

УДК 510.644

27. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

Досин А.И., студент гр. 373902, Елопов Г.А., студент гр. 373902, Русина Н.В., аспирант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – канд. экон. наук, доцент каф. ЭИ

Аннотация. В статье рассмотрены математические основы нечеткой логики и теории нечетких множеств, представлены сферы применения данных дисциплин. В программе MATLAB с использованием пакета Fuzzy logic toolbox создана компьютерная модель выбора программного обеспечения на предприятии.

Ключевые слова. Нечеткая логика, нечеткое множество, функция принадлежности, нечеткий вывод, принятие решений, экспертная оценка, Fuzzy logic toolbox.

В повседневной жизни человек сталкивается с ситуациями, где инструментарий классической логики оказывается недостаточным для адекватного описания проблем. Многие области знаний ставят перед человеком задачи, которые нельзя решить с помощью четких конкретных моделей. Мышление самого человека нельзя свести к категориям «хорошо»/ «плохо», «да», «нет».

Вот некоторое простые примеры: вам исполнилось 30 лет, вы все еще молоды или уже относитесь к лицам среднего возраста? Сегодня студент поспал на полчаса больше, чем вчера, это мало или много?

В ситуациях неопределенности, неточности различных показателей, большого количества и неполноты информации человек вынужден прибегать к новым методам. Именно это и позволяет делать нечеткая логика – раздел математики, базирующийся на понятии нечёткого множества, элементы которого могут принимать любые значения в промежутке $[0;1]$, а не только 0 или 1. Лотфи Заде, разработчик нечёткой логики, отметил, что, в отличие от компьютеров, люди принимают решения на основе диапазона вариантов между «да» и «нет», таких как «возможно», «очень», «не очень», «скорее всего».

Для начала следует разобрать понятийный аппарат нечеткой логики.

Информационная гранула – оценка некоторой величины, которая связана с представлением точности нечеткого множества. Нечеткая информация – информация, представленная в виде гранул.

Лингвистическая переменная – переменная с лингвистическими значениями, выражающая качественные оценки. Например, температура в офисе, ликвидность актива, разнообразие инвестиционного портфеля. Лингвистическое значение – значение лингвистической переменной, выраженное в словесной форме: очень сильный, слабо ликвидный. Лингвистическим терм-множеством называют множество всех лингвистических значений, используемых для определения некоторой лингвистической переменной. Обозначается это обычно так:

$$X_t = \{cold, warm, hot\} = \{x_{t1}, x_{t2}, x_{t3}\} \quad (1)$$

Где X – лингвистическая переменная, например температура офиса; cold, warm, hot – ее лингвистические значения.

Нечетким множеством T , определенным на некоторой предметной области X (выраженной в числовом виде), называется множество пар:

$$T = \{(\mu_T(x), x)\}, \forall x \in X \quad (2)$$

Где $\mu(x)$ – функция принадлежности, определяющая степень принадлежности каждого элемента x множеству T .

Функция принадлежности принимает значения из интервала $[0, 1]$.

Для лучшего понимания нечетких множеств сравним точное представление продолжительности сна студента и его нечеткое представление. В традиционном точном представлении продолжительность сна будет некоторой точкой на шкале времени, например: продолжительность сна составляет 9 часов. В нечетком представлении временную шкалу можно разбить на группы, характеризующие сон, например от 2 до 7 часов студент спит мало, от 5 до 8 средне и от 7,5 до 10 спит много:

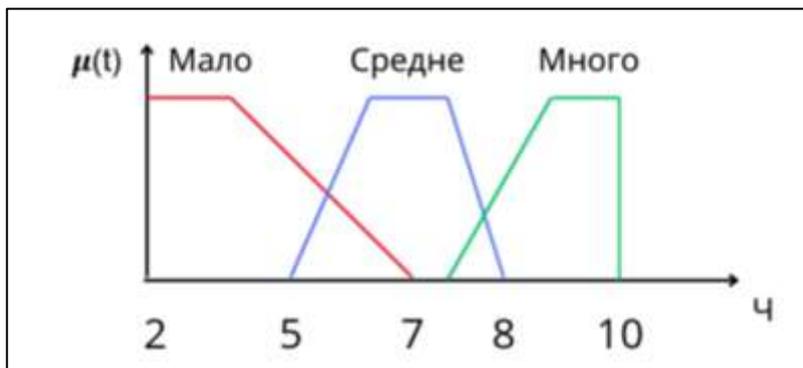


Рисунок 1 – График продолжительности сна студента

Таким образом, сон в 9 часов попадает в последнюю категорию, т.е. студент поспал «много». Заметьте, что другие значения могли бы попадать в 2 категории. Принадлежность каждого временного промежутка какой-либо категории определяется функцией принадлежности, очевидно, что с увеличением времени, степень принадлежности к «мало» уменьшается.

Кроме приведенного выше графического представления функции принадлежности существует и аналитическое, например в случае нашего студента принадлежность к «мало» можно описать таким образом:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & 2 \leq x \leq 3 \\ 1 + \frac{3-x}{4}, & 3 \leq x \leq 7 \\ 0, & ELSE \end{cases} \quad (3)$$

Можно представлять функцию принадлежности и нечеткое множество в виде суммы, например:

$$T = \frac{0}{x_1} + \frac{0,33}{x_2} + \frac{0,63}{x_3} + \frac{0,74}{x_4} + \frac{1}{x_5} \quad (4)$$

Где числители – степень принадлежности множеству конкретного элемента.

Ключевым для понимания важности нечеткой логики являются системы нечеткого вывода, в особенности на основе алгоритма Мамдани [1]. Алгоритм основан на подражании человеческим чувствам, в работе алгоритма в качестве входных данных используются нечёткие и лингвистические переменные, а на выходе определяются приближённые количественные значения для каждой введённой лингвистической переменной. Данный алгоритм позволил избежать чрезмерно большого объема вычислений и был по достоинству оценен специалистами. В настоящее время этот алгоритм самый распространенный среди применяемых на практике и исследуемых в научных работах.

Представим схематичное изображение системы нечеткого вывода:

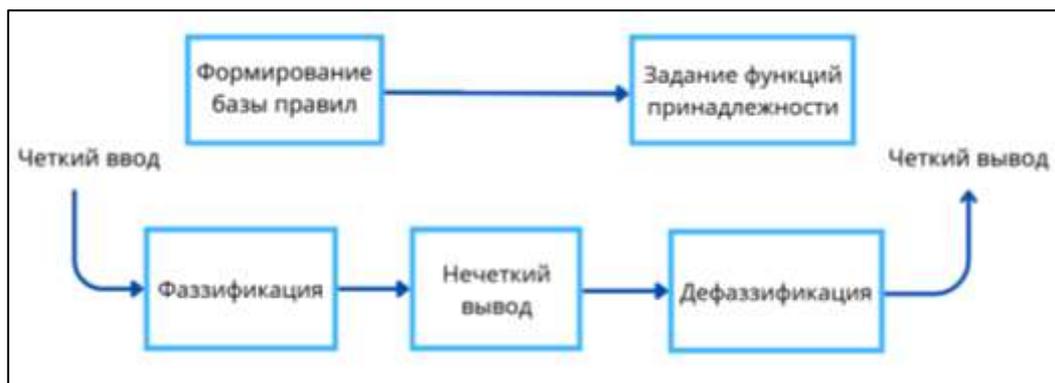


Рисунок 2 – Система нечеткого вывода

Формирование базы правил в алгоритме Мамдани осуществляется в виде списка конструкций типа «если, то» или «если x и y, то». Каждому подзаключению может присваиваться некоторый весовой коэффициент, обозначающий степень уверенности. В процессе фаззификации осуществляется переход от полученных конкретных значений к функциям принадлежности, дефаззификация – обратный процесс: из некоторого нечеткого множества выводится четкая информация. В алгоритме Мамдани (в отличие от некоторых других моделей) дефаззификация осуществляется методом центра тяжести или центра площади.

Хотя Заде предполагал, что нечеткая логика найдет свое применение в первую очередь в гуманитарных науках, изначально новая дисциплина зарекомендовала себя в технической сфере. Особенно активно взяли нечеткую логику на вооружение в Японии: широкую известность получил в 1987 году поезд Sendai Subway 1000 series. Это был первый в мире поезд, в котором использовалась нечеткая логика для управления скоростью [1]. По сравнению с ускорением, управляемым человеком, series 1000 был на 10% более энергоэффективен. Такие системы на основе нечеткой логики называются нечеткими контроллерами (регуляторами) [2]. Классический пример такого регулятора – кондиционер с нечеткой логикой: система получает на вход данные о температуре помещения и принимает соответствующее решение. Данную систему можно улучшить, например, исходя из данных о том, что женщины менее производительны чем мужчины при более низких температурах, система также будет учитывать, какие работники сегодня пришли в офис.

Нечеткая логика нашла свое применение и в искусственном интеллекте. Например, существует направление нейро-нечетких сетей, комбинирующих нейронные сети и системы на базе нечеткой логики [3]. На принципах нечеткой логики основаны рекомендации в социальных сетях и так называемый нечеткий поиск (когда поисковая система подбирает для вас правильные результаты, даже если вы ввели запрос с ошибкой или не зная конкретное название объекта поиска).

В целом нечеткая логика может быть применима в абсолютно любой области человеческой деятельности как основа систем поддержки принятия решений. Например, можно создать систему для оценки положительного исхода транспортировки больного, которая будет принимать данные о времени года, дыхании больного и т.д.

В современных условиях системы поддержки принятия решения и анализа различных ситуаций – необходимый инструмент для любой фирмы. Вот некоторые варианты таких систем, которые можно реализовать с помощью нечеткой логики:

Система для анализа инвестиционных проектов или текущего финансового состояния предприятия. Может учитывать такие данные, как общий штат сотрудников и доля среди них управляющих должностей, коэффициент автономии, виды и количество доходов/расходов.

Система реагирования на различные рыночные сигналы с возможностью автономной купли/продажи активов.

Система для HR отдела, помогающая с поиском персонала. Учитывается опыт, образование, баллы за различные виды тестирования.

Оценка степени цифровизации государственных предприятий. Принимаются во внимание доступность различных услуг посредством интернета, процент исключительно «бумажных» операций, наличие и качество сайта, социальных сетей.

В данной работе создали на практике систему выбора программного обеспечения для ведения бухгалтерского учёта предприятия. Для работы используется программа MATLAB, а конкретно пакет Fuzzy logic toolbox.

В качестве входных переменных были выбраны несколько основных свойств программного обеспечения: стоимость, функциональность, удобство использования и масштабируемость. Подчеркнем, что данные критерии выбраны исключительно для демонстрации. Конечно, для решения реальных задач такого набора недостаточно. На практике критерии выбираются экспертом в данной области.

Стоимость ПО оценивается в у.е. за год (от 0 до 100), функциональность и остальные переменные оцениваются по шкале от 1 до 10. При этом, чем выше – тем лучше. Эффективность, как правило, имеет значение от 0 до 100, так как широкий диапазон значений позволяет оценить точнее. На рисунке 3 показана система нечёткого вывода, которая имеет 5 переменных: 4 входные и 1 выходная.

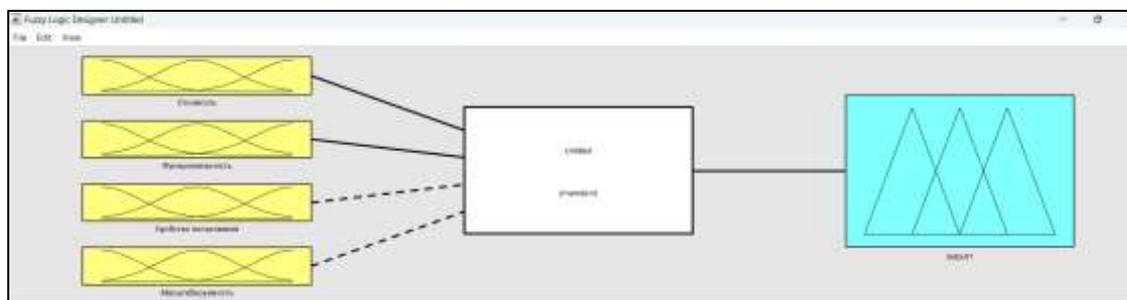


Рисунок 3 – Система нечёткого вывода в MATLAB

Тип системы выбран Мамдани, остальные параметры установлены по умолчанию. После определения входных переменных составляется график принадлежности. Fuzzy Logic Toolbox включает в себя множество разных функций принадлежности: гауссова, сигматическая, квадратичная и так далее [4]. Путём испытаний для создания графика функции была выбрана функция принадлежности *rimf* (Pi-shaped membership function). На рисунке 2 представлен пример графика принадлежности для характеристики «Функциональность» с тремя термами. Ось абсцисс представляет собой диапазон значений каждого из термов, ось ординат соответствует степени принадлежности характеристику определённому терму.

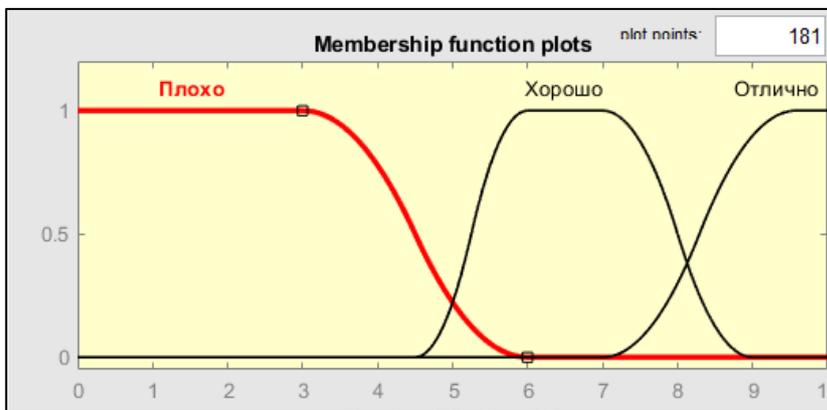


Рисунок 4 – График принадлежности характеристики “Функциональность”

В качестве термов выбраны “Плохо”, “Хорошо” и “Отлично”. Значения были подобраны таким образом, чтобы терму “Плохо” соответствовали значения $[0;3]$, а терму “Отлично” – $[9;10]$. Таким же образом были созданы функции принадлежности для каждого из четырёх выбранных свойств.

После создания функций принадлежности необходимо определить правила создания нечёткого вывода. В нашем случае было замечено, что свойства “Стоимость” и “Функциональность” имеют приоритетное значение. Например, если им обоим соответствует терм “Отлично”, то значение остальных свойств уже практически не имеет значение: вывод будет иметь значение “Отлично” во всех случаях, кроме единственного, когда “Масштабируемость” и “Удобство пользования” имеют значение “Плохо”.

За счёт приоритетности свойств в правила введены некоторые упрощения. В противном случае количество правил равно количеству всех комбинаций свойств разных термов. В рассматриваемой задаче имеется 4 свойства и 3 терма. Это означает что количество правил должно составлять 81, при этом каждое правило должно быть обязательно описано. Тем не менее, упрощения позволяют значительно сократить задачу установки правил.

В пакете Fuzzy Logic Toolbox имеется способ представления созданных правил – (Rule Viewer) и просмотр поверхности вывода (Surface Viewer) [5]. Просмотр правил вывода позволяет пользователю увидеть эффективность, максимально упрощая логику, благодаря использованию графического формата. Каждое изменение значения свойства отображается в просмотре правил вывода, соответственно изменяется и эффективность. На рисунке 5 представлен просмотр правил вывода.

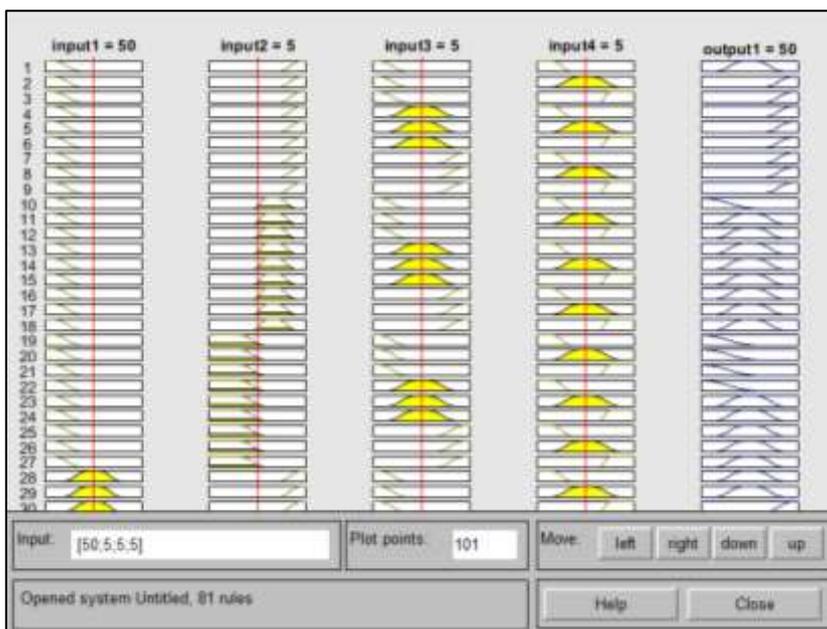


Рисунок 5 – Просмотр правил вывода

Просмотр поверхности является трёхмерным графиком, который представляет собой зависимость эффективности от двух любых свойств. Он представлен на рисунке 6.

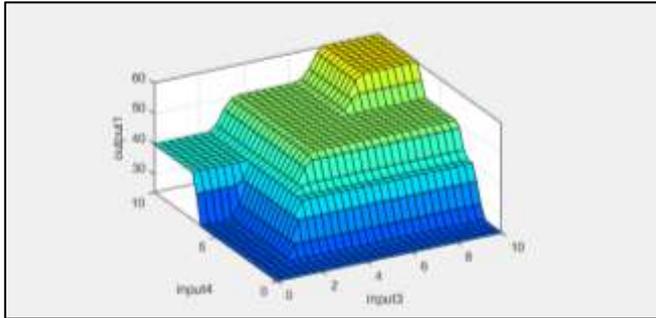


Рисунок 6 – Просмотр поверхности вывода

Последним этапом является реализация оконного приложения, в котором предусматриваются ввод входных переменных в символьном виде, последующая конвертация их в численный вид, выполнение системы нечёткого вывода и получение числового значения выходной переменной. Затем числовое значение преобразуется в символьное и выводится на экран в виде одного из трех термов: “Отлично”, “Хорошо”, “Плохо”.

В результате проведенной работы был сделан вывод о практической значимости нечеткой логики. Сфера применения нечеткой логики не ограничена лишь разработкой нейронных сетей и контроллеров. Во время анализа источников был замечен некоторый дефицит качественной фундаментальной информации на русском языке, а значит у отечественной науки есть исследовательский потенциал в данной области, равно как и фирмам следует брать во внимание применение нечетких систем.

Список использованных источников:

1. Алгоритм Мамдани в системах нечеткого вывода. [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/113020/>. – Дата доступа: 06.04.2024
2. Нечеткие регуляторы и системы управления/ Кудинов Ю. И., Дорохов И. Н., Пащенко Ф. Ф. // Проблемы управления. – 2004. – №3 – С. 2 – 14.
3. Принципы нечеткой логики на примере нечетких нейронных сетей/ Мищенко В.А., Коробкин А.А. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1.
4. Foundations of fuzzy logic [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nl.mathworks.com/help/fuzzy/foundations-of-fuzzy-logic.html#bp78170-2/>. – Дата доступа: 10.04.2024.
5. Нечеткая логика в красивых картинках. Поверхности отклика для разных функций принадлежности [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/499096/>. – Дата доступа: 10.04.2024.