

С.Д. ЭЛЬ-АЙЮБИ, Ю.И. ДОРОФЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода

Идентификация, т.е. построение математической модели по результатам наблюдений, является важной задачей, возникающей в технике, экономике, политике, медицине, биологии и в других областях. В современной теории идентификации все более важную роль играют методы, привлекающие лингвистическую информацию при построении моделей нелинейных зависимостей. Одним из наиболее разработанных в инженерном отношении инструментов учета лингвистической информации является теория нечетких множеств и нечеткая логика.

Настоящая работа посвящена решению задачи идентификации нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода.

Типовая структура системы нечеткого вывода содержит следующие блоки:

- *фаззификатор*, преобразующий вектор, содержащий числовые значения влияющих факторов X , в вектор \tilde{X} , элементами которого являются нечеткие множества, используемые в процессе выполнения нечеткого логического вывода;

- *нечеткая база знаний*, содержащая информацию о зависимости между входными и выходными данными $Y = f(X)$ в виде лингвистических правил типа «ЕСЛИ–ТО»;

- *механизм нечеткого логического вывода*, который на основе правил базы знаний определяет значение выходной переменной в виде нечеткого множества \tilde{Y} ;

- *дефаззификатор*, преобразующий выходное нечеткое множество \tilde{Y} в числовое значение Y .

В работе были рассмотрены два типа нечетких моделей – типа Мамдани и типа Сугэно. Эти модели отличаются форматом базы знаний и процедурой дефаззификации.

Задача идентификации состоит в нахождении структуры и параметров нечеткой модели F , обеспечивающей минимальное значение среднеквадратической невязки:

$$R = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M (Y_r - F(X_r))^2 \rightarrow \min,$$

где (X_r, Y_r) – идентифицируемая нелинейная зависимость, при $r = \overline{1, M}$, M – объем выборки.

Все еще нерешенной научной задачей остается автоматическая экстракция из данных нечетких правил, близких по своим свойствам к экспертным, т.е. полезных, достоверных, интересных, новых и понятных не только специалистам. Это относится прежде всего к базе знаний модели типа Мамдани, так как прозрачность правил модели типа Сугэно, т. е. возможность их содержательной интерпретации пользователем, является довольно низкой.

В результате компьютерных экспериментов установлено, что использование лингвистической информации в виде экспертных правил «ЕСЛИ–ТО» позволяет значительно снизить необходимый объем обучающей выборки для нечеткой идентификации. При больших объемах выборки экспериментальных данных идентификация с помощью модели типа Сугэно обеспечивает, как правило, большую точность. Однако при этом возникают трудности с содержательной интерпретацией параметров нечеткой модели и с объяснением логического вывода. С моделью типа Мамдани таких трудностей не возникает, ее параметры и после обучения легко интерпретируются содержательно.

Таким образом, идентификация с помощью нечеткого логического вывода является эффективным методом построения моделей нелинейных зависимостей, наблюдаемых в различных областях человеческой деятельности. Процедура нечеткого логического вывода в модели типа Мамдани интуитивно понятна и заказчикам нечетких моделей: технологам, экономистам, врачам, биологам. Поэтому для задач, где более важна точность идентификации, целесообразным будет использование нечетких моделей типа Сугэно, а для задач, где более важным является объяснение, обоснование принятого решения, будут иметь преимущество нечеткие модели типа Мамдани.

Список литературы:

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
2. Ротштейн А. П., Котельников Д. И. Идентификация нелинейных зависимостей нечеткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ. – 1998. – №5. – С. 53-61.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с
4. Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide, Version 2. – The MathWorks, Inc., 1999.
5. Optimization Toolbox. User's Guide, Version 2. – The MathWorks, Inc., 1999.