 0$. В этом случае Y_j также является треугольным нечетким числом, причем $j=1,\ldots,18$, $i=1,2,3$. В соответствии с [2,3] для нахождения a_i и r_i получаем задачу линейного программирования:

$$f = 18a_0 + \sum_{j=1}^{18}\sum_{i=1}^{3} r_i x_{ij} \to min$$

$$\begin{cases} y_j \geq a_0 + \sum_{i=1}^{3} a_i x_{ij} - (1-h)\left(r_0 + \sum_{i=1}^{3} r_i x_{ij} \right), \\ y_j \leq a_0 + \sum_{i=1}^{3} a_i x_{ij} + (1-h)\left(r_0 + \sum_{i=1}^{3} r_i x_{ij} \right), \\ r_i \geq 0,\ j = 1..18. \end{cases}$$

Для каждого исследуемого региона будем строить модели при пороге надежности h=0,4, используя значения выбранных показателей за 1996-2017 гг., причем значения показателей последних четырех лет в дальнейшем используются для проверки построенной модели на качество прогноза.

Данная задача линейного программирования решается для каждого региона ЮФО. Реализация решения задачи осуществлена на языке программирования Python [4] .

Соответствующее уравнение нечеткой регрессии для Краснодарского края при пороге надежности h = 0,4 имеет вид:

$$Y = 26{,}6072 + 0{,}09712X_1 - 0{,}00019X_2 + \langle 0{,}4871; 0{,}8921; 1{,}2971 \rangle X_3.$$

Нечетким параметром модели регрессии является только коэффициент при показателе индексы тарифов на грузовые перевозки (X_3), причем он имеет и больший вес в полученной регрессии. График нечеткой линейной регрессии (Рисунок 1) представляет собой нечеткий прогноз для показателя перевозки грузов автомобильным транспортом в данном регионе.

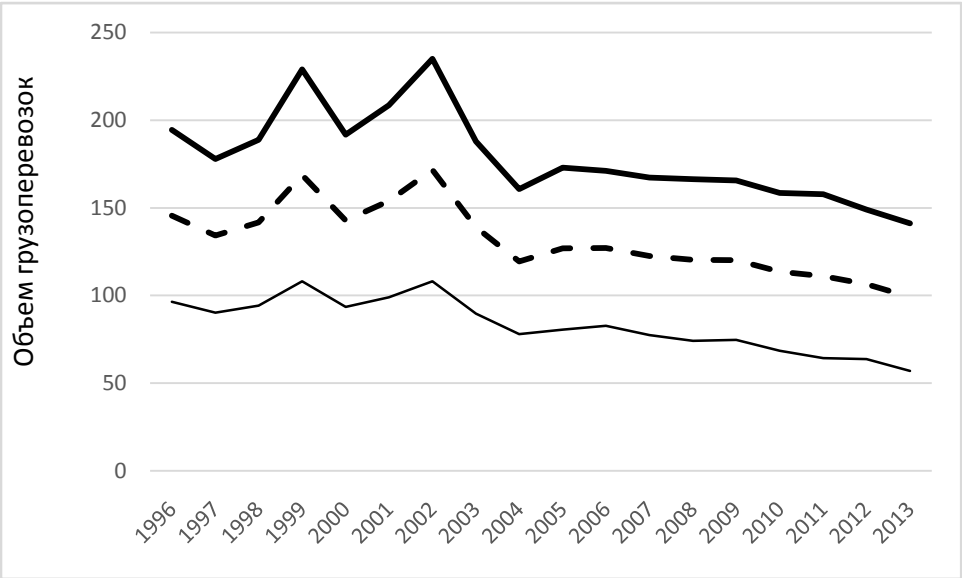

Рисунок 1. График нечеткой линейной регрессии для показателя перевозки грузов автомобильным транспортом в Краснодарского края организациями всех видов деятельности (Y , млн.т,), h = 0,4.

Оценка результатов исследования Краснодарского края с помощью контролирующей выборки представлена в таблице 1.

Таблица 1. Оценка результатов исследования Краснодарского края с помощью контролирующей выборки для модели с порогом надежности 0,4

Год	Ограничение слева	Ограничение справа	Y контролирующее	Принадлежность Y интервалу
2014	172,8605366	67,15986584	88,3	+
2015	152,3822849	57,05714003	84,6	+
2016	119,4483523	43,73943627	78,8	+
2017	133,52843	45,25540042	69,4	+

Для республики Адыгея уравнение нечеткой регрессии при h = 0,4 имеет вид

$$Y = \langle -7{,}082; 24{,}508; 56{,}098 \rangle - 0{,}00256\, X_1 + 0{,}00259\, X_3.$$

Обратим внимание на то, что коэффициент при переменной X_2 равен нулю, а нечетким является только свободный член. Если уменьшить порог надежности до величины h = 0,2, то уравнение нечеткой регрессии становится более адекватным:

$$Y = \langle 0{,}816; 24{,}508; 48{,}2 \rangle + 0{,}00256\, X_1 + 0{,}0229\, X_3.$$

Оценка результатов исследования республики Адыгея подтверждает корректность построенного уравнения нечеткой регрессии. Так как в этой модели нечетким параметром является только свободный член, то для уточнения анализа необходимо провести дополнительные исследования.

Предложенный в работе метод целесообразно использовать для анализа и прогнозирования значений различных экономических показателей. Созданная программа на языке Python позволяет анализировать показатели различных отраслей с визуальным представлением данных не только региональной экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богачев Т.В., Алексейчик Т.В., Богачев В.А. Сравнительная оценка состояния транспортных систем региона с помощью нечеткого моделирования // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. –2018. –Т. 4, № 1. – С. 164-167.
2. Вовченко Н.Г., Стрюков М.Б., Арапова Е.А., Домакур О.В. Нечетко-логический анализ состояния атмосферы в крупных городах промышленного региона на примере Ростовской области // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. –2018. –Т. 4, № 1. – С. 200-208.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистические сборники.– Москва. [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.gks.ru/folder/210/document/13204.
4. Волкова Е.С., Гисин В. Б. Нечеткая линейная регрессия в модели роста технологических знаний // Вестник Финансового университета.– 2015. – № 5 (89).– С. 97–104.
5. Документация по языку программирования Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://docs.python.org/.