

УДК 519.8

С.Д. Штовба

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних систем управління

А.В. Галушак

Аспірантка кафедри комп'ютерних систем управління

Р.О. Тилець

Магістрант

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОФАКТОРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ БАЗИ ЗНАНЬ З РІЗНОРІДНИМИ ПРАВИЛАМИ

Сьогодні накопичено великі обсяги спостережень за різноманітними багатофакторними залежностями. Задача ідентифікації полягає в побудові за цією інформацією математичних моделей багатофакторних залежностей. Сьогодні все частіше ідентифікацію складних залежностей в умовах невизначеності проводять за допомогою нечітких баз знань, які дозволяють ефективно врахувати доступну початкову експертно-експериментальну інформацію. Нечіткою базою знань називається сукупність продукційних правил "Якщо – тоді", які описують взаємозв'язок між входами та виходами деякого об'єкту з використанням нечітких термів.

Розглядається ідентифікація багатофакторних залежностей за допомогою гібридної нечіткої бази знань, в яку входять правила різних форматів – Мамдані, Сугено, Ларсена тощо [1]. Такий формат дозволяє описати досліджувану залежність в різних зонах факторного простору за допомогою нечітких правил найбільш релевантного формату.

Нами розроблено алгоритми логічного виведення за гібридною нечіткою базою знань для таких 3 випадків:

1) коли, в результаті логічного виведення за кожним правилом утворюється нечітка множина на неперервному носії, тобто коли базу знань складають лише правила у форматі Мамдані та Ларсена;

2) коли, в результаті логічного виведення за кожним правилом утворюється синглотонна нечітка множина, тобто коли базу знань складають синглотонні правила та правила у форматі Сугено і Цукамото;

3) коли, наявні правила з першого та другого випадків, тобто в базі знань є правила у форматі Мамдані чи Ларсена та синглотонні правила, або правила у форматі Сугено чи Цукамото.

Для першого випадку в результаті імплікації за кожним правилом отримуємо нечітку множину на неперервному носії. Далі проведемо їх агрегування, шляхом об'єднання отриманих нечітких множин. І останньою процедурою буде дефаззифікація результуючої нечіткої множини.

Для другого випадку в результаті імплікації за кожним правилом отримуємо пару чисел – кількісне значення вихідної змінної та ступінь належності. Далі об'єднуємо їх в одну нечітку множину на дискретному носії, і виконуємо її дефаззифікацію.

Для третього випадку за правилами Мамдані та Ларсена на виході отримуємо нечітку множину на неперервному носії. В програмних пакетах з проектування нечітких систем цей неперервний носій дискретизують і отримують дискретну універсальну множину з потужністю на рівні 100 [2]. За правилами Сугено, Цукамото чи за сингтонними правилами на виході отримуємо нечітку множину на дискретному носії, потужність якої дорівнює кількості правил. Зазвичай кількість таких правил не перевищує 10. Якщо об'єднати вихідні неперервну та дискретну нечіткі множини та провести дефаззифікацію, то її результат майже не залежатиме від правил Сугено, Цукамото чи сингтонних правил. Це відбувається через те, що в результуючій нечіткій множині кількість елементів, що надійшли з дискретного носія буде в кілька разів менше, ніж тих, що надійшли від неперервного носія. Нами пропонується новий підхід до агрегування та дефаззифікації на основі принципу рівноважливості правил. За цим принципом правила з однаковими ступеням виконання забезпечують однакові внески в формування чіткого вихідного значення. Відповідно дефаззифікацію здійснимо у такий спосіб. За логічним виведенням за кожним правилом Мамдані чи Ларсена отримуємо нечітку множину, над якою відразу проводимо дефаззифікацію. Отримане чітке значення разом зі ступенем виконання правила утворює сингтонну вихідну нечітку множину, яка є аналогом результату логічного виведення за сингтонним правилом. Іншими словами, результати логічного виведення за правилами Мамдані чи Ларсена зводимо до результатів за форматами правил другої групи (Сугено, Цукамото та сингтонної баз знань). Це призводить до того, що змішанні неперервно-дискретні результати логічного виведення перетворюються до дискретних нечітких множин. Далі залишилось їх агрегувати та виконати дефаззифікацію за центром тяжіння. Якщо консеквенти правил Сугено та Ларсена задано симетричними функціями належності, тоді можна відразу перейти до еквівалентних нечітких сингтонних правил. Консеквенти еквівалентних сингтонних правил прирівняємо до результатів дефаззифікації нечітких множин з консеквентів правил Мамдані та Ларсена.

Ідентифікація залежностей на основі гібридної нечіткої бази знань здійснюється аналогічно до процедур ідентифікації на основі бази нечітких правил одного типу [2]. Переваги застосування гібридних нечітких баз знань ілюструється на прикладі задачі ідентифікації з UCI Machine Learning Repository.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за проектом “Інформаційна технологія багатокритеріального синтезу нечітких баз знань”.

Список використаних джерел

1. Штовба С.Д. Логічне виведення по нечіткій базі знань з різнорідними правилами / С.Д. Штовба, А.В. Нагорна / Тези доп. XX Міжнар. конференція з автоматичного управління “Автоматика – 2013” (25–27 вересня 2013 р., Миколаїв). – 2013. – С. 330-331.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / Штовба С.Д. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.