УДК 51-74

Методы многокритериального принятия решений

Мамонов Максим Андреевич maksimmamonov15@gmail.com
Мусохранов Марсель Владимирович marsel@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассморены методы многокритериального принятия решения и алгоритмы их расчета. Данные методы применяются, когда необходимо сделать выбор между несколькими альтернативами, выполняющими похожие функции, например металлообрабатывающими станками, т. е. провести оптимизацию. Сделаны выводы, что одни методы более просты в использовании, но дают не самую объективную оценку, в то время как другие являются гораздо более трудоемкими, но дают более точный результат.

***Ключевые слова*:** *многокритериальное принятие решения, метод суммы мест, метод взвешенной суммы мест, метод сумм взвешенных значений критериев, метод* TOPSIS, *методы* ELECTRE

Выбор из нескольких альтернатив — это процесс, требующий рассмотрения большого количества критериев, часто с разными единицами измерения. Для решения подобных задач применяют методы многокритериального принятия решения. Эти методы позволяют объективно сравнить между собой альтернативы и выбрать из них наиболее предпочтительную по заданным критериям, т. е. провести оптимизацию [1].

Рассмотрим следующие методы: 1) метод суммы мест; 2) метод взвешенной суммы мест; 3) метод сумм взвешенных значений критериев; 4) метод TOPSIS; 5) метод ELECTRE.

Метод суммы мест заключается в предварительном ранжировании каждой альтернативы по каждому из рассматриваемых критериев. Значения этих критериев могут быть как абсолютные, так и относительные.

Анализируемые значения критериев каждой из альтернатив упорядочиваются от лучшего к худшему с присваиванием ранга таким образом, что лучшее значение получает первое место, следующее за ним — второе, и т. д. до худшего значения критерия. В конце, для каждой из альтернатив производится суммирование числовых показателей полученных мест, и чем меньше полученная сумма, тем выше итоговый ранг альтернативы и, следовательно, тем более предпочтительной она является [2].

Метод взвешенной суммы мест основывается на предыдущем методе с добавлением учета относительного веса каждого критерия.

Относительный вес рассчитывается путем попарного сравнения между собой всех критериев и дальнейшего определения их значимости: если первый критерий более значимый, чем второй, то его приоритет равняется 1, если менее значимый, то 0, если критерии равнозначны, то оба получают прио-

ритет 0,5. Для каждого критерия рассчитывается сумма приоритетов и относительный вес [2].

Далее для каждого критерия место, полученное каждой альтернативой, умножается на относительный вес данного критерия. В конце производится аналогичное суммирование полученных произведений для каждой из альтернатив и аналогичное сравнение: чем меньше полученная сумма, тем выше ранг соответствующей альтернативы [3].

Метод сумм взвешенных значений критериев заключается в определении комплексной оценки каждой альтернативы путем суммы произведений относительного веса критерия и его нормированного значения [4].

Нормированное значение необходимо для приведения значений критериев к сопоставимому виду, т. к. критерии имеют разную размерность. Нормированное значение лежит в интервале от 0 до 1, с сохранением соотношений между всеми альтернативными значениями критерия.

В отличие от предыдущих методов, чем выше сумма оценок, тем выше ранг альтернативы. Данный метод дает более подробное представление о весе каждого конкретного критерия в сравнении с предыдущими методами, но это достигается путем увеличения трудоемкости процесса расчета.

Метод TOPSIS основан на том принципе, что значения альтернатив должны быть максимально удалены от наихудшего решения и минимально удалены от наилучшего решения [4].

Как и в предыдущем методе, сначала рассчитываются нормированные значения критериев для каждой альтернативы. После чего, из полученных значений выделяют наилучшее и наихудшее, R_i^+ и R_i^- соответственно. Причем, наилучшее не всегда самое больше, например, при анализе критерия «Точность обработки» наилучшей является альтернатива с меньшим значением критерия [5]. Далее определяется разделительное расстояние для рассматриваемых альтернатив по формулам 1 и 2 соответственно:

$$d_i^+ = (\sum_{i=1}^{n}(R_{ki} - R_i^+)^p)^{1/p}; \quad (1)$$

$$d_i^- = (\sum_{i=1}^{n}(R_{ki} - R_i^-)^p)^{1/p}. \quad (2)$$

После того рассчитывается относительная удаленность каждой альтернативы от наихудшего решения по формуле.

Ранжирование альтернатив проводится по принципу наибольшей удаленности от наихудшего решения, т. е. чем выше удаленность, тем выше ранг получает конкретная альтернатива [6].

Методы ELECTRE — это группа методов, являющаяся аббревиатурой «ÉLimination Et Choix Traduisant la REalité», что можно перевести как «Исключения и выбор в условиях реальности».

При сравнении альтернатив выделяются: I^+ — подмножество критериев, по которым альтернатива X оптимальнее альтернативы Y, I^- — подмножество критериев, по которым альтернатива Y оптимальнее альтернативы X [7].

Матрица согласия при использовании метода ELECTRE I рассчитывается как сумма относительных весов критериев, по которым альтернатива X пре-

восходит альтернативу Y. После этого полученные суммы для каждой альтернативы суммируются (см рисунок).

Ранжирование альтернатив производится путем разности суммы весов критериев по горизонтали и суммы весов критериев по вертикали. Полученная разность может быть, как положительной, так и отрицательной. Чем выше разность, тем выше ранг альтернативы [8].

56	Матрица согласия				
57		Salvagnini	AMADA L	AMADA P	
58	Salvagnini	0	0,82	0,8	=СУММ(B
59	AMADA L	0,18	0	0,38	0,56
60	AMADA P	0,2	0,62	0	0,82
61		0,38	1,44	1,18	3

56	Матрица согласия				
57		Salvagnini	AMADA L	AMADA P	
58	Salvagnini	0	0,82	0,8	1,62
59	AMADA L	0,18	0	0,38	0,56
60	AMADA P	0,2	0,62	0	0,82
61		=СУММ(B	1,44	1,18	3

Расчет матрицы согласия

Методы многокритериального решения различаются точностью принимаемого решения, а также трудоемкостью. Такие методы, как метод суммы мест и метод взвешенной суммы мест являются легкими для использования, практически не требуют специальных знаний и позволяют быстро получить требуемый результат. В то время как метод сумм взвешенных значений критериев, TOPSIS и методы семейства ELECTRE помогают получить более подробное и точное сравнение альтернатив, при существенно возросшей трудоемкости процесса расчетов.

Литература

[1] Суслов А.Г. *Наукоемкие технологии в машиностроении*. Москва, Машиностроение, 2012, 528 с.

[2] Воробьева М.В. Анализ методов многокритериального принятия решений. *Региональная и отраслевая экономика*, 2022, № 1, с. 24–28. https://doi.org/10.47576/2782-4578_2022_1_24

[3] Яроцкая Е.В. *Экономико-математические методы и моделирование*. Саратов, Ай Пи Эр Медиа, 2018. 227 с.

[4] Аксянова А.В. Валеева А.Н., Валеева Д.Н., Гумеров А.М. *Математическое моделирование экономических процессов*. Казань, КНИТУ, 2016. 92 с.

[5] Ewa R., Trzaskalik T., Wachowicz T. Multi-criteria decisionmaking models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. Multiple Criteria Decision Making, Katowice, the University of Economics, 2011, pp. 200–230.

[6] Jadidi O., Hong T.S., Firouzi F., Yusuff R.M. An Optimal Grey Based Approach Based on TOPSIS Concept for Supplier Selection Problem. International Journal of Management Science and Engineering Management, 2008, vol. 4, no. 2, pp. 104–117.

[7] Figueira José, Salvatore Greco, Matthias Ehrgott. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. New York, Springer Science + Business Media, 2005.

[8] Roy B. Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationelle (RIRO), 1968, vol. 8, pp. 57–75.

Multi-criteria decision-making methods

Mamonov Maxim Andreevich maksimmamonov15@gmail.com

Musokhranov Marcel Vladimirovich marsel@bmstu.ru

Kaluga branch of BMSTU, Kaluga, Russia

The methods of multi-criteria decision-making and algorithms for their calculation are considered. These methods are used when it is necessary to make a choice between several alternatives that perform similar functions, for example, metalworking machines, i.e. to optimize. It is concluded that some methods are easier to use, but do not give the most objective assessment, while others are much more time-consuming, but give a more accurate result.

Keywords: multi-criteria decision-making, sum of places method, weighted sum of places method, sum of weighted values of criteria method, TOPSIS method, ELECTRE methods