

Классификация объектов на основе нечеткого логического вывода



В настоящей статье показано, как расширить Fuzzy Logic Toolbox, чтобы выполнять нечеткий логический вывод для объектов с дискретным выходом. Такие объекты соответствуют задачам классификации в медицинской и технической диагностике, в распознавании образов, в ситуационном управлении и при принятии решений в других областях.

Задача

Выполнение нечеткого логического вывода для объектов с дискретным выходом.

Программные средства

MATLAB
Fuzzy Logic Toolbox

Результаты

Разработана функция, реализующая нечеткий вывод для объектов с дискретным выходом, приведен пример ее использования.

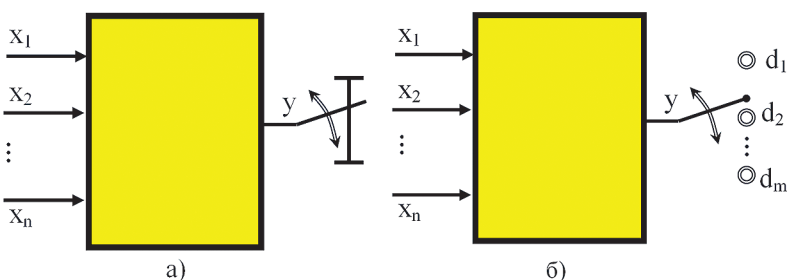
Нечеткий логический вывод — это аппроксимация зависимости «входы–выход» на основе нечеткой базы знаний и операций над нечеткими множествами. Нечеткий логический вывод применяется при моделировании объектов с непрерывным и с дискретным выходами. Объекты с непрерывным выходом (рис. 1, а) соответствуют задачам аппроксимации гладких функций, возникающим в прогнозировании, многокритериальном анализе, управлении техническими объектами и т. п. Объекты с дискретным выходом (рис. 1, б) соответствуют задачам классификации в медицинской и технической диагностике, в распознавании образов, в ситуационном управлении и при принятии решений в других областях.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB обеспечивает проектирование систем нечеткого логического вывода только для объектов с непрерывным выходом. В настоящей статье показано, как расширить Fuzzy Logic Toolbox, чтобы выполнять нечеткий логический вывод для объектов с дискретным выходом.

В качестве нечеткого классификатора будем использовать систему нечеткого логического вывода типа Сугено. Классам решений

$\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ поставим в соответствие термы выходной переменной; наименование класса решений зададим как элемент терм-множества выходной переменной. Параметры заключений правил (параметры «функций принадлежности» выходной переменной) могут быть произвольными, т. к. они не влияют на результат классификации.

Для выполнения нечеткой классификации автором разработана функция **fuz_classifier**:



▲ Рис. 1. Объекты с непрерывным (а) и дискретным (б) выходами.

```
function decision=fuz_classifier(x, fis, type)
% НЕЧЕТКИЙ ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
% С ДИСКРЕТНЫМ ВЫХОДОМ
[a,b,c,d]=evalfis(x,fis); % нечеткий вывод
% Поиск правил с максимальной степенью
% выполнения:
rule_num_max_fulfilment=find(d==max(d));
% Определение количества таких правил:
number_rules=...
    length(rule_num_max_fulfilment);
% Если таких правил несколько, то выбираем
% решение, имеющее наибольшее количество правил
% с максимальной степенью выполнения:
counter( 1:length(fis.output(1).mf) )=0;
for i=1:number_rules
    index=...
    fis.rule(rule_num_max_fulfilment(i)).consequent;
    counter(index)=counter(index)+1;
end
[tmp1 tmp2]=max(counter);
number_of_the_class=tmp2(1);
% Возращение результата классификации
% в требуемом формате:
switch type
case 'number', decision=number_of_the_class;
case 'name', decision=...
    fis.output.mf(number_of_the_class).name;
otherwise, error('Недопустимое значение...
    третьего аргумента')
end
```

Функция **fuz_classifier** вызывается в таком формате:

decision = fuz_classifier(x, fis, type),

где **x** — вектор информативных признаков объекта классификации; **fis** — система нечеткого логического вывода; **type** — тип возвращаемого функцией результата: «**number**» — порядковый номер класса; «**name**» — наименование класса; **decision** — результат классификации для объекта **x**.

Функция **fuz_classifier** использует функцию **evalfis** для получения промежуточных результатов нечеткого логического вывода. Затем находят правила с максимальной степенью выполнения. Если таких правил несколько, то подсчитывается их количество для каждого класса решений. После этого выбирается решение, имеющее наибольшее количество правил с максимальной степенью выполнения.

В качестве примера спроектируем систему нечеткого логического вывода для задачи классификации ирисов, предложенную Фишером в 1936 году. Задача состоит в отнесении ириса к одному из трех классов:

1. Iris Setosa,
2. Iris Versicolor,
3. Iris Virginica.

При классификации используются следующие признаки цветков: x_1 — длина чашелистика; x_2 — ширина чашелистика; x_3 — длина лепестка; x_4 — ширина лепестка. Исходные данные для классификации ирисов записаны в файле **iris.dat**, входящем в Fuzzy Logic Toolbox. Файл содержит 150 строк, каждая из которых описывает один ирис. Информация о цветке представлена пятеркой чисел — первые четыре числа соответствуют значениям признаков, а пятое — классу ириса. 2D-распределения ирисов приведены на рис.2.

В редакторе **fuzzy** создадим систему нечеткого логического вывода типа Сугено с четырьмя входными и одной выходной переменной. Диапазоны изменения входных переменных установим такими же, как и для исходных данных: $x_1 \in [47, 79]$; $x_2 \in [20, 44]$; $x_3 \in [10, 69]$; $x_4 \in [1, 25]$. Для лингвистической оценки признаков цветков будем использовать термины «низкий», «средний» и «высокий» с установленными по умолчанию треугольными функциями принадлежности. Взаимосвязь «входы-выход» опишем тремя нечеткими правилами:

- если x_4 = 'низкий', то y = 'Iris Setosa';
- если x_3 = 'средний' и x_4 = 'средний', то y = 'Iris Versicolor';
- если x_3 = 'высокий' и x_4 = 'высокий', то y = 'Iris Virginica'.

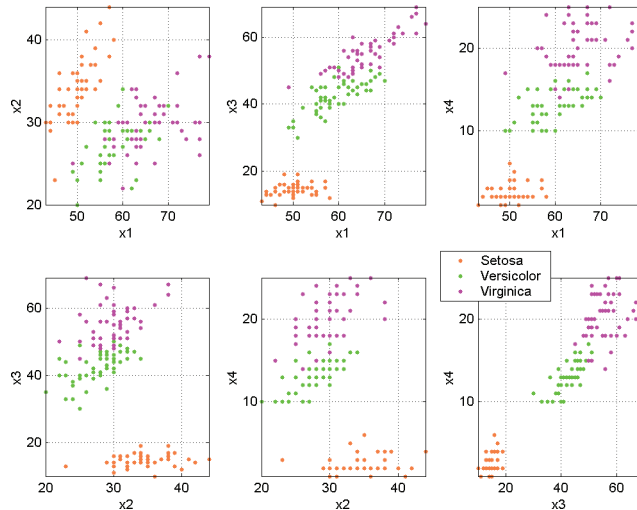
Применяя функцию **fuz_classifier**, обнаруживаем, что созданная нечеткая модель правильно классифицирует 130 из 150 ирисов. Исследуем, как влияет весовой коэффициент второго правила на результаты классификации:

```

fis=readfis('sample_iris.fis');
%загрузка системы нечеткого вывода
iris=load('iris.dat')
number_of_errors=[];
for w2=0.05:0.05:1
    fis.rule(2).weight=w2;
    for i=1:150
        out_fis(i)=fuz_classifier(iris(i, 1:4),...
            fis, 'number');
    end
    err=sum(iris(:,5)~=out_fis)
    number_of_errors=[number_of_errors err];
end
plot(0.05:0.05:1, number_of_errors, 'o--r')
xlabel('Весовой коэффициент второго правила')
ylabel('Количество ошибок')
    
```

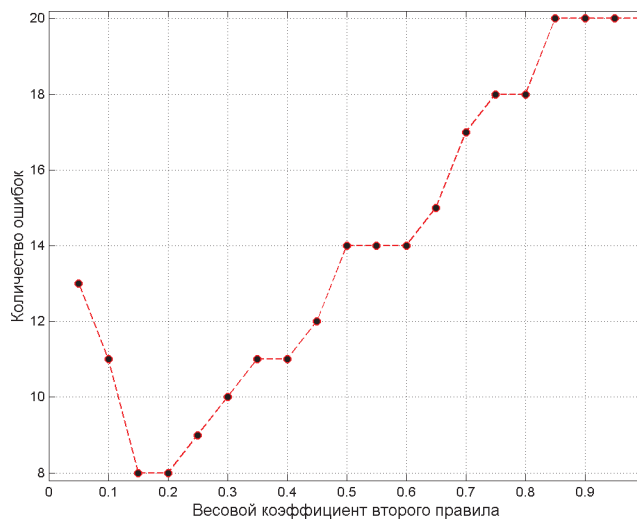
Зависимость количества ошибок классификации от веса второго правила показана на рис. 3. Минимальное количество ошибок достигается, когда весовой коэффициент второго правила принимает значение из диапазона [0.15, 0.2]. На рис. 4 сравниваются результаты нечеткой классификации с экспериментальными данными. Нечеткая система с тремя правилами безошибочно классифицирует ирисы Iris Setosa и Iris Versicolor и допускает 8 ошибок для ирисов Iris Virginica.

Нечеткую систему классификации можно улучшить, настраивая веса правил и параметры функций принадлежности. Информацию о том, как осуществлять настройку систем классификации на основе нечеткого логического вывода в среде MATLAB, заинтересованный читатель может найти на сайте <http://www.matlab.ru> в разделе Fuzzy Logic Toolbox.

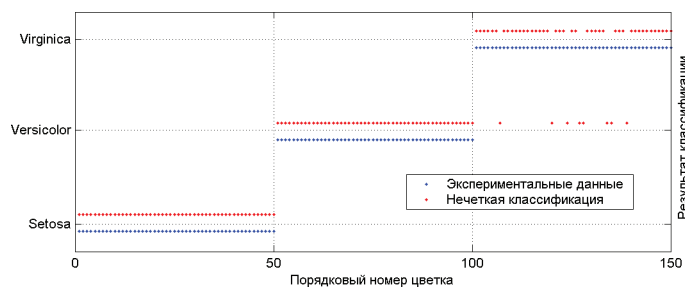


▲ Рис. 2. 2D-распределения ирисов.

Пакет Fuzzy Logic Toolbox вычислительной системы MATLAB обеспечивает проектирование систем нечеткого логического вывода только для объектов с непрерывным выходом.



▲ Рис. 3. Влияние весового коэффициента правила на безошибочность классификации.



▲ Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных с результатами нечеткой классификации.

Автор:

Штовба Сергей Дмитриевич, доцент, кандидат технических наук, докторант кафедры компьютерных систем управления; Винницкий национальный технический университет, г. Винница, Украина

