

Анализ стратегий компании с использованием нечетких чисел

Г.А. Тимофеева, А.Д. Хазимуллин

*Уральский государственный университет путей сообщения,
Екатеринбург*

XIII Всероссийская конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и механики»,
посвященная памяти академика А.Ф.Сидорова

2-8 сентября 2024г., пос. Джанхот (Краснодарский край)

Предложена методика оценки управленческих решений компании (железнодорожного перевозчика) по привлечению клиентов и расширению бизнеса.

Подход опирается на использование нечеткой логики при анализе изменений объемов перевозок и дохода компании для описания неполноты информации о реакции клиентов.

В качестве критерия используется эффективность вложений, подход учитывает различную реакцию клиентов на выбор управляющих решений в зависимости от типа груза, изменение объемов и доходов перевозок описывается треугольными нечеткими числами.

Исследования выполнены в рамках проекта №124032700006-3 «Повышение эффективности и клиентоориентированности региональных транспортных систем на основе моделирования и анализа больших данных» при финансовой поддержке госзаказа.

Будем рассматривать следующие стратегии перевозчика:

- стратегия U_1 – развитие и внедрение новых логистических услуг;
- стратегия U_2 – применение единого дисконта на перевозку всех видов груза;
- стратегия U_3 - многоуровневое дисконтирование в зависимости от дальности перевозки.

В работах [1,2] предложено учитывать дифференциацию грузоотправителей железнодорожного транспорта при анализе эффективности управленческих решений железнодорожного перевозчика.

Установлено, что основное различие грузоотправителей состоит в классе отправляемого груза.

В таблице 1 представлена структура объемов отгрузки по классу груза и доходов, получаемых железнодорожным перевозчиком от их транспортировки, по всей сети в 2022 году.

Таблица 1. Соотношение основных типов грузов на грузовых железнодорожных перевозках

Класс грузов	Доля класса грузов, %	
	в объеме перевозок	в доходе
Первый — низкодоходные грузы (сырьевые и другие массовые грузы, отправляемые в больших объемах для производственных целей)	63	23
Второй — среднедоходные грузы (нефтепродукты, лесоматериалы, товары первой необходимости)	25	54
Третий — высокодоходные грузы (готовая продукция, занимающая наименьший объем перевозок, но имеющая очень широкую номенклатуру)	12	23

Проведем анализ потенциальных управленческих решений железнодорожного перевозчика с учетом разбиения всех грузоотправителей на 3 основных группы по типу груза.

Введем обозначения для параметров общих показателей перевозки до внедрения стратегии по привлечению клиентов:

$V_k(0)$ – объем перевозимого груза k -ого типа до введения стратегии, $k = 1, 2, 3$,

$D_k(0)$ – годовая прибыль компании от перевозки грузов k -ого типа в доходе;

β_k – доля грузов k -ого типа в общем объеме;

γ_k – доля грузов k -ого типа в общем доходе компании.

Тогда общий объем грузоперевозок составит

$$V(0) = V_1(0) + V_2(0) + V_3(0), \quad V_k(0) = \beta_k V(0), \quad k = 1, 2, 3, \quad (1)$$

а общий доход

$$D(0) = D_1(0) + D_2(0) + D_3(0), \quad D_k(0) = \gamma_k D(0), \quad k = 1, 2, 3. \quad (2)$$

Структура объемов и доходов по группам грузов отражена в Таблице 1 и может быть записана в виде векторов

$$\beta = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\} = \{0,63; 0,25; 0,12\}, \quad \gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3\} = \{0,23; 0,54; 0,23\}. \quad (3)$$

Обозначим $V_k(U_i)$ и $D_k(U_i)$ объем перевозок и доход компании от предоставления услуг клиентам k -ой группы после выбора управленческого решения по привлечению клиентов U_i .

Результат выбранного управленческого решения (U_i) для k -ой группы грузоотправителей будем описывать парой нечетких чисел $\{v_{ik}, d_{ik}\}$, которые отражают изменение объема и дохода соответственно для каждой стратегии и каждой группы грузоотправителей, то есть:

$$V_k(U_i) = v_{ik} V_k(0), \quad D_k(U_i) = d_{ik} D_k(0), \quad k=1,2,3.$$

Коэффициенты увеличения объемов и доходов для каждой группы грузоотправителей будем описывать с помощью нечеткой логики.

Будем предполагать, что эти изменения описываются одним из 3-х термов $\{A, B, C\}$, где

- A = «практически не изменится»,
- B = «увеличится несущественно»,
- C = «увеличится существенно».

Прогноз реакции грузоотправителей проводился на основании экспертных оценок, опросов и анализа статистических данных

Стратегии	1 класс грузов		2 класс грузов		3 класс грузов	
	Изменение объема (v_{i1})	Изменение дохода (d_{i1})	Изменение объема (v_{i2})	Изменение дохода (d_{i2})	Изменение объема (v_{i3})	Изменение дохода (d_{i3})
Развитие ЛС услуг (U_1)	A	A	B	C	B	C
Единый дисконт на все классы груза (U_2)	B	B	B	B	B	B
Многоуровневый дисконт от расстояния перевозки (U_3)	B	B	C	C	B	B

Для получения оценок для изменений объемов перевозок и дохода компании в целом конкретизируем представление термов A , B , C в форме нечетких чисел. Так как информации недостаточно будем использовать треугольные нечеткие числа.

Определение 1. Треугольная функция $\mu_A(x)$ принадлежности нечеткого числа A задается тремя числами $\{A_L, A_M, A_R\}$ и записывается как

$$\mu_A(x) = \mu(x; A_L, A_M, A_R) = \begin{cases} 0, & x < A_L, \quad x \geq A_R \\ \frac{x - A_L}{A_M - A_L}, & A_L \leq x < A_M. \\ \frac{A_R - x}{A_R - A_M}, & A_C \leq x \leq A_R. \end{cases}$$

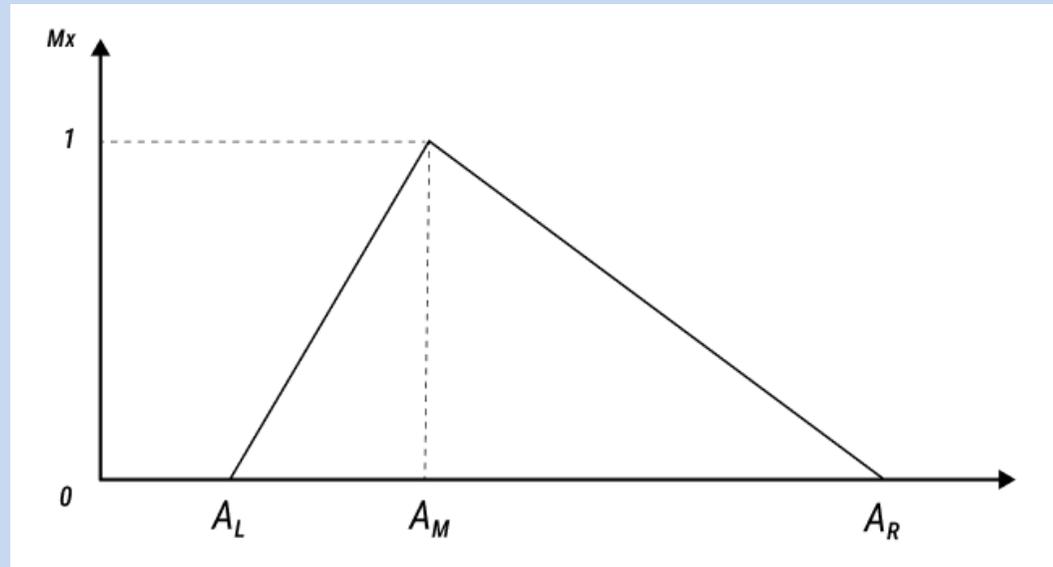


Рис. 1. График треугольной функции принадлежности.

Утверждение 2. Пусть A и B нечеткие треугольные числа с заданными параметрами $\{A_L, A_M, A_R\}$ и $\{B_L, B_M, B_R\}$ соответственно, причем $B_L > 0$, тогда их частное $C = A/B$ является также нечетким числом, функция $\tilde{\mu}(x; C_L, C_M, C_R)$ принадлежности которого имеет вид

$$\tilde{\mu}_C(x) = \tilde{\mu}(x; C_L, C_M, C_R) = \begin{cases} 0, & x < C_L, \quad x \geq C_R \\ f_L(x), & C_L \leq x < C_M, \\ f_R(x), & C_M \leq x \leq C_R. \end{cases}$$

где постоянные C_L, C_M, C_R определяются по формулам

$$C_L = \frac{A_L}{B_R}, \quad C_M = \frac{A_M}{B_M}, \quad C_R = \frac{A_R}{B_L}, \quad (6)$$

функции $f_L(x)$ и $f_R(x)$ монотонно возрастающая и монотонно убывающая неотрицательные функции и

$$f_L(C_L) = f_R(C_R) = 0, \quad f_L(C_M) = f_R(C_M) = 1.$$

Каждый уровень (терм) («практически не изменится», «увеличится несущественно», «увеличится существенно») на основе опроса экспертов запишем в виде треугольного нечеткого числа A с параметрами $\{A_L, A_M, A_R\}$:

$$A = \text{«практически не изменится»} = \{1,00; 1,025; 1,05\}$$

$$B = \text{«увеличится несущественно»} = \{1,05; 1,075, 1,10\}$$

$$C = \text{«увеличится существенно»} = \{1,10; 1,15, 1,20\}.$$

Анализ результата управленческих решений

Основным показателем оптимальности решения выберем увеличение эффективности вложений (*ef*) после внедрения стратегии. Под эффективностью здесь будем понимать, отношение дохода компании к объему перевозок. Обозначим эффективность после выбора управляющего решения U_i через $E(U_i)$, а исходную эффективность через $E(0)$.

Тогда

$$ef(U_i) = \frac{E(U_i)}{E(0)}, \quad (7)$$

где

$$E(0) = \frac{D(0)}{V(0)}, \quad E(U_i) = \frac{D(U_i)}{V(U_i)}.$$

Объем перевозок $V(U_i)$ и доход компании $D(U_i)$ после внедрения U_i стратегии зависят от влияния каждой из стратегий на перевозчиков различных видов грузов и могут быть записаны в виде:

$$V(U_i) = \sum_{k=1}^3 v_{ik} V_k(0) = V(0) \sum_{k=1}^3 v_{ik}(U_i) \beta_k, \quad (8)$$

$$D(U_i) = \sum_{k=1}^3 d_{ik} D_k(0) = D(0) \sum_{k=1}^3 d_{ik}(U_i) \gamma_k. \quad (9)$$

Изменение эффективности рассчитываем по формуле

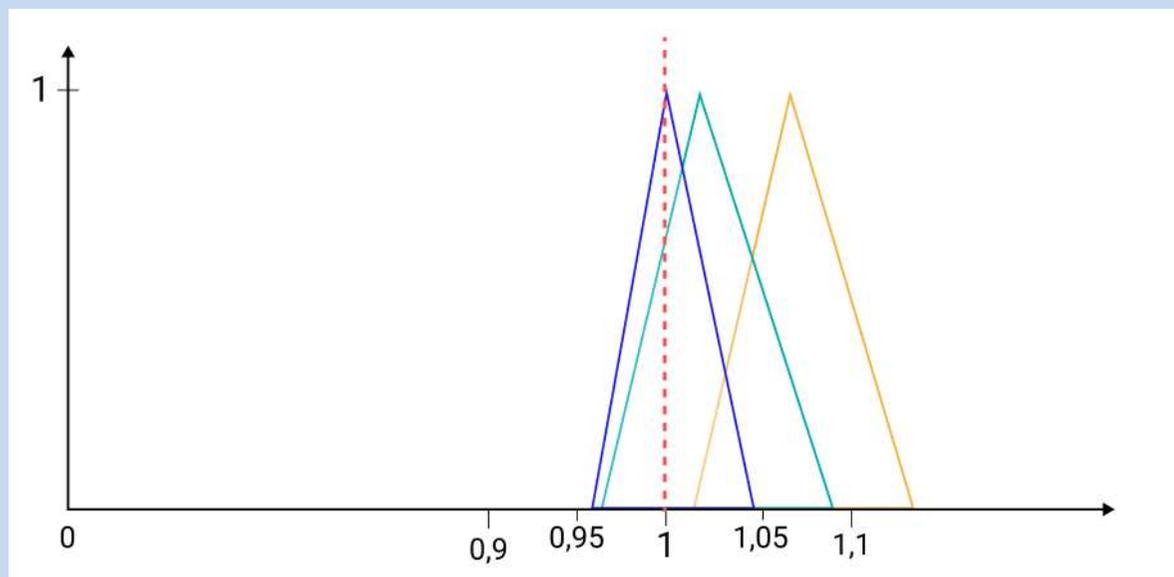
$$ef(U_i) = \frac{\sum_{k=1}^3 d_{ik}(U_i)\gamma_k}{\sum_{k=1}^3 v_{ik}(U_i)\beta_k}. \quad (10)$$

Учитываем, что и числитель и знаменатель в формуле (10) – нечеткие треугольные числа, значит, результатом будет нечеткое число, его параметры находим по формулам (6).

**Оценка результатов применения управленческих решений
с использованием нечеткой логики**

Стратегии	Изменение общего объема V			Изменение суммарного дохода D			Изменение эффективности		
	V_L	V_M	V_R	D_L	D_M	D_R	C_L	C_M	C_R
Развитие ЛС услуг (U_1)	1,019	1,044	1,069	1,077	1,12	1,67	1,008	1,075	1,144
Единый дисконт на все классы груза (U_2)	1,05	1,075	1,1	1,05	1,075	1,1	0,955	1	1,048
Многоуровневый дисконт от расстояния перевозки (U_3)	1,019	1,044	1,069	1,077	1,12	1,15	0,96	1,02	1,09

Отметим, что хотя все рассмотренные решения приводят к увеличению доходов компании (нижняя граница функции принадлежности доходов после применения решения больше 1 для всех U_i), но решения U_2 и U_3 несут значительный риск снижения эффективности, причем для решения U_2 риск выше 50%.



Примерный вид функций принадлежности для изменения эффективности перевозок для различных управляющих решений.

Желтым цветом - $ef(U_1)$, синим - $ef(U_2)$, зеленым - $ef(U_3)$.

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод о предпочтительности стратегии U_1 – развитие комплекса транспортно-логистических услуг.

Вывод

Предложена методика оценки управляющих решений компании-перевозчика по привлечению клиентов и расширению бизнеса с учетом дифференциации клиентов по типу груза и с использованием нечеткого представления о реакции клиентов на решения компании. Показано, что в настоящее время более эффективным среди рассмотренных является стратегия, предусматривающая расширение транспортно-логистических услуг.

Публикации по теме исследования

1. Тимофеева Г.А., Хазимуллин А.Д. Вероятностное моделирование поведения грузоотправителей при оценке программ лояльности на железнодорожном транспорте / Транспорт Урала. – 2023. – № 4(79). – С. 34-40.

2. Тимофеева Г.А., Хазимуллин А.Д. Анализ стратегий по привлечению клиентов транспортно-логистических услуг холдинга «РЖД» с учетом дифференциации клиентов / Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(57). – С. 64-72.

3. Вакулина Г. М., Тимофеева Г.А. Динамическое программирование с использованием нечеткой логики в планировании инвестиционных проектов // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2014. – № 2(52). – С. 109-114.

4. Тимофеева Г.А., Хазимуллин А.Д. Выбор оптимальных управленческих решений железнодорожного перевозчика с использованием нечеткой логики // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(94). – С. 173-180.