

МЕТОД НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Сидорова Д.Г., Иселёнок Е.Б.; Маркова Л.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Для решения задач, которые отличаются неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей созданы экспертные системы, среди которых особое место занимают системы, основанные на нечеткой логике с использованием лингвистических (словесных) переменных. Т. е. реализуется переход от числовых данных к словесным и от словесного качественного описания объекта, которое характеризует человеческое мышление, к численным количественным оценкам состояния объекта, что позволяет моделировать человеческие размышления и человеческую способность решения задач.

При построении экспертной системы на основе нечеткой логики наиболее широко используется алгоритм Мамдани, который включает следующие процедуры: формирование базы правил систем нечеткого вывода; фаззификация (введение нечеткости) входных переменных; нахождение степени истинности условий; импликация; агрегирование; дефаззификация выходных переменных [1, 2].

Формирование базы правил влияния входных переменных на значение выходной переменной состоит в составлении совокупности логических высказываний с использованием лингвистических переменных. Наиболее часто база правил представляется в форме структурированного текста: если "Условие 1", то "Заключение 1"; если "Условие 2", то "Заключение 2".

На этапе фаззификации значения входных переменных переводятся в нечеткий формат, т.е. устанавливается соответствие между численным значением входной переменной и значением входной лингвистической переменной с помощью функций принадлежности μ . Функция принадлежности принимает значения в диапазоне $[0, 1]$ и характеризует степень соответствия входной числовой переменной x_i лингвистическому понятию.

Нахождение степени истинности условий состоит в определении количественного значения μ_k истинности (уровня отсечения) всех предусловий (часть правила «если») конкретного k – того правила.

Импликация – процедура нахождения подзаключения (части правила «то»), т.е. нахождение логического вывода (нечеткого множества) каждого правила. Это множество представляется выходной функцией принадлежности, которая соответствует значению лингвистической переменной. Перед импликацией определяются весовые коэффициенты ($W \leq 1$) правил, которые определяют степень влияния данного правила на

принятие решения. Степень истинности каждого из подзаключений равна алгебраическому произведению соответствующего значения μ_k на весовой коэффициент $W_k: \mu'_k = \mu_k \cdot W_k$. Входом для процедуры импликации являются найденные числовое значение μ'_k (уровни отсечения) каждого правила, а выходом – нечеткое множество $\mu_k(q)$.

Агрегирование – процедура объединения функций принадлежности выходной переменной. Входом процесса агрегирования является совокупность усеченных выходных функций принадлежности ($\mu_k(q)$), полученных в процессе импликации для каждого правила, выходом – функция принадлежности $\mu_\Sigma(q)$ единого множества «объединение» Q'_Σ .

При выполнении процедуры дефаззификации выходных переменных нечеткий логический вывод Q'_Σ преобразуется в четкое значение (число q). В теории нечетких множеств процедура дефаззификации аналогична нахождению характеристик положения (математического ожидания, моды, медианы) случайных величин в теории вероятности. На основании полученного числового значения выносится лингвистическое заключение.

Одним из основных направлений практического использования систем нечеткого вывода является решение задач управления различными объектами или процессами. Экспертные системы, построенные на основе аппарата нечеткой логики, используются также при принятии решения в системах диагностики, в частности, при контроле содержания фурановых соединений в трансформаторном масле [3], прогнозировании остаточного ресурса электрооборудования [4], при оценке работоспособности смазочного масла [5].

Так, в работе [5] диагностическая система включает в себя блок принятия решения о состоянии смазочного масла, который реализует метод нечеткой логики, основанный на алгоритме Мамдани. Структурная схема метода приведена на рисунке 1.

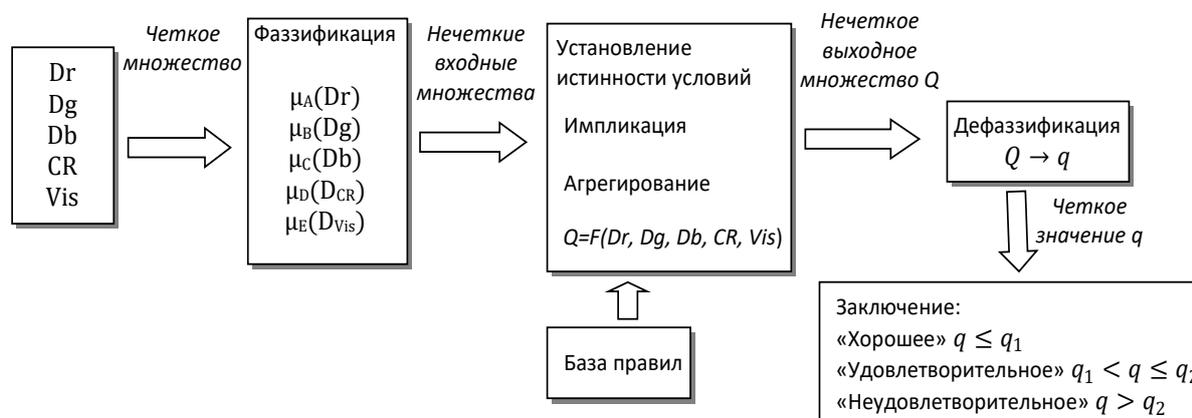


Рисунок 1 – Структурная схема метода нечеткой логики для решения задачи принятия решения о состоянии смазочного масла, основанного на алгоритме Мамдани

Входными параметрами являются: показатели общей загрязненности масла, определяемые оптической плотностью в красном D_r , зеленом D_g и голубом D_b диапазонах длин волн спектра поглощения масла; показатель химической деструкции масла CR и вязкость Vis масла. Связь между входной переменной и нечетким множеством определяется с помощью функций принадлежности $\mu_{A_j}(D_r)$, $\mu_{B_j}(D_g)$, $\mu_{C_j}(D_b)$, $\mu_{D_j}(CR)$, $\mu_{E_j}(Vis)$. Степень истинности определяется по минимальному значению функций принадлежности. В результате импликации определяется усеченное выходное множество для каждого правила. Затем выполняется агрегирование этих множеств в единое нечеткое множество, т.е. принимается одно из значений выходного лингвистического множества $Q = \{Q_1, Q_2, Q_3\}$, определяющее состояние масла, Q_1 – «хорошее» Q_2 – «удовлетворительное» или Q_3 – «плохое». Далее в результате дефазификации по методу центра тяжести определяется числовое значение выходной переменной q_0 . Сравнивая полученное значение показателя с критическими значениями, принимается объективное заключение о состоянии смазочного масла.

Предложенный метод принятия решения о состоянии смазочного масла реализован в среде MATLAB с использованием редактора системы нечеткого вывода (FIS Editor).

В условиях ограниченной определенности, однозначности, полноты и четкости описания состояния объекта, использование аппарата нечеткой логики является эффективным методом получения достоверной информации о состоянии технических объектов.

Литература

1. Айк Древес, Йост Андерхуб. Нечеткая логика и нейронные сети // Компрессорная техника и пневматика. – 2012 (3), 7-11
2. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба// [Электронный ресурс]. –2015.– Режим доступа : – <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/index.php> – Дата доступа : 02.03.2018.
3. Abu-Siada A., Lai S. P., and Islam S. M. A Novel Fuzzy-Logic Approach for Furan Estimation in Transformer Oil // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2012 (27), no. 2, 469-474
4. Нечеткие алгоритмы оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса электрооборудования / Н.В. Костерев, Е.И. Бардик, Р.В. Вожаков, Т.Ю. Курач. //Наукові праці ДонНТУ – Електротехніка і енергетика – 2008. – № 8 (140). – С. 65-70.
5. Маркова Л. В., Мышкин Н. К., Макаренко В. М., Семенюк М. С., Конг Х., Хан Х.-Г., Оссия С. В. Интегральный детектор для контроля состояния смазочного материала трибосопряжений // Трение и износ. — 2008 (29), № 4, 399-408.