УДК 378.14.015.62

АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Берестнева О.Г.[1, 2], Шевелев Г.Е.[1], Фисоченко О.Н.[3]

[1] *ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: ogb@tpu.ru*
[2] *ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Томск, Россия (634050, г. Томск, Московский тракт, 2), e-mail: office@ssmu.ru*
[3] *Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Томск, Россия (652055, г. Юрга, Кемеровская обл., ул. Ленинградская, 26), e-mail: giri@rambler.ru*

Статья посвящена актуальной проблеме разработки алгоритмов и технологии принятия решений о компетентности студентов и молодых специалистов. Для решения задач принятия решений об их компетентности были использованы модифицированные методы выбора альтернатив в условиях нечеткости и неопределенности и на их основе разработаны соответствующие алгоритмы. В качестве основного критерия принятия решений использовался минимаксный подход. Рассмотрен пример принятия решения в нечетких условиях по схеме Беллмана-Заде при сравнении профессионального уровня трех выпускников технического университета, претендующих на одну и ту же вакантную должность. На основе представленного алгоритма был разработан универсальный программный модуль для оценки различных компонентов компетентности специалиста.

Ключевые слова: компетентность, принятие решения, нечеткое множество, нечеткий многокритериальный анализ.

ALGORITHMS FOR DECISION-MAKING COMPETENCE OF STUDENTS AND YOUNG PROFESSIONALS

Berestneva O.G.[1, 2], Shevelev G.E.[1], Fisochenko O.N.[3]

[1] *National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin avenue, 30), e-mail: ogb@tpu.ru*
[2] *Siberian State Medical University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Moscow highway,2, e–mail: office@ssmu.ru*
[3] *Yurga Technological Institute, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (652055, Yurga, Kemerovo region. St. Leningrad 26), e-mail: giri@rambler.ru*

Article is devoted to the problem of algorithm design and technology decision-making competence of students and young professional. To solve the problems of decision-making regarding their expertise was used modified methods of choice alternatives in terms of vagueness and uncertainty, and on their basis the corresponding algorithms. The main decision criteria used minimax approach. An example of the decision making in fuzzy environment scheme Bellman-Zadeh when comparing the professional level three technical university graduates applying for the same vacancy. Based on the presented algorithm was developed universal software module to calculate the various components of the competent person.

Key words: competence, decision making, fuzzy set, fuzzy multi-criteria analysis.

Проблема отбора и упорядочивания объектов в условиях образовательного процесса возникает достаточно часто. Можно перечислить ряд практических задач, связанных с этой проблемой и проблемой оценки компетенций/компетентностей:

- конкурсный отбор для обучения в аспирантуре, магистратуре;
- конкурсный отбор молодых ученых в группу «резерва кадров»;
- формирование банка данных выпускников по имеющимся вакансиям;
- профориентация абитуриентов (выбор наиболее подходящего факультета);

- конкурсный отбор (по дополнительным критериям) среди абитуриентов, имеющих равный балл по результатам вступительных экзаменов.

При решении задач отбора объектов исходное множество X делится на два класса: класс допустимых объектов (допустимое множество) и класс недопустимых объектов. Полезность объектов оценивается в пространстве характеризующих их признаков [6].

Результаты проведенных исследований [4], а также анализ работ других авторов [1; 6] по проблеме отбора и упорядочивания объектов, признаками которых являются элементы и компоненты компетентности, показал, что наиболее перспективный подход – это использование нечетких моделей и алгоритмов нечеткой логики. Для решения задач принятия решений о компетентности студентов и выпускников технического университета были использованы модифицированные алгоритмы выбора альтернатив в условиях нечеткости и неопределенности. Данный подход был впервые предложен Борисовым и Крумбергом [3], а затем использован другими исследователями [2; 6].

Принятие решения о компетентности может осуществляться на основе критериев как одинаковой, так и различной важности. Рассмотрим метод анализа альтернатив в случае, когда критериальные оценки задаются как степени соответствия альтернатив определенным критериям равной важности. В этом случае используется свертка на основе операции пересечения нечетких множеств [3].

Пусть имеется множество из m альтернатив:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots a_n\}.$$

Тогда для критерия С может быть рассмотрено нечеткое множество:

$$C = [\mu_C(a_1)/a_1, \mu_C(a_2)/a_2, \ldots, \mu_C(a_m)/a_m]$$

Где $\mu_C(a_m) \in [0,1]$ – оценка альтернативы a_j по критерию C, характеризует степень соответствия альтернативы понятию, определяемому критерием C.

Если имеется n критериев: $C_1, C_2, \ldots, C_n$, то лучшей считается альтернатива, удовлетворяющая и критерию C_1, и C_i, и ..., и C_n. Тогда правило для выбора наилучшей альтернативы может быть записано в виде пересечения соответствующих нечетких множеств:

$$D = C_1 \cap C_2 \cap, \ldots, \cap C_n.$$

Операции пересечения нечетких множеств соответствует операция *min*, выполняемой над их функциями принадлежности:

$$\mu_D(a_i) = \min_{i=1,n} \mu_{C_i}(a_j), \qquad j = \overline{1, m}.$$

В качестве лучшей выбирается альтернатива a^*, имеющая наибольшее значение функции принадлежности:

$$\mu_D(a^*) = \max_{j=\overline{1,m}} \mu_D(a_j).$$

Рассмотрим задачу выбора одного абитуриента из n кандидатов, получивших промежуточные баллы при поступлении в вуз.

Абитуриенты оцениваются по следующим качествам (компонентам профессионально-деятельностной компетентности): C_1 – способности к математике, C_2 – склонность к технике, C_3 – пространственное воображение, C_4 – добросовестность, C_5 – способность к творческому решению задач.

Выявив, насколько каждый из кандидатов соответствует рассматриваемым критериям, получим следующие множества:

$$C_1 = \{\mu_{C_1}(a_1)/a_1, ..., \mu_{C_1}(a_n)/a_n\};$$

$$C_2 = \{\mu_{C_2}(a_1)/a_1, ..., \mu_{C_2}(a_n)/a_n\};$$

....

$$C_5 = \{\mu_{C_5}(a_1)/a_1, ..., \mu_{C_5}(a_n)/a_n\}.$$

Затем формируется множество, состоящее из наименьших функций принадлежности, полученных абитуриентами по рассматриваемым критериям.

Тогда, используя полученное множество, в качестве лучшего кандидата выберем того, который имеет наибольшую функцию принадлежности.

Рассмотрим алгоритм выбора наиболее подходящей специальности для абитуриента (с точки зрения сформированности у него личностных профессионально значимых качеств).

Для этого рассмотрим матрицу, элементами которой являются значения функций принадлежности для j-й альтернативы (специальности) по каждому критерию (i-му качеству – компоненту профессионально-деятельностной компетентности) (n – число критериев; m – число альтернатив). Рассмотрим вектор $B = \{b_1, b_2, ..., b_n\}$, элементами которого являются значения функций принадлежности, которые могут быть получены на основе экспертных оценок либо путем преобразования балльных оценок, полученных абитуриентом при психологическом тестировании.

Сформируем следующее множество $D = \{d_{ij}\}$, где $d_{ij} = |a_{ij} - b_i|$.

Тогда правило для выбора наилучшей альтернативы (специальности) из имеющихся m альтернатив будет иметь вид:

$$c_j = \max_{i=\overline{1,n}} d_{ij}, \qquad c^* = \min_{i=\overline{1,m}} c_i.$$

Рассмотрим основы теории принятия решений в нечетких условиях по схеме Беллмана-Заде с примерами нечеткого многокритериального анализа вариантов [7].

Будем считать известными:

$X = \{x_1, x_2, ..., x_k\}$ – множество вариантов, которые подлежат многокритериальному анализу;

$G = \{G_1, G_2, ..., G_n\}$ – множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.

Задача многокритериального анализа состоит в упорядочивании элементов множества *X* по критериям из множества *G* нечеткого множества $\overline{G_i}$ на универсальном множестве вариантов *X*: Пусть $\mu G_i(x_j)$ – число в диапазоне [0,1], которое характеризирует уровень оценки варианта $x_j \in X$ по критерию $G_i \in G$: чем больше число $\mu G_i(x_j)$, тем выше оценка варианта x_j по критерию G_i, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,k}$. Тогда критерий G_i можно представить в виде:

$$\overline{G_i} = \left\{ \frac{\mu G_i(x_1)}{x_1}, \frac{\mu G_i(x_2)}{x_2}, ..., \frac{\mu G_i(x_k)}{x_k} \right\} \qquad (1)$$

где $\mu G_i(x_j)$ – степень принадлежности элемента xj нечеткому множеству $\overline{G_i}$.

Для нахождения степени принадлежности нечеткого множества воспользуемся методом построения функций принадлежности на основе парных сравнений. Для этого необходимо сформировать матрицы парных сравнений вариантов по каждому критерию. Общее количество таких матриц совпадает с количеством критериев и равняется *n*.

Наилучшим вариантом будем тот, который одновременно лучший по всем критериям. Нечеткое решение $\overline{D}$ находится как пересечения частных критериев:

$$\overline{D} = \overline{G_1} \cap \overline{G_2} \cap, ..., \cap \overline{G_n} = \left\{ \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \mu G_i(x_1)}{x_1}, \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \mu G_i(x_2)}{x_2}, ..., \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \mu G_i(x_k)}{x_k} \right\} \qquad 2)$$

Согласно с полученным нечетким множеством $\overline{D}$, наилучшим вариантом будем считать тот, для которого степень принадлежности является наибольшей.

При неравновесных критериях (2) принимает вид:

$$\overline{D} = \left\{ \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \left(\mu G_i(x_1)\right)^{\alpha_i}}{x_1}, \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \left(\mu G_i(x_2)\right)^{\alpha_i}}{x_2}, ..., \frac{\min\limits_{i=\overline{1,n}} \left(\mu G_i(x_k)\right)^{\alpha_i}}{x_k} \right\} \qquad (3)$$

где α_i – коэффициент относительной важности критерия G_i, $\alpha_1 + \alpha_2 + ... + \alpha_n = 1$.

Показатель степень α_i в формуле для $\overline{D}$ свидетельствует о концентрации нечеткого множества $\overline{G}_i$ в соответствии с мерой важности критерия G_i. Коэффициенты относительной важности критериев могут быть определены различными методами, например с помощью парных сравнений по шкале Саати [5].

В качестве примера принятия решений в нечетких условиях по схеме Беллмана-Заде рассмотрим сравнение профессионального уровня трех выпускников технического университета (x_1, x_2, x_3), претендующих на одну и ту же вакантную должность. Для оценки компетентности претендентов воспользуемся следующими критериями: G_1 – специальные знания; G_2 – социальная компетентность; G_3 – коммуникативная компетентность; G_4 – интеллектуальная компетентность; G_5 – креативность; G_6 – инновационный потенциал. При экспертном сравнении претендентов x_1, x_2, x_3 по критериям $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6$ были получены лингвистические высказывания, представленные в табл. 1

Таблица 1 – Парные сравнения компетентности выпускников по шкале Саати

Критерий	Парные сравнения
G_1	Отсутствие преимущества x_1 над x_2 Существенное преимущество x_3 над x_1
G_2	Почти существенное преимущество x_1 над x_3 Слабое преимущество x_2 над x_3
G_3	Существенное преимущество x_1 над x_2 Явное преимущество x_1 над x_3
G_4	Слабое преимущество x_2 над x_1 Почти слабое преимущество x_3 над x_1
G_5	Существенное преимущество x_1 над x_2 Почти явное преимущество x_1 над x_3
G_6	Почти существенное преимущество x_1 над x_2 Почти слабое преимущество x_3 над x_1

Этим экспертным высказываниям соответствуют следующие матрицы парных сравнений $A(G_i) = \{x_{ij}\}$:

$$A(G_1)=\begin{bmatrix}1 & 1 & 0.2\\ 1 & 1 & 0.2\\ 5 & 5 & 1\end{bmatrix},\ A(G_2)=\begin{bmatrix}1 & 1.35 & \mathbf{4}\\ 0.75 & 1 & \mathbf{3}\\ 0.25 & 0.33 & 1\end{bmatrix},\ A(G_3)=\begin{bmatrix}1 & \mathbf{5} & \mathbf{7}\\ 0.2 & 1 & 1.4\\ 0.14 & 0.71 & 1\end{bmatrix},$$

$$A(G_4)=\begin{bmatrix}1 & 0.33 & 0.5\\ \mathbf{3} & 1 & 1.5\\ \mathbf{2} & 0.67 & 1\end{bmatrix},\ A(G_5)=\begin{bmatrix}1 & \mathbf{5} & \mathbf{6}\\ 0.2 & 1 & 1.2\\ 0.17 & 0.83 & 1\end{bmatrix},\ A(G_6)=\begin{bmatrix}1 & \mathbf{4} & 0.5\\ 0.25 & 1 & 0.13\\ \mathbf{2} & 8 & 1\end{bmatrix}.$$

В этих матрицах полужирным шрифтом выделены элементы, которые соответствуют парным сравнениям из табл. 1. Остальные элементы найдены в предположении о согласованности парных сравнений, т.е. с учетом того, что матрица парных сравнений является диагональной и обладает свойствами транзитивности и обратной симметричности.

Применяя формулу (1) к матрицам парных сравнений, получаем следующие нечеткие множества:

$$\overline{G}_1=\left\{\frac{0.14}{x_1},\frac{0.14}{x_2},\frac{0.72}{x_3}\right\},\ \overline{G}_2=\left\{\frac{0.5}{x_1},\frac{0.38}{x_2},\frac{0.12}{x_3}\right\},\ \overline{G}_3=\left\{\frac{0.74}{x_1},\frac{0.15}{x_2},\frac{0.11}{x_3}\right\},$$

$$\overline{G}_4=\left\{\frac{0.17}{x_1},\frac{0.5}{x_2},\frac{0.33}{x_3}\right\},\ \overline{G}_5=\left\{\frac{0.73}{x_1},\frac{0.15}{x_2},\frac{0.12}{x_3}\right\},\ \overline{G}_6=\left\{\frac{0.31}{x_1},\frac{0.08}{x_2},\frac{0.61}{x_3}\right\}.$$

По формуле (3) получаем: $\overline{D}=\left\{\frac{0.14}{x_1},\frac{0.08}{x_2},\frac{0.11}{x_3}\right\}$, что свидетельствует о существенном преимуществе претендента x_1 над x_2, а также о слабом преимуществе претендента x_1 над претендентом x_3.

Предположим, что критерии G_1, $G_2,\ldots,G_6$ являются неравновесными. Для определения рангов критериев воспользуемся методом парных сравнений. Пусть заданы следующие лингвистические высказывания о важности критериев.

- Почти существенное преимущество G_2 над G_6.
- Явное преимущество G_3 над G_1.
- Слабое преимущество G_3 над G_5.
- Почти слабое преимущество G_4 над G_6.
- Отсутствие преимущества G_5 над G_6.

Этим экспертным высказываниям соответствует следующая матрица парных сравнений $A=\{G_{ij}\}$:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0.25 & 0.14 & 0.21 & 0.43 & 0.43 \\ \mathbf{4} & 1 & 0.57 & 0.86 & 1.71 & 1.71 \\ \mathbf{7} & 1.75 & 1 & 1.5 & \mathbf{3} & 3 \\ 4.67 & 1.17 & 0.67 & 1 & 2 & \mathbf{2} \\ 2.33 & 0.58 & 0.33 & 0.5 & 1 & \mathbf{1} \\ 2.33 & 0.58 & 0.33 & 0.5 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Определим ранги критериев $G_1,\ G_2,\ldots,G_6$:

$\alpha_1 = 0.04;\ \alpha_2 = 0.19;\ \alpha_3 = 0.33;\ \alpha_4 = 0.22;\ \alpha_5 = 0.11;\ \alpha_6 = 0.11,$ что означает наибольшую важность коммуникативной компетентности (G_3) и интеллектуальной компетентности (G_4). По формуле (1) получаем нечеткие множества:

$$\overline{G}_1 = \left\{\frac{0.14^{0.04}}{x_1}, \frac{0.14^{0.04}}{x_2}, \frac{0.72^{0.04}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.91}{x_1}, \frac{0.91}{x_2}, \frac{0.98}{x_3}\right\};$$

$$\overline{G}_2 = \left\{\frac{0.5^{0.19}}{x_1}, \frac{0.38^{0.19}}{x_2}, \frac{0.12^{0.19}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.88}{x_1}, \frac{0.83}{x_2}, \frac{0.68}{x_3}\right\};$$

$$\overline{G}_3 = \left\{\frac{0.74^{0.33}}{x_1}, \frac{0.15^{0.33}}{x_2}, \frac{0.11^{0.33}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.91}{x_1}, \frac{0.53}{x_2}, \frac{0.48}{x_3}\right\};$$

$$\overline{G}_4 = \left\{\frac{0.17^{0.22}}{x_1}, \frac{0.5^{0.22}}{x_2}, \frac{0.33^{0.22}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.68}{x_1}, \frac{0.86}{x_2}, \frac{0.79}{x_3}\right\};$$

$$\overline{G}_5 = \left\{\frac{0.73^{0.11}}{x_1}, \frac{0.15^{0.11}}{x_2}, \frac{0.12^{0.11}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.97}{x_1}, \frac{0.81}{x_2}, \frac{0.79}{x_3}\right\};$$

$$\overline{G}_6 = \left\{\frac{0.31^{0.11}}{x_1}, \frac{0.08^{0.11}}{x_2}, \frac{0.61^{0.11}}{x_3}\right\} = \left\{\frac{0.88}{x_1}, \frac{0.76}{x_2}, \frac{0.95}{x_3}\right\}.$$

В результате пересечения нечетких множеств $\overline{G}_1 \div \overline{G}_6$ получаем: $\overline{D} = \left\{\frac{0.68}{x_1}, \frac{0.53}{x_2}, \frac{0.48}{x_3}\right\}$, что свидетельствует о существенном преимуществе выпускника x_1 над выпускником x_2 и x_3, а также о слабом преимуществе выпускника x_2 над выпускником x_3.

На основе представленного алгоритма был разработан универсальный программный модуль для оценки различных компонентов компетентности специалиста.

Список литературы

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М. : Мир, 1976. – 240 с.
2. Берестнева О.Г. Качество обучения студентов в техническом вузе. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета. – 2004. – 202 с.
3. Борисов А., Крумберг И., Федоров И. Принятие решений на основе нечетких моделей. – Рига : Знание, 1990. – 352 с.
4. Вопросы образования: Инвариантный подход. Компетентностный подход / Резник Н.И, Берестнева О.Г., Алексеева Л.Ф., Шевелев Г.Е. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 469 с.
5. Гусев А.И., Измайлов С.А., Михалевская М.Б. Измерение в психологии: общий психологический практикум. – М. : Смысл, 1997. – 287 с.
6. Микони С.В. Теория и практика рационального выбора. – М. : Маршрут, 2004. – 462 с.
7. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – № 3. – С. 150–154.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проекты №11-06-12010в и №12-06-12057в).

Рецензенты

Иванкина Любовь Ивановна, д.ф.н., профессор кафедры менеджмента, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.

Коваль Тамара Васильевна, д.ф.-м.н., профессор кафедры прикладной математики, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.