

ВВЕДЕНИЕ

Нечеткое моделирование не является альтернативой различным подходам к моделированию сложных систем и процессов, а прежде всего предоставляет эффективные методы и средства для их изучения в следующих основных сферах применения.

Во-первых, недостаточность или неопределенность знаний об исследуемой системе, когда получение требуемой информации является сложной, трудоемкой, дорогостоящей или вовсе невозможной задачей. При этом четкие модели не могут быть получены либо они являются слишком сложными для практического использования. Значимая же часть информации об этих системах доступна в виде экспертных данных или в эвристическом описании процессов функционирования. Эта информация может быть нечеткой и недостаточно определенной для того, чтобы быть выраженной математическими зависимостями. Кроме того, информация о системе может быть разнокачественной, а оценка значений параметров – проводиться с помощью различных шкал. Однако зачастую возможно описать функционирование этих систем в виде эвристических предпочтений, используя конструкции естественного языка в форме нечетких правил или отношений различного типа. Другой аспект неопределенности знаний о системе связан с неясностью или нечеткостью выделения и описания границы системы или отдельных ее состояний, а также входных и выходных воздействий.

Во-вторых, адекватная обработка неопределенной информации, если параметры и входные данные не являются точными и корректно представленными. Часто традиционные методы не только не позволяют адекватно обработать данные, но также не позволяют учесть естественно присущую этим данным неопределенность. Нечеткая логика и теория нечетких множеств являются одним из эффективных подходов к решению данной проблемы.

В-третьих, «прозрачное» моделирование и идентификация реальных систем, которые являются нелинейными в своей основе и не могут быть представлены моделями, использующими существующие методы идентификации. В последнее время серьезное внимание уделяется развитию методов идентификации нелинейных систем на основе экспериментальных данных. Однако, сравнивая нечеткие модели с другими известными методами, например с искусственными нейронными сетями, можно отметить их большую прозрачность, которая возможна благодаря их лингвистической интерпретации в виде нечетких продукционных правил.

Логическая структура этих правил способствует пониманию и анализу системы количественно-качественными методами.

В зависимости от назначения постулаты и положения теории нечетких множеств и нечеткой логики в нечетких моделях могут использоваться: непосредственно при описании системы, при задании параметров системы, при задании входов, выходов и состояний системы. Основные трудности при использовании нечетких моделей для решения практических задач связаны, как правило, с априорным определением компонентов этих моделей (нечетких высказываний, функций принадлежности для каждого значения лингвистических переменных, структуры базы нечетких правил и др.). Поскольку эти компоненты зачастую выбираются субъективно, они могут быть не вполне адекватны моделируемой системе или процессу.

Основное же преимущество нейросетевого подхода – возможность выявления закономерностей в данных, их обобщение, т. е. извлечение знаний из данных, а основной недостаток – невозможность непосредственно (в явном виде, а не в виде вектора весовых коэффициентов межнейронных связей) представить функциональную зависимость между входом и выходом исследуемого объекта. Другим недостатком нейросетевого подхода является трудность формирования представительной выборки, большое число циклов обучения и забывание «старого» опыта, сложность определения размера и структуры нейронной сети.

Подходы к исследованию сложных систем на основе нечетких и нейросетевых моделей взаимно дополняют друг друга, поэтому целесообразна их интеграция на основе принципа «мягких» вычислений (Soft Calculation). Основы построения таких моделей сводятся к следующему: терпимость к нечеткости и частичной истинности используемых данных для достижения интерпретируемости, гибкости и низкой стоимости решений.

В части I книги выделено три основных класса нечетких моделей, доминирующих в рамках нечеткого подхода к анализу и моделированию сложных систем, а также различные классы нечетких сетей (и способы их интеграции с искусственными нейронными сетями), используемых для построения и анализа этих моделей.

В части II рассмотрены нечеткие продукционные модели, являющиеся наиболее общим видом нечетких моделей, используемых для описания, анализа и моделирования сложных систем и процессов. Проанализированы и классифицированы основные компоненты, определяющие создание и применение нечетких продукционных моделей. Рассмотрены получившие наибольшее распространение алгоритмы нечеткого вывода.

Представлены нечеткие реляционные модели, а также проиллюстрировано их подобие нечетким производственным моделям.

В части III предложена классификация нечетких нейронных производственных сетей и рассмотрены различные способы и средства интеграции нечетких производственных моделей с нейронными сетями, в которых нейросетевая технология используется в качестве инструмента для реализации компонентов адаптивных нечетких производственных моделей.

В части IV предложена классификация и рассмотрены различные типы нейронных нечетких сетей, характеризующиеся введением нечеткости в различные компоненты традиционных нейронных сетей (в элементы структуры и механизмы обучения и функционирования) на основе положений теории нечетких множеств и нечеткой логики.

В части V книги рассмотрены основные разновидности нечетких моделей систем и процессов, отображаемых некоторыми структурами на основе графов (логико-временными последовательностями, пространственной распределенностью, функциональной взаимосвязанностью, причинно-следственными отношениями): нечеткие автоматы, нечеткие сети Петри, нечеткие ситуационные сети и нечеткие когнитивные карты. Особое внимание уделено анализу способов построения, моделирования и использования нечетких когнитивных карт, реализующих расширенные возможности по анализу и моделированию сложных систем.