К.А.Турсынов, С.Б.Ахажанов, Л.С.Макенова

Расчет балки на упруго-пластической стадии

В статье рассмотрены чисто упругая, пластичная и упруго-пластичная балки. Полностью найдено напряженно-деформационное состояние упруго-защемленной балки при ее пластичности. Были получены нормальное напряжение и модуль закономерности изменения материала балки. Найдены внутренние силы и перемещения. Полученные результаты приведены в виде таблиц и графиков.

K.A.Tursynov, S.B.Ahaganov, L.S.Makenova

Calculation of the beam on elastic-plastic stage

The article deals with a purely elastic, plastic and elastic-plastic beam. The stress — strain the form of elastically-clamped beam in its plasticity is totally found. It was taken the normal stress and the modulus of the material laws of change of the beam. We find the internal forces and displacements. The results are shown in tables and graphs.

УДК 338.46

Р.А.Яушев, Т.В.Микляева

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: Larisatash_88@mail.ru, tana_kz@mail.ru)

Методы теории нечеткой логики при оценке возможностей железных дорог Казахстана

Основная идея нечеткой логики состоит в том, что интеллектуальный способ рассуждений, опирающийся на естественный язык общения человека, не может быть описан в рамках традиционных математических формул. Формальному подходу присуща строгая однозначность интерпретации, а все, что связано с применением естественного языка, имеет многозначную интерпретацию. В работе использован данный подход для решения задачи оценки потенциала железных дорог Казахстана. Поскольку каждая железная дорога представляет собой многомерный объект, осуществлен переход к сокращенному признаковому пространству с использованием метода главных компонентов, а затем решение формируется при помощи модуля Fuzzy Logic.

Ключевые слова: нечеткая логика, модуль Fuzzy Logic, нечеткий алгоритм, продукционное правило, антецедент, консицедент.

Сущность нечеткой логики (НЛ) состоит в том, что она представляет собой удобный путь отображения входного пространства в выходное: входные признаки — черный ящик — в выходные признаки.

В качестве черного ящика принципиально могут быть приняты различные системы, в частности, нейронные сети, экспертные системы, дифференциальные уравнения и т.д. В нашем случае роль «черного ящика» выполняет НЛ. В основе НЛ, отображающей входное пространство в выходное, используется механизм отображения в виде набора правил вида: «if…, then…» («если…, то…»).

Все правила оцениваются параллельно; порядок правил не важен. Прежде чем строить систему, описываемую правилами, необходимо определить все члены, которые будут использованы в системе, и прилагательные для их описания.

Укажем причины, на основе которых отдается предпочтение применению системы с НЛ:

– концептуально легче для понимания;
– гибкая система устойчива к неточным входным данным;
– может моделировать нелинейные функции произвольной сложности;
– в ней учитывается опыт специалистов-экспертов;
– основана на естественном языке человеческого общения.

Нечеткий алгоритм — упорядоченное множество нечетких правил, в формулировке которых содержатся нечеткие указания. Примерами нечетких алгоритмов могут служить такие правила:

– «x = очень малой величине»;

– «x приблизительно равно 10»;

– «если x в интервале (4; 6), то выбрать y из интервала (9; 10)».

Последнее правило наиболее часто используется в НЛ, а совокупность таких правил образует базу знаний вида

$$П_1\text{: если } x \text{ есть } A_1\text{, то } y \text{ есть } B_1;$$

$$П_2\text{: если } x \text{ есть } A_2\text{, то } y \text{ есть } B_2;$$

$$П_n\text{: если } x \text{ есть } A_n\text{, то y есть } B_n,$$

где x — входная переменная (имя для известных значений данных); y — переменная вывода (имя для значений данных, которое будет вычислено).

Такое правило, называемое продукционным, состоит из двух частей:

– антецедент (предпосылка правила, после союза «если»);

– консецедент (следствие, заключение или вывод, после союза «то»).

Например, если обслуживание хорошее, то чаевые — средние. Входом в правило здесь является текущее значение входной переменной (обслуживание). Выходом служит нечеткое множество «средние», которое позже должно быть дефразировано (должно быть получено четкое значение выходной переменной).

Между принятым лингвистической переменной x значением A и значением B, принятым переменной y, существует отношение, которое называется импликацией и обозначается $R = A \to B$.

Операцию импликации в алгебре нечетких множеств можно реализовать по-разному, но в любом случае общий логический вывод включает следующие этапы: приведение к нечеткости; логический вывод; композиция; приведение к четкости.

Приведение к нечеткости (фазификация — fazzyfication): функции принадлежности (ФП), определенные на выходных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки и каждого правила.

Логический вывод: вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому множеству, которое будет назначено каждой переменной вывода для каждого правила.

В качестве правил логического вывода обычно используются операции минимума (min) и произведения (prod). При операции min ФП вывода (правой части правила) «отсекаются» по высоте, соответствующей вычисленной степени истинности, предпосылки (левой части) правила (нечеткая логика «и»).

В логическом выводе prod ФП вывода масштабируются в зависимости от степени истинности предпосылки правила.

Композиция: выводы всех правил вычисляются отдельно, но в правой части нескольких из них может быть указана одна и та же нечеткая переменная. Нечеткие подмножества, назначенные для каждой переменной вывода (или одной переменной), объединяются вместе для формирования одного нечеткого подмножества.

При таком объединении используются следующие операции: максимума (max) и суммы (sum). При композиции max комбинированный вывод формируется как поточечный максимум по всем нечетким подмножествам (нечеткая логика «или»). При композиции sum такой вывод строится как поточечная сумма по всем нечетким подмножествам.

Приведение к четкости (дефазификация): этот прием используется, когда необходимо перейти от нечеткого вывода к четкому выходному значению.

При переходе от нечеткого вывода к четкому могут использоваться различные способы, в частности:

– метод центра тяжести (определяется абсцисса центра тяжести кривой под ФП);

– метод первого максимума (выбирается наименьший элемент нечеткого множества, при котором достигается максимум значения ФП);

– метод среднего максимума;

– метод наименьшего максимума (определяется из вида ФП).

Рассмотрим следующие наиболее четко используемые модификации алгоритма нечеткого вывода, полагая, что базу правил образуют два нечетких правила вида

$$П_1: \text{ если } x \text{ есть } A_1 \text{ и у есть } B_1, \text{ тогда } z \text{ есть } C_1;$$

$$П_2: \text{ если } x \text{ есть } \mathrm{A}_2 \text{ и } y \text{ есть } B_2, \text{ тогда } z \text{ есть } C_2.$$

где x и y — имена входных переменных; z — имя переменной вывода; A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2 — некоторые заданные значения ФП.

При этом четкое значение z_0 необходимо определить на основе приведенной информации и четких значений x_0 и y_0.

Алгоритмы нечеткого вывода различаются способом получения четкого выхода. При этом выделяют алгоритм Мамдани, алгоритм Цукамото, алгоритм Сугэно и алгоритм Ларсена.

Под нечетким множеством (НМ) понимается множество без определенных границ. Такое множество может включать элементы только с частичной степенью принадлежности. Для лучшего понимания различия между четкими и нечеткими множествами проведем сравнение на уровне их определений.

Пусть *E* — универсальное множество, *x* — элемент множества *E*, а *R* — некоторое свойство. Четкое подмножество *A* универсального множества *E*, элементы которого удовлетворяют свойству *R*, определяется как множество упорядоченных пар:

$$A = \{\mu A(x)/x\}, \tag{1}$$

где $\mu_A(x)$ — характеристическая функция принадлежности (или просто функция принадлежности — ФП), принимающая значения в некотором множестве *M* (например, *M* = [0,1]).

ФП указывает степень (или уровень) принадлежности элемента *x* подмножеству *A*. Нечеткое подмножество отличается от обычного тем, что для элементов *x* из *E* нет однозначного ответа «да-нет» относительно свойства *R*.

Исходя из предложенного можно для НМ указать следующую форму записи:

$$A = \{[x, \mu(x)] | x \in X\}. \tag{2}$$

Перечислим основные свойства нечетких множеств.

1. Носитель *A* — множество тех его элементов *x*, для которых $\mu(x)$ положительна: носитель $(A) = \{x \in X | \ \mu(x) > 0\}$.

2. Точка перехода *A* — это элемент множества *A*, для которого $\mu(x) = 0{,}5$.

3. α'-срез НМ — множество элементов *x*, для которых $\mu(x)$ принимает значение не менее заданного числа α' ($0<\alpha'<1$).

Логические операции:

1. Включение: НМ *A* содержится в НМ *B* ($A \subset B$) тогда и только тогда, когда $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.

2. Эквивалентность: два НМ *A* и *B* эквивалентны (*A* = *B*) тогда и только тогда, когда для всех $x \in X$ имеет место равенство $\mu_A(x) = \mu_B(x)$.

3. Объединение (соответствует логической операции ИЛИ) двух НМ *A* и *B* ($A \cup B$) определяется как наибольшее НМ, включающее как *A*, так и *B*, с ФП следующего вида:

$$\mu A \ \ B(x) = \max\ [\mu A(x),\ \mu B(x)] = \mu A(x) \ \ \mu B(x). \tag{3}$$

4. Пересечение (соответствует логической операции И) двух НМ *A* и *B* ($A \cap B$) определяется как наибольшее НМ, содержащееся одновременно в *A* и *B*, с ФП вида

$$\mu A \ B(x) = \min\ [\mu A(x),\ \mu B(x)] = \mu A(x) \ \ \mu B(x). \tag{4}$$

5. Дополнение *A* (соответствует логическому отрицанию НЕ) с ФП вида

$$\mu\, \overline{A}(x) = 1 - \ \mu_A(x). \tag{5}$$

Для нечетких множеств можно привести графическую интерпретацию. Рассмотрим прямоугольную систему координат, на оси ординат которой откладываются значения $\mu_A(x)$, а на оси абсцисс в произвольном порядке расположены элементы *E*, такое представление делает наглядными простые операции над нечеткими множествами.

Введенные операции над нечеткими множествами основаны на использовании операций «min» и «max». В теории нечетких множеств разрабатываются вопросы построения обобщенных, параметризированных операторов пересечения, объединения и дополнения, позволяющих учесть разнообразные смысловые оттенки соответствующих им связок «И», «ИЛИ», «НЕ».

1. $T(0,0) = 0$, $T(\mu_A,1) = \mu_A$, $T(1, \mu_A) = \mu_A$ — ограниченность.
2. $T(\mu_A, \mu_B)$ $T(\mu_C, \mu_D)$, если $\mu_A \le \mu_C$, $\mu_B \le \mu_D$ — монотонность.
3. $T(\mu_A, \mu_B) = T(\mu_B, \mu_A)$ — коммутативность.
4. $T(\mu_A, T(\mu_B, \mu_c)) = T(T(\mu_A, \mu_B), \mu_c)$ — ассоциативность.

Примерами треугольных норм являются:

$$\min\ (\mu_A, \mu_B);$$
$$\text{произведение } (\mu_A \times \mu_B);$$
$$\max\ (0, (\mu_A + \mu_B - 1)).$$

Треугольной конормой (t-конормой) называется двуместная действительная функция S: $[0,1]*[0,1] \to [0,1]$ со следующими свойствами:

1. $S(1,1) = 1$, $S(\mu_A,0) = \mu_A$, $S(0, \mu_A) = \mu_A$ — ограниченность.
2. $S(\mu_A, \mu_B) \ge S(\mu_C, \mu_D)$, если $\mu_A \ge \mu_C, \mu_B \ge \mu_D$ — монотонность.
3. $\mathrm{S}(\mu_\mathrm{A}, \mu_\mathrm{B} = \mathrm{S}(\mu_\mathrm{B}, \mu_\mathrm{A})$ — коммутативность.
4. $\mathrm{S}(\mu_\mathrm{A}, \mathrm{S}(\mu_\mathrm{B}, \mu_\mathrm{A})) = \mathrm{S}(\mathrm{S}(\mu_\mathrm{A}, \mu_\mathrm{B}), \mu_\mathrm{C})$ — ассоциативность.

Примеры t-конорм:

$$\max\ (\mu_A, \mu_B);$$
$$\mu_A + \mu_B - \mu_A \times \mu_B;$$
$$\min\ (1,(\mu_A + \mu_B)).$$

ФП определяется как кривая, указывающая, каким образом каждая точка входного пространства отображается в степень принадлежности между 0 и 1.

Для нахождения ФП могут быть использованы следующие методы:

– прямые;

– косвенные;

– посредством типовых форм;

– по данным эксперимента.

При прямом методе эксперт задает значения ФП $\mu(x)$ для любого $x \in X$. Обычно прямые методы используются для измерительных понятий, таких как, например, темп роста, величина дохода и т.п., или при выявлении бинарных значений какого-либо параметра. При таком подходе применяют групповые прямые методы, когда группе экспертов предъявляется конкретный объект (под объектом подразумевается любое предприятие, фирма, магазин) и каждый из экспертов должен дать по каждому параметру один из двух ответов такого, например, вида: «Этот параметр в норме» или «Этот параметр не в норме». Количество положительных ответов, деленное на число экспертов, дает величину ФП для параметра, находящегося в нормативных границах. Косвенные методы построения ФП используют в случаях, когда отсутствуют количественные признаки, необходимые для определения НМ. В этом случае применяют метод попарных сравнений, которые можно представить матрицей отношений А. Эксперт сам формирует матрицу А, в которой диагональные элементы равны единице, а элементы, симметричные относительно диагонали, заполняются значениями a_{ij} и $\dfrac{1}{a_{ij}}$ (a_{ij} — отношение предполагаемых экспертом значений ФП i-го и j-го признаков рассматриваемого объекта).

В качестве типовых форм могут применяться различные виды ФП, в частности, треугольная, трапециевидная, гауссова, сигмоидальная и др. Форма ФП определяется разработчиком системы исходя их условий простоты, удобства и эффективности использования. Например, в пакете прикладного программирования Matlab в модуле Fuzzy Logic, применяемом для решения задач посредством нечеткой логики, имеется одиннадцать видов ФП.

По данным эксперимента определяются относительные частоты проявления того или иного признака у объекта, на основании которых находятся значения ФП.

Различные методы построения ФП нечетких множеств можно классифицировать по четырем признакам:

1. Предполагаемый вид области определения нечеткого множества: числовая — дискретная (a) или непрерывная (b) и нечисловая (c).
2. Применяемый способ экспертного опроса: индивидуальный (d_1), групповой (d_2).
3. Тип используемой экспертной информации: порядковая (e_1) или кардинальная (e_2) шкалы.
4. Интерпретация данных экспертного опроса: вероятностная (*D*), детерминированная (*N*).

Был предложен метод построения ФП типа $(a,\ d_1,\ e_2,\ N)$ на основе количественного сравнения степеней принадлежности, проводимого экспертом. Результатом такого подхода является матрица $B = \|b_{ij}\|$ размера *n*n*, где *n* — число точек x_i, в которых сравниваются значения ФП. Элемент b_{ij} матрицы *B* является субъективной оценкой отношения $\mu_A(x_i)/\mu_A(x_j)$ и показывает, во сколько раз, по мнению эксперта, $\mu_A(x_i)$ больше $\mu_A(x_j)$. Величина b_{ij} назначается в соответствии с балльной шкалой, значения которой интерпретируются экспертом на основе опыта и знаний.

Количество вопросов, на которые должен ответить эксперт, составляет не n^2, а $(n^2 - n/2)$, так как по определению $b_{ij} = 1$ и с целью согласования экспертных оценок принимается, что $b_{ij} = 1/b_{ij}$. Значения ФП $m_A(x_1),\dots m_A(x_n)$ в точках $x_1\dots,\ x_n$ определяются на основе решения задачи о нахождении собственного вектора матрицы *B*:

$$BW^T = v_{\max} W,$$

где $v_{\max}$ — максимальное собственное число матрицы *B*; $W = (w_1 \dots w_n)$ — соответствующий собственный вектор; *T* — символ транспонирования.

Поскольку матрица *B* положительна по построению, решение этой задачи всегда существует и является единственным. Можно показать, что в этом случае

$$\mu_A(x_i) = w_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} w_i \ . \qquad (6)$$

При этом значения ФП $\mu_A(x_i)$ оказываются измеренными в шкале отношений.

Предложенный метод обладает рядом достоинств:

– применяемая в методе процедура парных сравнений достаточно проста для экспертов, поскольку она не навязывает ему априорных ограничений;
– метод допускает наблюдаемую на практике несогласованность оценок экспертов и позволяет учесть и оценить ее введением коэффициента несогласованности λ, равного

$$\lambda = (V_{\max} - n)/n. \qquad (7)$$

$\lambda \geq 0$; $\lambda = 0$ соответствует ситуации полной согласованности суждений экспертов; чем больше значение λ, тем больше несогласованность мнений.

Кроме описанного можно предложить метод параметрического определения ФП типа $(a, d_b\ e_2, N)$ с участием индивидуального эксперта. В соответствии с данным методом вид ФП задается аксиоматически, а ее параметры непосредственно оцениваются экспертом. Например, в случае треугольной формы эксперт указывает такие ее параметры $x1$, $x2$, $x3$, при которых ФП принимает единичное и нулевые значения, т.е. $\mu_A(x_2) = 1$ и для всех $x \leq x_1$, имеет место равенство $\mu_A(x) = 0$.

Параметрическое представление ФП компактно, обеспечивает простоту построения, однако связано с исследованием адекватности используемых форм (треугольной, трапециевидной, гауссовой и др.) и соответствующих аналитических описаний ФП.

С целью исследования возможностей железных дорог Казахстана, оценки их потенциалова необходимо проанализировать данные по грузообороту характерных грузов, проходящих через эти дороги (табл. 1).

Таблица 1

Грузооборот характерных грузов, проходящих через железные дороги Республики Казахстан за 2009 год [2]

Виды грузов	Железные дороги (тыс. тонн)										
	Акмолинская	Костанайская	Павлодарская	Карагандинская	Защитинская	Семипалатинская	Алматинская	Шымкентская	Кызылординская	Атырауская	Мангистауская
Нефте-продукты	1585,1	827,1	667,2	1079,5	329,9	254,6	2445,4	1563,7	493,2	4201,5	1108
Каменный уголь	20443	8964,6	29512	20265	3099,6	1088,6	4772,7	1023,7	355,8	234,1	6,6
Черные металлы	485,1	719,3	707,6	343,8	92,5	9,7	1870,6	493,6	42,6	155,6	1662,3
Лесные грузы	46,3	23,7	633,8	97	231,5	30,4	242,4	231,1	40	62,2	55,6
Строи-тельные грузы	2725,7	642,8	359,6	1079,5	298,9	485,2	590,7	930,7	1633,9	4025,2	498,1

Поскольку каждая дорога представляет собой многомерный (5-мерный) объект, желательно перейти к сокращенному признаковому пространству. Для построения такого пространства можно использовать главные компоненты (ГК).

Метод ГК обладает рядом полезных свойств, делающих его эффективным для визуализации структуры многомерных данных. Все они касаются наименьшего искажения геометрических структур объектов при их проектировании в пространство меньшей размерности. Первый ГК есть линейная комбинация исходных признаков, обладающая наибольшей дисперсией. Геометрически это выглядит как новая ось y_1, ориентированная вдоль направления наибольшей вытянутости эллипсоида рассеивания объектов выборки в исходном пространстве. Наибольшую дисперсию среди всех оставшихся линейных преобразований, некоррелированных с первым главным компонентом, имеет второй ГК. Он рассматривается как направление наибольшей выпуклости эллипсоида рассеивания, перпендикулярно первому ГК, и т.п. Метод ГК обладает рядом свойств, делающих его эффективным для визуализации структуры многомерных данных. Все они касаются наименьшего искажения геометрической структуры объектов при их проектировании в пространство меньшей размерности [1].

Метод ГК для данных, представленных в таблице 1, реализуется при помощи программного пакета «Statgraphics Plus». Результаты расчетов ГК приведены на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что первые три ГК в сумме дают 96,940 от общей дисперсии, следовательно, потеря информативности при сохранении только трех ГК составляет 3,06 %. Такая величина потерь приемлема, так как при этом можно визуализировать многомерные данные в сокращенном трехмерном пространстве.

В таблице 2 приведены значения трех первых ГК для всех железных дорог.

Principal Components Analysis

Component Number	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	7,04872	64,079	64,079
2	2,37191	21,563	85,642
3	1,24276	11,298	96,940
4	0,336606	3,060	100,000
5	6,49239E-16	0,000	100,000
6	1,2108E-16	0,000	100,000
7	6,88725E-17	0,000	100,000
8	0,0	0,000	100,000
9	0,0	0,000	100,000
10	0,0	0,000	100,000
11	0,0	0,000	100,000

Рисунок. 1. Суммарный анализ главных компонентов (Print Screen из программы)

С использованием таблицы 2 в трехмерном пространстве первых трех ГК приведены все объекты дорог (рис. 2).

Таблица 2

Значения главных компонентов

ЖД	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3
Акмолинская	0.38	0.01	-0.03
Костанайская	0.38	-0.03	0.04
Павлодарская	0.37	-0.06	0.00
Карагандинская	0.38	-0.03	-0.00
Защитинская	0.38	-0.02	-0.03
Семипалатинская	0.35	0.20	-0.15
Алматинская	0.33	0.38	0.43
Шымкентская	0.10	0.54	0.37
Кызылординская	-0.03	0.53	-0.42
Атырауская	-0.11	0.62	0.00
Мангистауская	-0.20	0.46	0.69

Примечание: Составлено автором.

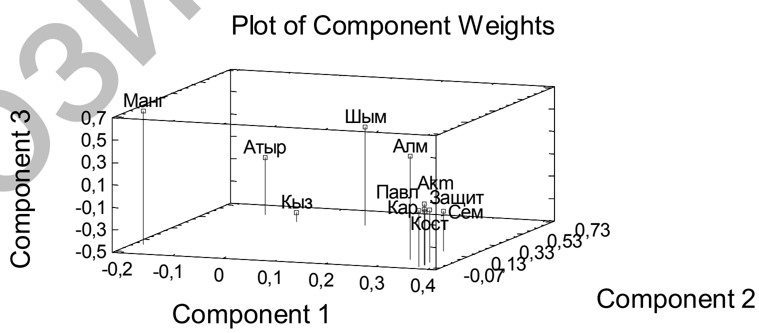

Рисунок. 2. Представление объектов в пространстве первых трех ГК

Воспользуемся полученными результатами для построения нечеткой системы. Последняя будет иметь 3 входа (ГК1, ГК2, ГК3), один выход (потенциал) и базу правил типа «если…, то…». Система формируется при помощи Fuzzy Logic из пакета MatLab.

Модуль Fuzzy Logic позволяет строить нечеткие системы двух типов — Мамдани и Сугэно. Основное отличие между этими системами заключается в разных способах задания значений выходной переменной в правилах, образующих базу знаний. В системах типа Мамдани значения выходной переменной задаются нечеткими темпами, в системах типа Сугэно — как линейная комбинация входных переменных. В этой задаче используется алгоритм Мамдани (рис. 3).

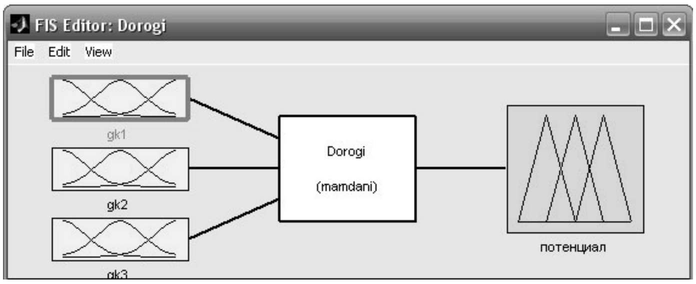

Рисунок 3. Задание структуры системы

Зададим ФП для переменных. Для этого устанавливаем диапазон изменения и отображения для переменных ГК1, ГК2, ГК3 от -0.5 до 0.6, так как именно в этом диапазоне находятся значения переменных. Для каждого ГК задаются три ФП гауссова типа, каждая из которых характеризует ГК соответственно как «большой», «средний» и «малый».

Для выходной переменной (потенциал дороги) диапазон изменения зададим в пределах от 0 до 100 % с ФП треугольной формы и присвоим им такие имена: «низкий», «средний» и «большой». Будем считать, что низкий потенциал соответствует от 0 до 30 %, средний — от 30 до 60 %, свыше 60 % потенциал считается большим (рис. 4).

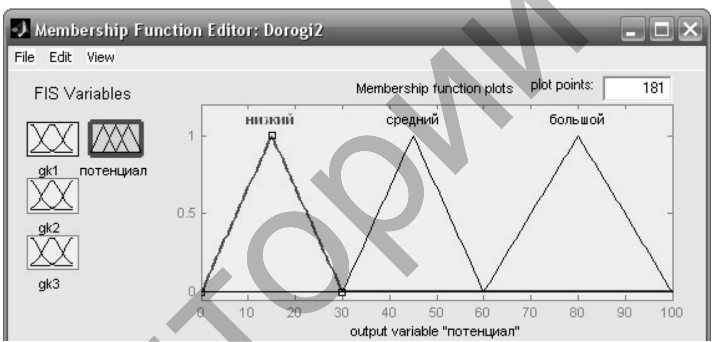

Рисунок 4. Функции принадлежности переменной «потенциал»

Следующим шагом в формировании задачи является составление правил типа «если…, то…». В соответствии с тем, что наиболее значимыми для грузооборотов железных дорог Казахстана являются ГК1 и ГК2, а влияние ГК3 на общий грузооборот носит по сравнению с ними второстепенный характер, была создана база правил (рис. 5).

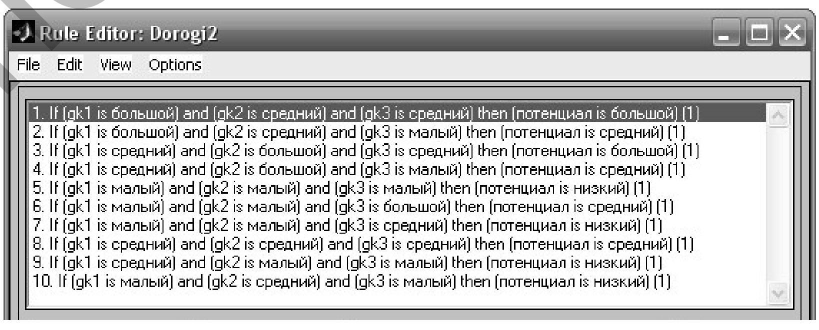

Рисунок 5. Правила влияния ГК1, ГК2, ГК3 на потенциал железных дорог

В итоге получили значения потенциалов для всех рассматриваемых железных дорог. Из таблицы 3 видно, что все железные дороги имеют недостаточно высокие потенциалы, следовательно, не используют свои мощности рациональным образом. Самым высоким потенциалом обладает Мангистауская железная дорога, но она попадает в интервал среднего потенциала. Все остальные порты имеют низкий потенциал.

Т а б л и ц а 3

Значения потенциалов железных дорог

ЖД	Компонент 1	Компонент 2	Компонент 3	Потенциал
Акмолинская	0.38	0.01	-0.03	18,5
Костанайская	0.38	-0.03	0.04	15
Павлодарская	0.37	-0.06	0.00	15
Карагандинская	0.38	-0.03	-0.00	15
Защитинская	0.38	-0.02	-0.03	15
Семипалатинская	0.35	0.20	-0.15	22
Алматинская	0.33	0.38	0.43	27,2
Шымкентская	0.10	0.54	0.37	29,4
Кызылординская	-0.03	0.53	-0.42	15
Атырауская	-0.11	0.62	0.00	15
Мангистауская	-0.20	0.46	0.69	30,3

Таким образом, здесь показана возможность использования аппарата нечеткой логики для решения нетривиальной задачи оценки потенциала различных железных дорог.

В целом, подводя итоги рассмотрения методов нечеткой логики и их использования в задачах менеджмента, можно сказать, что на сегодняшний день возможности предлагаемого аппарата еще не оценены должным образом специалистами. В условиях становления рыночной экономики с характерными в такой ситуации неопределенностями нечеткая логика, по своей сути имеющая дело с «размытыми» по некоторому интервалу величинами, как нельзя лучше подходит для описания таких явлений.

References

1 *Krichevski M.L.* Intellectual methods in management. — St.-Petersburg: Piter, 2005. — 304 p.

2 About the railway transport in the Republic of Kazakhstan (Transport). Ser. 5. — 2009. — 12 p.

Р.А.Яушев, Т.В.Микляева

Қазақстан темір жолдарының мүмкіндігін бағалауда қолданылатын айқын емес логика теориясы әдісі

Тақ логиканың негізгі идеясы адамның қарапайым тілдесуіне бағытталған ойлаудың интеллектуалды тәсілі дәстүрлі математикалық формулаларға бағынбауында болып табылады. Формальді тәсілге интерпретацияның қатаң біртектілігі сәйкес келеді. Ал қарапайым тілдесу кезінде көп мәнді интерпретация қолданылады. Мақалада бұл әдіс Қазақстанның темір жол әлеуетін бағалау міндеттерін шешу үшін қажет. Себебі әрбір темір жол көп өлшемді объект болып табылады және басты компонентті қолдану әдісін пайдалану арқылы қысқартылған таңбалық кеңістікте әрекет етеді. Содан кейін шешімдер Fuzzy Logic модулінің көмегімен қалыптасады.

R.A.Yaushev, T.V.Miklyaeva

Methods of the theory of fuzzy logic in assessing the capabilities of railways in Kazakhstan

The basic idea of fuzzy logic is that the intelligent way of reasoning, based on the natural language of human communication can not be described in terms of traditional mathematical formulas. Formal approach is inherent in a strict interpretation of the uniqueness, and everything associated with the use of natural language, has a multi-valued interpretation. We used this approach to solve the problem of estimating the capacity of railways in Kazakhstan. Since each rail is a multidimensional object, the transition to the reduced feature space using the principal component, and then the solution is formed by the module Fuzzy Logic.