

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ

Ходаков В.Е., Чёрный С.Г., Мартыновец С.Н.

Введение. В настоящее время при оценке и анализе качественной информации используется экспертное оценивание посредством парных сравнений, причем процедуры экспертного оценивания, применяемые для решения прогнозных задач, практически не отличаются от тех, которые принято использовать в управленческой деятельности, осуществляемой в условиях неопределенности. При этом, одна из основных проблем — получение согласованных субъективных оценок экспертов. Причем и в управлении, и в прогнозных расчетах, несмотря на большое разнообразие задач, решаемых с привлечением экспертной информации, в основном используются формальные постановки, сводящиеся к классификации и ранжированию. Это и естественно, так как довольно низкая разрешающая способность экспертов позволяет получать от них только качественную информацию, количественное представление которой возможно либо в номинальной, либо в ранговой шкале. Поэтому на практике, как правило, принимаются оценки экспертов, несогласованность которых не превышает 10-15%. Вместе с тем для получения более качественных решений необходимой предпосылкой все же должна быть минимально возможная несогласованность оценок.

Анализ публикаций. Применение экспертных суждений актуально в вопросах формирования модели оптимального развития и размещения производства (предприятия), что позволяет по территории выбрать применяемые технологические способы производства, определить объем и ассортимент выпуска и реализации продукции, ее перевозок и использования.

В области экспертных оценок и проведения экспертиз известны работы: Г.С. Поспелова, Ю.Н. Тюрина, А.И. Орлова, А.А. Фридмана, Э.Г. Петрова, И.И. Коваленко и др.

Анализ проблемы и ее решение. Рассогласованность оценок обуславливается несколькими факторами. Она может быть как естественной, зависящей от природы сравниваемых объектов, так и следствием ошибок-измерений и «непоследовательности» экспертов в своих суждениях, проявление которой возможно в условиях нечеткого представления информации об объектах и неполноты знаний об их свойствах. Понятно, что избежать естественной несогласованности и уменьшить ее не представляется возможным. Поэтому пути уменьшения несогласованности оценок экспертов следует искать в области субъективных факторов.

Ограничения в оптимизационных моделях развития и размещения отражают такие моменты, как:

- исходное состояние системы;
- социальные и экономические цели, которые должны быть достигнуты при размещении отдельных объектов или групп объектов рассматриваемой системы (например, тенденция в необходимости ускоренного развития районов);
- взаимозаменяемость продуктов, емкость рынка при разных уровнях цен;
- допустимость тенденции развития отдельных объектов или множеств объектов по социальным условиям;
- сущность и связи между объектами системы;
- возможность использования данной системой ограниченных производственных ресурсов;

- связи между последовательными во времени состояниями одного и того же объекта;
- условия транспортировки (сырье, материалы и готовая продукция (в некоторых случаях и рабочая сила)).

Условия размещения производства достаточно разнообразны, выделим два наиболее важных:

- 1) природные условия и характеристики производственной деятельности фирмы;
- 2) относительные затраты на производство на разных территориях, скорректированные с учетом сбытовых затрат и транспортных расходов при доведении продукции до потребителей как основа создания относительных преимуществ перед остальными конкурентами.

Размещение факторов производства между альтернативными способами использования осуществляется в соответствии со структурой потребительского спроса, которая в свою очередь, отражает некоторый заданный уровень национального дохода и его распределение. Модели оптимального развития и размещения производства по территории позволяют выбрать применяемые технологические способы производства, определить объем и ассортимент выпуска и реализации продукции, ее перевозок и использования.

При выборе членов экспертной группы для теории экономического районирования или рационального стандарта промышленного предприятия В. Лаунхардта можно применить теорию попарного сравнения, что позволит получить наиболее точное отражение субъективных предпочтений, поскольку на выбор здесь налагается гораздо меньше ограничений, чем при других правилах экспертного оценивания. При этом способе каждый раз эксперту приходится делать выбор всего из двух альтернатив. Естественно, это облегчает работу экспертов, но одновременно ставит вопрос о возможно недостаточном объеме информации для получения надежных оценок и это характеризуется тем, что один бит информации требуется при сравнении только одной пары из n объектов, а сравниваемых пар $n(n-1)/2$, следовательно $n(n-1)/2 > \log_2(n!)$, тогда объем затраченной информации на решение задачи ранжирования, в сумме превосходит другие.

Для получения парных сравнений объектов $A_i (i = \overline{1, n})$ используется анкетирование, предусматривающее заполнение таблицы, в котором количество строк равняется количеству столбцов (табл.1).

Таблица 1

Матрица парных сравнений

Объекты	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

Значение элемента, стоящего на пересечении i -й строки и j -го столбца определяется по формуле:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & A_i < A_j \\ 1, & A_i \approx A_j \\ 2, & A_i > A_j \end{cases}$$

В соответствии с правилами формирования a_{ij} на пересечении i -й строки и j -го столбца должен стоять «0», если объект с номером i , по мнению эксперта, менее значим, чем объект с номером j , должна стоять «1», если объекты равнозначны, и «2», если i -й $>$ j -й [1].

Рассмотрим пример на распределение торговой зоны для расширения предприятия. В модели приняты следующие допущения:

- 1) существование рынка;
- 2) произвольная схема расселения населения;
- 3) размещение m конкурирующих фирм (предприятий) F_1, F_2, \dots, F_m в данных точках;
- 4) продукция одного качества;
- 5) предприятия характеризуются ρ признаками;
- 6) степени важности признаков при принятии решения о поездке варьируются между индивидуумами;
- 7) одна фирма (предприятие) предпочитается другой, если ее признаки по своей степени важности более близки к оценке потребителя.

Пусть $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - множество покупателей, а $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ - множество признаков фирм (предприятий) и $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ - множество фирм предприятий).

Пусть $\Phi_R : X \times Y \rightarrow [0,1]$ есть функция принадлежности нечеткого бинарного отношения R . Для всех $x \in X$ и всех $y \in Y$ функция $\Phi_R(x, y)$ - степень важности признака y по оценке индивидуума x при определении им предпочтения фирмы предприятия).

Отношение R можно представить в матричной форме

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \dots & y_p \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \Phi_R(x_1, y_1) & \Phi_R(x_1, y_2) & \dots & \Phi_R(x_1, y_p) \\ \Phi_R(x_2, y_1) & \Phi_R(x_2, y_2) & \dots & \Phi_R(x_2, y_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_R(x_n, y_1) & \Phi_R(x_n, y_2) & \dots & \Phi_R(x_n, y_p) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Пусть $d : Y \times Z \rightarrow [0,1]$ есть функция принадлежности нечеткого бинарного отношения S . Для всех $y \in Y$ и всех $z \in Z$ $d_S(y, z)$ = степень принадлежности или совместимости фирмы z признаком y . В матричной форме отношение имеет вид

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \dots & z_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} d_S(y_1, z_1) & d_S(y_1, z_2) & \dots & d_S(y_1, z_m) \\ d_S(y_2, z_1) & d_S(y_2, z_2) & \dots & d_S(y_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_S(y_p, z_1) & d_S(y_p, z_2) & \dots & d_S(y_p, z_m) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Теперь можно получить матрицу T :

$$T = \begin{matrix} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \dots & z_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu A_1(x_1, z_1) & \mu A_2(x_1, z_2) & \dots & \mu A_m(x_1, z_m) \\ \mu A_1(x_2, z_1) & \mu A_2(x_2, z_2) & \dots & \mu A_m(x_2, z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu A_1(x_n, z_1) & \mu A_2(x_n, z_2) & \dots & \mu A_m(x_n, z_m) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

элементы которой определяются функцией принадлежности

$$\mu A_i(x, z_i) = \frac{\sum_y \Phi_R(x, y) \cdot d_S(y, z_i)}{\sum_y \Phi_R(x, y)} \quad \text{для всех } x \in X, y \in Y \text{ и } z \in Z. \quad (1)$$

Сумма $\sum_y \Phi_R(x, y)$ равна степени нечеткого подмножества [2], указывающей число важнейших признаков y , которое потребитель x используют для оценки предприятия, а $\mu A_i(x, z_i)$ можно интерпретировать как взвешенную степень предпочтения фирмы z_i инди-

видуумом x . Функция предпочтения, описываемая уравнением (1), удовлетворяет определению выпуклого нечеткого множества

$$\mu_{A_i}[\lambda(x_1, z_i) + (1 - \lambda)(x_2, z_i)] \geq \min[\mu_{A_i}(x_1, z_i), \mu_{A_i}(x_2, z_i)] \quad (2)$$

для всех x_1 и x_2 , всех $z_i \in Z$ и всех $\lambda \in [0,1]$

Поскольку все $\mu_{A_i}(x, z_i)$ выпуклые, их пересечения также выпуклые функции. Т.о., можно построить матрицы W :

$$W = \begin{bmatrix} \mu_{A_1}(x_1, z_1) \wedge \mu_{A_2}(x_1, z_2) & \dots & \mu_{A_{m-1}}(x_1, z_{m-1}) \wedge \mu_{A_m}(x_1, z_m) \\ \mu_{A_1}(x_2, z_1) \wedge \mu_{A_2}(x_2, z_2) & \dots & \mu_{A_{m-1}}(x_2, z_{m-1}) \wedge \mu_{A_m}(x_2, z_m) \\ \mu_{A_1}(x_n, z_1) \wedge \mu_{A_2}(x_n, z_2) & \dots & \mu_{A_{m-1}}(x_n, z_{m-1}) \wedge \mu_{A_m}(x_n, z_m) \end{bmatrix}$$

Порог разделения торговой зоны может быть ограничен условием

$$k < \min_{ij} \max_x \min [\mu_{A_i}(x, z_i), \mu_{A_j}(x, z_j)] \quad (3)$$

Если порог k выбран, то торговая зона M_i , $i=1,2,\dots,m$ описывается уровнем множеством

$$M_i = \{x | \mu_{A_i}(x) \geq \min_{ij} \max_x \min [\mu_{A_i}(x, z_i), \mu_{A_j}(x, z_j)]\} \text{ для всех } x \in M_i \quad (4)$$

Данное выражение подтвердим следующим образом. Обозначим через U число потребителей. Пусть нечеткие подмножества A_1 и A_2 , называемое предпочтением F_1 и предпочтением F_2 , представляют потребительские пространственные предпочтения и зададим соотношениями (5)-(6):

$$\mu_{A_1}(x) = \begin{cases} [1 + k(x - \alpha_1)^2]^{-1} & \text{при } k \geq 1, x \leq \alpha_1, \\ [e^{-k(x - \alpha_1)^2}]^2 & \text{при } k \geq 1, x \geq \alpha_1, \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{A_2}(x) = e^{-k(x - \alpha_1)^2} \text{ при } k \geq 1, \text{ и любых } x, \quad (6)$$

где $\mu_{A_i} : U \rightarrow [0,1]$ функция принадлежности, принимающая свои значения в множестве принадлежности $[0,1]$; $\mu_{A_2}(x)$ описывает степень предпочтения фирмы F_i потреблением x из U .

Уравнение (5)-(6) описывают выпуклые нечеткие подмножества удовлетворяющие условию (7):

$$\mu_{A_i}[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mu_{A_i}(x_1), \mu_{A_i}(x_2)], \text{ для всех } x_1 \text{ и } x_2 \in U \text{ и всех } \lambda \in [0,1] \quad (7)$$

Данное допущение выпуклости может быть оправданно в том смысле, что при нем должно предполагаться монотонное увеличение степени предпочтения с уменьшением расстояния до предприятия. После определения точного представления нечеткого понятия предпочтения, можно задать способ, с помощью которого рынок товаров может быть поделен на сегменты, соответствующие отдельным предприятиям. Поскольку нечеткие подмножества A_1 и A_2 ограничены максимальными степенями $\sup_x \mu_{A_1}(x)$ и $\sup_x \mu_{A_2}(x)$ в точках α_1 и α_2 соответственно, то их пересечение $A_1 \cap A_2$ также ограничено выпуклым нечетким подмножеством [3] и определяется функцией принадлежности

$$\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = \begin{cases} e^{-k(x - \alpha_2)^2} & \text{при } k \geq 1, x \leq \gamma \\ [e^{-k(x - \alpha_1)^2}]^2 & \text{при } k \geq 1, x \geq \gamma \end{cases} \quad (8)$$

принимающее максимальное значение $\sup_x \mu_{A_1 \cap A_2}(x)$ в γ . Применяя теорему об отделимости [3], получаем, что наивысшая степень разделения зоны, равная $1 - \sup_x \mu_{A_1 \cap A_2}(x)$, достигается в точке γ , через которую проходит гиперплоскость.

Коэффициент относительной важности, позволяющий сравнить между собой объекты, формируется по результатам индивидуального оценивания опроса эксперта, например. Приведем пример матрицы:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

Последовательность итераций без учета нормирующего множителя:

$$p^0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad p^1 = \begin{pmatrix} 7 \\ 5 \\ 4 \\ 5 \\ 4 \end{pmatrix} \quad p^2 = \begin{pmatrix} 33 \\ 21 \\ 18 \\ 29 \\ 18 \end{pmatrix} \quad p^3 = \begin{pmatrix} 147 \\ 93 \\ 94 \\ 137 \\ 94 \end{pmatrix} \quad p^4 = \begin{pmatrix} 706 \\ 469 \\ 462 \\ 617 \\ 462 \end{pmatrix}$$

Итерационная значимость первого порядка p^1 представляет собой сумму «очков», набранных каждым объектом в результате экспертного сравнения. Для дальнейшего анализа рассмотрим матрицу R – нечеткого бинарного отношения и матрицу S (степень принадлежности к признаку):

$$R = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,5 & 0,1 & 0,3 \\ 0,4 & 0,4 & 0,5 & 0,3 \\ 0,2 & 0,3 & 0,7 & 0,2 \\ 0,4 & 0 & 0,7 & 1 \\ 0,9 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ 0,7 & 0,3 & 0,5 & 0,7 \\ 0,8 & 0,3 & 0,4 & 0,8 \\ 0,5 & 0,8 & 0,8 & 0,2 \\ 0,5 & 0,4 & 0,5 & 0,5 \\ 0,6 & 0,7 & 0,7 & 0,5 \\ 1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \\ 0,3 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,5 & 0,9 & 0,7 \\ 0,5 & 0,7 & 0,8 & 0,9 \\ 0,7 & 0,9 & 0,5 & 0,4 \\ 0,5 & 0,3 & 0,4 & 0,6 \end{bmatrix}$$

Используя (1) получим матрицу T, а из матрицы T получаем матрицу W:

$$T = \begin{vmatrix} 0,644 & 0,550 & 0,750 & 0,725 \\ 0,638 & 0,638 & 0,656 & 0,638 \\ 0,643 & 0,714 & 0,607 & 0,579 \\ 0,624 & 0,538 & 0,529 & 0,552 \\ 0,625 & 0,589 & 0,639 & 0,642 \\ 0,641 & 0,555 & 0,636 & 0,627 \\ 0,639 & 0,526 & 0,643 & 0,639 \\ 0,635 & 0,691 & 0,683 & 0,657 \\ 0,632 & 0,595 & 0,642 & 0,637 \\ 0,628 & 0,628 & 0,660 & 0,652 \\ 0,746 & 0,531 & 0,823 & 0,685 \\ 0,626 & 0,587 & 0,509 & 0,526 \end{vmatrix} \quad W = \begin{vmatrix} 0,550 & 0,644 & 0,644 & 0,550 & 0,550 & 0,725 \\ 0,638 & 0,638 & 0,638 & 0,638 & 0,638 & 0,638 \\ 0,643 & 0,607 & 0,579 & 0,607 & 0,579 & 0,579 \\ 0,538 & 0,529 & 0,552 & 0,529 & 0,538 & 0,529 \\ 0,589 & 0,625 & 0,625 & 0,589 & 0,589 & 0,639 \\ 0,555 & 0,636 & 0,627 & 0,555 & 0,555 & 0,627 \\ 0,526 & 0,639 & 0,639 & 0,526 & 0,526 & 0,639 \\ 0,635 & 0,635 & 0,635 & 0,683 & 0,657 & 0,657 \\ 0,595 & 0,632 & 0,632 & 0,595 & 0,595 & 0,637 \\ 0,628 & 0,628 & 0,628 & 0,628 & 0,628 & 0,652 \\ 0,531 & 0,746 & 0,685 & 0,531 & 0,531 & 0,685 \\ 0,587 & 0,509 & 0,526 & 0,509 & 0,526 & 0,509 \end{vmatrix}$$

Используя информацию, содержащуюся в матрице W, эксперты могут сделать вывод:

$$\begin{aligned} \max_x \min [\mu_{A_1}(x, z_1), \mu_{A_2}(x, z_2)] &= 0,643; \quad \max_x \min [\mu_{A_1}(x, z_1), \mu_{A_3}(x, z_3)] = 0,746; \\ \max_x \min [\mu_{A_1}(x, z_1), \mu_{A_4}(x, z_4)] &= 0,685; \quad \max_x \min [\mu_{A_2}(x, z_2), \mu_{A_3}(x, z_3)] = 0,683; \\ \max_x \min [\mu_{A_2}(x, z_2), \mu_{A_4}(x, z_4)] &= 0,657; \quad \max_x \min [\mu_{A_3}(x, z_3), \mu_{A_4}(x, z_4)] = 0,725. \end{aligned}$$

0,643 – минимальное значение. Теперь из матрицы Т выбираем для k наибольшее возможное значение, которое было бы меньше 0,643 и получаем, что $k=0,641$, исходя из этого, распределим зоны:

$$M_1 = \{x_1, x_3, x_{11}\}, \quad M_2 = \{x_3, x_8\}, \quad M_3 = \{x_1, x_2, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}\}, \quad M_4 = \{x_1, x_5, x_8, x_{10}, x_{11}\}.$$

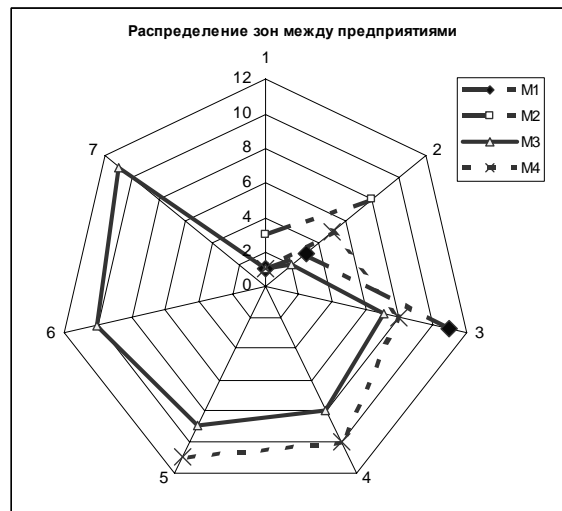


Рис. 1 Графическое распределение зон между предприятиями

За исключением фактора x_{2, x_5} группа M_3 включает в себя группу M_4 , такое происходит постоянно когда два предприятия схожи или эквивалентны по своей привлекательности и только при конечном наложении экспертной оценки специалисты выбирают одну группу.

Вывод. В данной работе проведен анализ проблемы разделения на сегменты в нечетких условиях с использованием теории нечетких множеств и теории попарного сравнения. Такие допущения, как о постоянстве транспортных расходов и об одинаковом достоинстве предприятий заменяются нечетким восприятием расстояния и привлекательности фирм относительно различных характерных свойств. Предпочтение, отдаваемое потребителями тому или иному предприятию, представляется в виде выпуклого нечеткого подмножества для исследования перекрытия сегментов – торговых зон. Для лучшего представления реальных условий разделения сегментов, сделана попытка ослабить допущения об однородности предприятий рынка, а перекрытие сегментов рассматривается как общий, а не частичный случай. В результате применения теории попарного сравнения налагается гораздо меньше ограничений, чем при других правилах экспертного оценивания.

The approach to a solution of the task of structure analysis structure and choice of the zone for accommodation of the enterprise with provision for opinions expert and using the device of the fuzzy sets. The Enumerated factors of the analysis of the expert groups, restrictions in оптимизационных model of the development and accomodations enterprise. The offered approach of the entering the expert group for theory economic distribution.

1. Петров Э.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В., Соколова Н.А. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах. Учебное пособие/Под общей редакцией Э.Г. Петрова – ОЛДІ-плюс, 2003.-380с.
2. Deluca, A., and S. Termini (1968). A definition of non-probabilistic entropy in the setting of fuzzy set. J. Math. Analysis & Appl., 23, 421-427
3. Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. Inf. & Control, 8, 338-353.