

НЕЧЕТКАЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ БАГАЖА АЭРОПОРТА

Романенко В.А., Скороход М.А.

*Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева*

Аннотация: предложена регрессионная модель, связывающая технико-технологические и экономические характеристики систем обработки багажа с использованием теории нечетких множеств, которая может быть использована для решения задач оптимизации аэропортовых систем обслуживания перевозок.

Ключевые слова: технико-экономическая модель, нечеткая линейная регрессия, система обработки багажа, нечеткие множества, нечеткие треугольные числа, аэропорт.

Повышение конкурентоспособности авиапредприятий связано с необходимостью повышения уровня качества обслуживания основных потребителей в сфере воздушных перевозок – пассажиров. В системе наземного обслуживания пассажиров важное место занимают операции по обработке багажа. В зависимости от пропускной способности (ПС) аэровокзала, наличия производственных площадей и принятой технологической схемы обслуживания аэропорт должен подобрать систему обработки багажа (СОБ), которая будет способна к сортировке заданного количества мест багажа быстро и с высокой степенью надежности.

В современных условиях требуется применение высокотехнологичных, автоматизированных СОБ, которые являются весьма дорогостоящими. Поэтому задача оптимизации выбора СОБ с необходимыми параметрами при минимизации затрат весьма актуальна. Инструментом прогнозирования, предварительной оценки затрат на внедрение и эксплуатацию СОБ может служить технико-экономическая модель СОБ, которая отражает связь между ее экономическими характеристиками и техническими параметрами. В работе [1] представлена простейшая технико-экономической модель СОБ, отражающая зависимость стоимости системы от ее ПС:

$$c = a_0 + a_1 p ,$$

где c – зависимая переменная, оценка стоимости проекта, млн. дол. США; p – независимая переменная, ПС СОБ, МБ/ч; a_0, a_1 – неизвестные коэффициенты.

Недостатком классической линейной модели является излишняя «жесткость» в описании реальной системы. Моделью не учитывается неопределенность, размытость таких параметров, как базовая стоимость внедрения проекта СОБ и затраты на обработку единицы багажа. Наличие нечеткости параметров модели объясняется отклонениями от возможных прогнозируемых значений, неизбежно возникающими в финансово-экономической среде вследствие таких причин, как колебание курса валют, выбор различных поставщиков, наличие первичного и вторичного рынка и других. Более гибко описывать объекты в условиях неопределенности позволяет использование теории нечетких множеств [2].

При построении нечеткой линейной регрессии предполагается, что искомые коэффициенты представлены в виде нечетких чисел, в итоге также и зависимая переменная будет нечетким числом.

Нечеткое подмножество a базового множества X задается своей функцией принадлежности $\mu_A: X \rightarrow [0; 1]$. Значения функции принадлежности указывают возможность того, что нечеткая величина принимает соответствующее значение. Треугольное нечеткое число a задается тройкой чисел $(a^L; a^M; a^R)$, такой что $a^L \leq a^M \leq a^R$, где a^M – модальное значение, a^L и a^R – наименьшее и наибольшее значения, отрезок $[a^L; a^R]$, называется носителем множества a , а функция принадлежности имеет следующий вид:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \notin [a^L; a^R]; \\ \frac{x - a^L}{a^M - a^L}, & \text{если } a^L \leq x \leq a^M; \\ \frac{a^R - x}{a^R - a^M}, & \text{если } a^M \leq x \leq a^R \end{cases}$$

Сумма треугольных нечетких чисел $a = (a^L; a^M; a^R)$ и $b = (b^L; b^M; b^R)$ — это треугольное нечеткое число:

$$a + b = (a^L + b^L; a^M + b^M; a^R + b^R).$$

Произведение треугольного нечеткого числа $a = (a^L; a^M; a^R)$ на четкое число k — это треугольное нечеткое число:

$$ka = (ka^L; ka^M; ka^R).$$

В общем случае задача нечеткой линейной регрессии может быть описана следующим образом: имеется n результатов наблюдений (Y_i, x_i) , $i=1,2,\dots,n$, требуется оптимальным образом определить нечеткие коэффициенты a_0, a_1 .

Условия оптимальности:

- для каждого i число Y_i принадлежит носителю нечеткой величины

$$y_i = a_0 + a_1 x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

- суммарная мера нечеткости величин y_i минимальна:

$$r = \sum_{i=1}^n r_i = \sum_{i=1}^n (y_i^R - y_i^L) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Полученное уравнение нечеткой регрессии будет состоять из трех компонентов:

1. функции $y^L = a_0^L + a_1^L x$, располагающей не выше любого из наблюдаемых значений Y_i и определяющей нижнюю границу интервальных оценок
2. функции $y^M = a_0^M + a_1^M x$, определяющей модальные значения модели
3. функции $y^R = a_0^R + a_1^R x$, располагающейся не ниже любого из наблюдаемых значений Y_i и определяющей верхнюю границу интервальных оценок [3,4].

Для формирования нечеткой модели были рассмотрены и проанализированы сведения по проектам СОБ, реализованным в 30 различных аэропортах мира, из них было отобрано 17 аэропортов с ПС СОБ не более 5 тыс.МБ/ч. Исходные данные включают стоимость проекта (C_i), год реализации проекта, ПС системы (x_i).

С целью обеспечения возможности сравнения и оценки стоимости всех проектов приведены к одной денежной единице – доллару США. Учтено изменение покупательной способности валют с течением времени, стоимости

приведены к одному периоду, соответствующему концу 2016 года, для чего использована зависимость:

$$C^{2016} = C^n(1+k^n/100),$$

где C^{2016} – стоимость проекта, пересчитанная на 2016 год, млн. дол. США; C^n – реальная стоимость проекта в n -ом году, млн. дол. США; k – коэффициент (%) изменения покупательной способности доллара. На рисунке 1 скорректированной стоимости проектов соответствует совокупность точек Y_i .

С применением метода наименьших квадратов получена следующая классическая линейная регрессионная модель (на рисунке 1 соответствует y^s):

$$c = 0,1582 + 3,0379p.$$

Коэффициент детерминации модели $R^2 = 0,86$, что говорит о ее приемлемой точности.

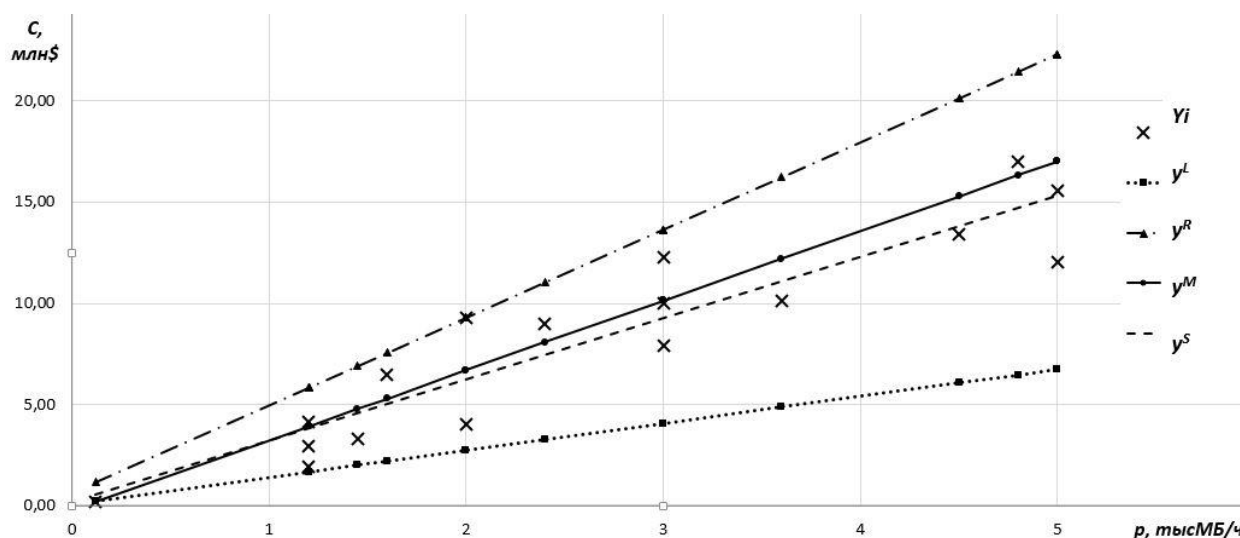


Рисунок 1 – Зависимость стоимости проекта от пропускной способности СОБ

Нечеткая линейная регрессия способна более гибко и полно описать технико-экономическую модель системы, определив доверительный интервал стоимости СОБ для каждого значения ПС. С использованием средств «Поиск решений» и «Анализ данных» табличного процессора *Microsoft Excel* были определены нечеткие коэффициенты a_0 и a_1 с учетом

выполнения условий (1), (2). В итоге получилось уравнение нечеткой регрессии вида:

$$c=(0,050;0,203;0,631)+(1,335;3,442;4,335)p.$$

Коэффициент $a_0=(0,050;0,203;0,631)$ отражает интервал базовой стоимости проекта по внедрению СОБ на 2016 год с модальным значением 0,203 млн.\$, коэффициент $a_1=(1,335;3,442;4,335)$ показывает, к какому удорожанию приведет увеличение ПС СОБ на тысячу МБ/ч.

Таким образом, полученная модель, описывающая связь между стоимостью СОБ и ее ПС, позволяет оценить интервал возможных затрат на внедрение и эксплуатацию системы в аэропорту. Дальнейшее уточнение модели, сокращение доверительного интервала возможно при более детальном рассмотрении параметров модели, при применении многофакторной нечеткой регрессии.

Список использованных источников

1. Романенко, В.А., Скороход, М.А. Технико-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта // Сб. трудов X Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экономики современных промышленных комплексов. Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты» – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – №10 – с. 53-64.
2. Борисов, А.Н., Крумберг А.Н., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184с.
3. Вишнякова, Е.В., Колодяжина Ю.А. Нечеткая линейная регрессия в задачах оценки // Научные записки молодых исследователей. – 2015. – №5. – с.14-29.
4. Бирюков, А.Н. Нечеткая регрессионная прогнозная многофакторная модель для решения экономической прикладной

задачи // Управление экономическими системами: электронный
научный журнал. – 2010. - № 2.

FUZZY TECHNICAL AND ECONOMIC MODEL OF AIRPORT BAGGAGE HANDLING SYSTEM

V.A. Romanenko, M.A. Skorokhod

Russia, Samara University

Abstract: this article describes a fuzzy regression model connecting technical and technological as well as economic characteristics of baggage handling systems. The offered model can be used to solve problems of optimization of airport transportations service systems.

Keywords: technical and economic model, fuzzy linear regression, baggage handling system, triangular fuzzy number, airport.