

УДК 005:338.46

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА

Чегерова Татьяна Ивановна,
доцент кафедры экономики и управления,
МГУ имени А. А. Кулешова,
кандидат технических наук, доцент,
Могилев, Беларусь,
chegerova@msu.by

Ключевые слова: теория нечетких множеств, многокритериальная оценка качества, глобальный критерий.

Keywords: fuzzy set theory, multi-criteria quality assessment, global criterion.

Аннотация. В работе представлены варианты построения глобального критерия качества на основе количественных и качественных показателей с использованием

теории нечетких множеств. Рассмотрено применение вариантов сверток глобального критерия в различных областях.

Abstract. The article presents options for constructing a global quality criterion based on quantitative and qualitative indicators using fuzzy set theory. The application of variants of global criterion convolutions in various fields is considered.

Многокритериальная оценка качества является актуальной задачей в различных сферах: на производстве при контроле качества продукции, как единичной оценке, так и оценке качества производственного процесса в целом, в оценке качества процесса оказания услуг, в том числе и медицинских, в здравоохранении, при оценке качества здоровья индивидуума и популяции в целом, для оценки качества среды обитания человека и во множестве других областей [1, 4, 5].

Существует множество подходов для решения такого типа задач. Рассмотрим один из них, который основан на использовании элементов теории нечетких множеств и описан в различных работах [1]. Суть этого подхода заключается в том, что оценка качества объекта проводится по множеству частных показателей, которые имеют как количественное выражение, так и качественные характеристики типа: «хороший» – «плохой», «удобный» – «неудобный». Кроме этого, показатели имеют различную значимость в обобщенной оценке качества. Каждый показатель описывается с помощью, так называемой функции желательности (μ), которая возрастает от минимального нулевого значения (недопустимые значения показателя, брак) до максимума, равного 1, в области наилучших значений (значение показателя идеального качества). В диапазоне от 0 до 1 расположена так называемая «серая зона», характеризующая допустимые значения от наилучшего качества до границы брака. Для показателей, задаваемых на качественном уровне, значения функции желательности также могут быть присвоены в диапазоне от нуля до единицы в соответствии с вербальной шкалой выраженности признака: «плохой», «удовлетворительный», «хороший», «отличный». В результате проведения такой формализации параметров все количественные и качественные факторы представляются в единой безразмерной шкале функций желательности.

Таким образом, вместо набора количественных и качественных показателей оценки качества объекта мы получаем ряд безразмерных значения функций желательности, которые затем агрегируются в так называемый «глобальный критерий».

Существуют различные способы свертки подобных частных критериев, они неоднократно описывались в литературе и выбираются в зависимости от цели и задач исследования [305, 295, 296]. Достаточно часто для описания состояния и качества объекта используются следующие варианты свертки:

$$D1 = \min(\mu_1^{\alpha_1}, \mu_2^{\alpha_2}, \dots, \mu_n^{\alpha_n}) \quad (1)$$

вариант максимального пессимизма

$$D2 = (\alpha_1 * \mu_1 + \alpha_2 * \mu_2 + \dots + \alpha_n * \mu_n) / n \quad (2)$$

аддитивная свертка

$$D3 = \mu_1^{\alpha_1} * \mu_2^{\alpha_2} * \dots * \mu_n^{\alpha_n} \quad (3)$$

мультипликативная свертка,

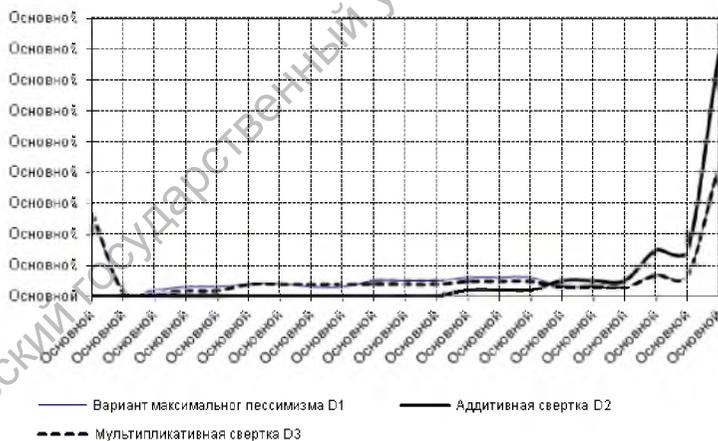
где D1, D2, D3 – альтернативные варианты построения глобального критерия; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – функции желательности исследуемых характеристик; n – общее число исследуемых составляющих; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – коэффициенты относительной важности отдельных показателей качества исследуемой системы для оценки ее качества в целом.

По построению каждая из входящих в (1.1) – (1.3) функций желательности изменяет свои значения от 0 до 1, поэтому значения D1, D2 и D3 могут изменяться от нуля (недопустимое значение для данного критерия) до единицы (отличный или желаемый результат). Выбор варианта свертки зависит от целей и задачи проведения такой оценки. Если ставится задача оптимизации производственного процесса, нахождения таких оптимальных параметров работы системы, которые позволят получить максимальное качество при соблюдении всех условий и ограничений, то этому лучше всего будет соответствовать критерий D1 – максимального пессимизма [1].

Аддитивный критерий D2 строится по правилу среднего арифметического и вследствие этого имеет недостаток – компенсации плохих (нулевых) значений функций желательности хорошими, причем использование весовых коэффициентов не спасает положение. Однако в случае проведения оценок качества множества объектов, и выведения общего решения, применение такой свертки наиболее оправдано. Например, в случае оценки здоровья популяции по данным скрининговых обследований. Обобщенный показатель качества исследуемой системы (в данном случае здоровья населения определенного возраста одного из районов Могилевской области) рассчитывался для каждого обследуемого на основании данных анализов и тестов, после чего проводится

выявление лиц с подозрением на заболевание. Например, всех обследуемых с показателем $D2 = 1$ можно считать абсолютно здоровыми (с точки зрения исследуемой патологии), лица с $D2 = 0$ очевидно нуждаются в лечении, лица с $D2$ в пределах $0.3-0.5$ требуют дополнительного обследования с целью выявления возможной патологии. Безусловно, такие оценки не могут явно указать на болезнь, однако при скрининговых исследованиях значительно облегчают выявление групп риска.

В случае индивидуальной оценки качества выполненных работ, услуг, оценки конкурентоспособности продукции на основе соотношения «цена/качество» лучше использовать $D3$ – мультипликативный. Он лишен недостатка аддитивного критерия $D2$ – компенсации плохих значений функций желательности хорошими. Мультипликативный лучше отслеживает изменения при индивидуальной оценке качества оцениваемого объекта. В тоже время если есть хоть одно недопустимое значение частного показателя, обобщенный критерий $D3$ будет равен нулю, как и критерий максимального пессимизма $D1$. По этой же причине мультипликативный критерий $D3$ также лучше использовать при оценке качества оказания услуг в сфере здравоохранения, где в оценке используются множества критических показателей, нарушение которых означает ущерб здоровью человека [4].



Частотные распределения глобальных критериев качества здоровья обследованных лиц

В популяционных же исследованиях часто стоит вопрос о количественной оценке качества здоровья популяции в целом. Ответ на него

весьма неоднозначен, так как частотные распределения глобальных критериев качества не подчиняются каким-либо изученным законам распределения (рисунок). Это делает невозможным использование стандартных подходов к анализу и интерпретации полученных результатов. На рисунке показаны частотные распределения глобальных критериев D1, D2 и D3 полученных на данных обследования популяции детей и подростков одного из районов Могилевской области в ходе профилактического осмотра.

Как видно из рисунка, распределения критериев D1, D2 и D3 очень близки. И значения критерия D2 дают достаточную информацию для принятия решения на стадии проведения скрининга.

Для получения единой количественной выборочной оценки показателя качества здоровья популяции, или на основе выборки условно здоровых людей количественной нормы для популяции обратимся к лингвистической интерпретации нечеткого множества [5].

Пусть D – один из вариантов глобального критерия (1–3). Тогда оценка качества здоровья i-ого обследуемого может быть представлена как D_i .

Однако, чтобы определить в какой степени оценки D_i количественно характеризуют качество здоровья индивидуума необходим некоторый базис сравнения, иными словами количественно выраженное понятие “нормы” характерное для рассматриваемой популяции. Определим, что же есть мера четкости утверждения о здоровье популяции в целом. Идеальная ситуация, т.е. идеальная оценка здоровья – это для которой функции желательности равны 1. Следовательно, и для глобальных критериев для идеальной ситуации $D_i = 1$. Поэтому D_i можно рассматривать как меру близости ситуации к идеальной в i-той точке опыта, что позволяет ввести в области эксперимента нечеткое множество

$$DD = \{D_i / X_i\}, (i=1, \dots, N), \quad (4)$$

в котором D_i можно интерпретировать как степень удовлетворения требованиям к ситуации в точке X_i . Тогда нечеткому множеству DD можно дать следующую лингвистическую интерпретацию: «рассматриваемое множество обследуемых $\{X_i\}, i=1, \dots, N$ представляет собой популяцию здоровых людей». Ясно, что это утверждение носит относительный нечеткий характер и степень его четкости (истинности) требует количественной оценки.

Поскольку по построению $D_i \leq 1$, утверждение о качестве здоровья индивидуума также имеет относительный характер. Поэтому исполь-

зую лингвистическую интерпретацию нечеткого множества DD , можно ввести оценку качества здоровья на $\{X_i\}$, опираясь на количественный эквивалент степени определенности высказывания о качестве здоровья.

Для этого можно воспользоваться мерой нечеткости, введенной Р. Егером, которая в нашем случае может быть представлена в виде

$$D_p(DD) = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N |2D_i - 1| \right). \quad (5)$$

Но, из этого выражения следует, что как для полностью здорового индивидуума ($D_i=1$), так и для нездорового ($D_i=0$) из (5) получаем одно и то же численное значение. Опуская в формуле (5) операцию взятия абсолютной величины, получаем разные по знаку оценки определенности прямого и обратного высказываний, что также не решает проблему из-за трудностей разумной интерпретации отрицательных значений меры определенности.

Поэтому выражение (5) целесообразно преобразовывать таким образом, чтобы для абсолютно здоровой популяции $D_p(DD)$ равнялось единице, для абсолютно больной – нулю. Легко проверяется, что этим требованиям удовлетворяет соотношение

$$D_p(DD) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left((2D_i - 1) \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right), \quad (6)$$

полученное из (5) с помощью линейного преобразования и исключения операции взятия модуля. Нетрудно заметить, что (6) есть не что иное, как среднее по нечеткому множеству значение функции принадлежности

$$D_p(DD) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i. \quad (7)$$

Таким образом, мера определенности высказывания о здоровье исследуемой популяции, эквивалентная количественной оценке степени здоровья этой популяции, равна средневывборочной оценке качества здоровья. Полученный результат строго обосновывает способ формирования как нормы для исследуемой популяции, так и фактической оценки качества ее здоровья, основанной на реальных данных обследования.

Данный результат также может быть использован не только в области здравоохранения, но и в других исследованиях, которые связаны с проведением множественных оценок и принятии решений на их основе.

Таким образом, использование описанных вариантов свертки глобальных критериев качества могут найти свое применение в самых различных областях с учетом особенностей применения.

Список литературы

1. Дилигинский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н.В. Дилигинский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов // Монография под общ. ред. Н.В. Дилигинского. – М.: Машиностроения – 1, 2004. – 336 с.
2. Методика комплексной оценки экологического состояния регионов для принятия оптимальных управленческих решений: метод. рекомендации / П.В. Севастьянов, Л.Г. Дымова, Т.И. Чегерова [и др.]. – Могилев: БелНИИЭПП, 2000. – 29 с.
3. Применение методов математического прогнозирования для управления тренировочным процессом квалифицированных спортсменов. Т.И. Чегерова, Е.В. Нехай, Н.Г. Кручинский // Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук. МГУ имени А.А. Кулешова. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2013. – С. 326–328.
4. Андреева, С.Н. Экспертные оценки в стоматологии // Институт стоматологии. – 2018. – № 3(80). – С. 43–45.
5. Yager R. On the measure of fuzziness and Negation. Part 1. Membership in the Unit Interval // Int. J. Gen. Systems. – 1979. – V. 5. – № 4. – P. 221–229.