

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
217-1 20-22 октября 2022 года**

УДК 621.315

Е.Э. КАРТАШОВА, студент гр. ЭПм-221 (КузГТУ)
Научный руководитель И.Н. ПАСКАРЬ, ст. преподаватель (КузГТУ)
г. Кемерово

**МЕТОД НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ОЦЕНИВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕ-
СКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Математическая теория нечетких множеств является частной составляющей раздела нечеткой логики и является обобщением классической теории множеств и классической формальной логики. Изучение методологии нечеткой логики началось относительно недавно и окончательно сформировалось понимание термина лишь в 1965 году. Однако первые попытки изучения данной теории начались с 1920-х годов и имели вид бесконечнозначной логики. Изначально это была только теория, а в настоящее время она превратилась в полноценную методику управления. Элементы математической теории нечетких множеств применяются в промышленности, чаще всего в автомобильной, аэрокосмической и транспортной, в формах экспертных систем, нейронных сетей и системах искусственного интеллекта.

В методе оценивания энергетической безопасности энергообъектов, основной алгоритм основывается на методе теории нечетких множеств, с элементами альтернативных математических аппаратов, определённых коэффициентов и функций. Под понятием множество, принимаю, совокупность определённых элементов, которые подчиняются одному закону и связаны в единое целое. В случае применения метода нечетких множеств, с точки зрения оценивания энергетической безопасности, группы критериев оценивания буду принимать за множества. Можно прийти к заключению, что каждая составляющая из ряда множеств, в рамках данного исследования – критерий оценивания энергобезопасности, задает некоторую семантику, позволяющую объединить его элементы в единое целое и для каждого из множества существует закон (свойство), позволяющие отделить его составляющие от других. [4]

Описательной характеристикой нечеткой логики является функция принадлежности, именно она описывает математический аппарат алгоритмической составляющей:

$$AF(x) = \{\langle x, \mu_A(x) \rangle | x \in U\} \quad (1)$$

где, U – универсальное множество, $\mu_A(x)$ – закон, определяющий степень соответствия элементов универсального множества $[U]$.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

217-2

20-22 октября 2022 года

Значение $\{\langle x, \mu_A(x) \rangle | x \in U\} = 0$, обозначает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность. Показателями лингвистической переменной, использованной в функциях нечеткой логики, называются нечеткие переменные. Для каждой лингвистической переменной необходимо выделить: название, множества собственных значений, которое по своей природе является базовым терм-множеством – Т. Составляющие базового терм-множества несут под собой классификацию нечетких переменных; Синтаксическое правило – G, благодаря которому строятся и действуют новые термы с возможностью применения естественного или формального языка и семантическое правило – Р, из-за которого появляется возможность любому составляющему значений лингвистической переменной формировать соответствие с нечетким подмножеством множества X.

Задавать принадлежность к логическому аппарату нечетких множеств в данном исследование буду математической функцией, однако результат принадлежности к функции целесообразнее и нагляднее представлять графически. Существуют несколько типовых форм для задания функций принадлежности. В методе оценивания энергетической безопасности энергообъектов наибольшие распространение и наилучшую применимость получило трапецидальное распределение.

A – функция принадлежности создается четверкой чисел (a,b,c,d), формируя собой трапецидальную форму распределения нечетких множеств. Значения в точке x вычисляется согласно выражению:

$$AF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (2)$$

Графический состав границ трапецидальной функции принадлежности изображен на рисунке 1.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

217-3

20-22 октября 2022 года

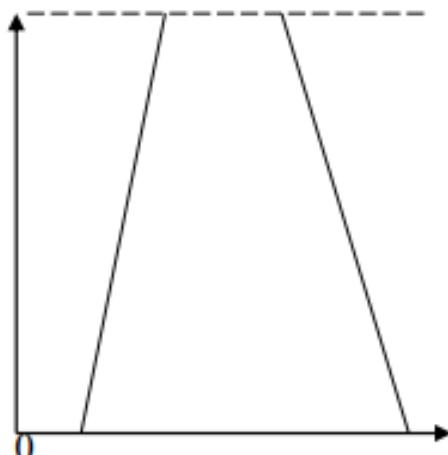


Рис. 1 Трапецидальная функция распределения нечётких множеств

Для подчинения функциям нечеткой логики, алгоритма оценивания энергетической безопасности, было принято решение использовать количественную и непрерывную систему множеств по каждому из критериев, с целью возможности согласования одних и тех же операций над ними. [1]

Основная цель создаваемого алгоритма – автоматическая классификация, возможность механически определять класс принадлежности объекта множества, по описывающим этого объекта признакам. Однако, основной проблемой в ходе выбора подхода решения и применения функций нечеткой логики к методам оценивания энергетической безопасности объекта, стало увеличение точности принадлежности множеств к термам. Определенное понятие принадлежности или не принадлежности критериев ко множествам можно присвоить только к малой части составляющих, большинство характеристик имеет неоднозначную принадлежность, данная закономерность представлена на рисунке 2. Из рисунка видно, что фактически степени уверенности принадлежности какого-либо фактора к множеству может варьироваться, в данном случае, от 0 до 1. На практике не предоставляется возможности строго определить принадлежность, без потери точности. [2]

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
217-4**
20-22 октября 2022 года

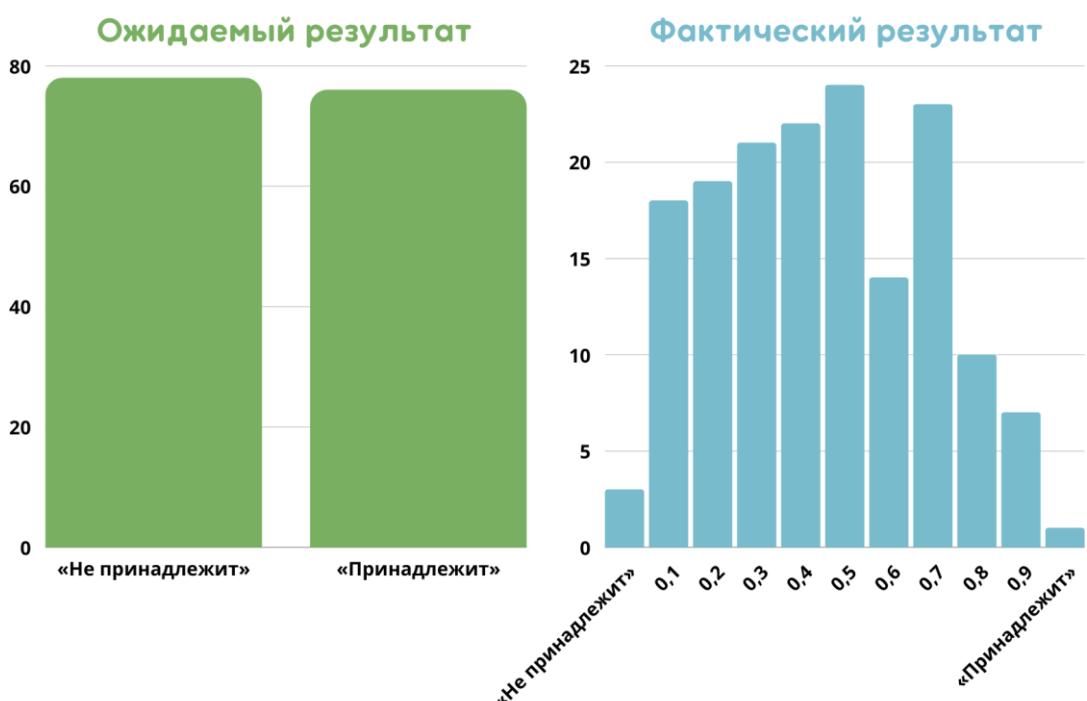


Рис. 2 Сравнение результатов автоматической классификации теории нечетких множеств

Метод нечётких множеств используются тогда, когда нет возможности четко определить обстоятельства, а все возможные исходы слишком поверхностны. У метода нечетких множеств существует огромное преимущество над теорией множеств – возможность описания, отдельно выделенного из множества, конкретного критерия, что обширно применяемо в практических целях и позволяет повысить точность оперирования данными в автоматической обработке.

Принципы нечеткой логики могут значительно ускорить процесс развития энергетики. В частности, применение теории нечетких множеств в процессе оценивания энергетической безопасности приведет к увеличению надежности, возможности выявления зоны повышенных экологических угроз и уязвимых элементов самого энергообъекта. Благодаря, такой тщательной диагностики возможна разработка программно-целевых комплексов мероприятий по поиску, устранению и нейтрализации угроз энергетической безопасности. [3]

Список литературы:

1. Заславский И. С., Карташова Е. Э., Паскарь И. Н. Методы оценивания энергетической безопасности объектов энергосистемы. 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

217-5

20-22 октября 2022 года

<https://eaf.etu.ru/assets/files/eaf21/papers/299-304.pdf> (дата обращения: 10.10.2022)

2. Карташова Е. Э. К вопросу об актуальности энергетической безопасности потребителя. 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/energos/2021/energstart/pages/Articles/213.pdf> (дата обращения: 10.10.2022)

3. Методический подход к оценке оптимальных масштабов развития распределенной когенерации в ЕЭС России на долгосрочную перспективу. Институт энергетических исследований РАН. 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.eriras.ru/files/pankrushina_doklad_29_maya.pdf (дата обращения: 10.10.2022)

4. Хохлов А. Распределенная энергетика в России: потенциал развития. Энергетический центр Московской школы управления Сколково. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SNeC/Research/SKOLKOV_O_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (дата обращения: 10.10.2022)

Информация об авторах:

Карташова Елизавета Эдуардовна, студент гр. ЭПм-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, lizakartaschova2000@yandex.ru

Паскарь Иван Николаевич, старший преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, pin.egpp@kuzstu.ru