

Романов В.А.
 Аксенов К.А., доц., канд. техн. наук
 Доросинский Л.Г., проф., д-р техн. наук

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Начало теоретического и практического направления в разработке и развитии интеллектуальных систем было положено в конце 1989 г. Концепции направлений были сформулированы в виде научно-технической программы фундаментальных и прикладных исследований «Интеллектуальные системы». Эта программа существует и в настоящее время, пройдя через три этапа эволюции: 1) 1989 – 1991 гг. – научно-техническая программа фундаментальных и прикладных исследований «Интеллектуальные системы»; 2) 1992 – 1998 гг. – научно-техническая федеральная программа «Университеты России»; 3) 1998 – 2006 гг. – научно-техническая федеральная программа «Университеты России – фундаментальные исследования».

В рамках данной программы было дано определение *интеллектуальным системам*, как объединенной информационным процессом совокупности технических средств и программного обеспечения, работающего во взаимосвязи с человеком (коллективом людей) или автономно, способной на основе сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, вырабатывать решение о действии и находить рациональные способы ее реализации. Актуальность использования в рамках вышеуказанной программы технологии нечеткой логики обусловлена стремлением повысить адекватность математических и имитационных моделей реальных процессов управления и всей системы в целом, учесть в моделях как можно больше различных факторов на фоне существующей тенденции к увеличению их сложности (табл.1).

Таблица 1

Преимущество использования нечеткой логики в моделировании

Качество исходных данных	Результат моделирования	
	Традиционные методы	Нечеткая логика
Неточные или неполные исходные описания процессов	Отсутствуют удовлетворительные результаты	Применение теории приносит хорошие результаты
Точные и полные исходные описания всех процессов	Приводит к большим затратам времени и средств, это может быть в принципе невозможно	Достаточно описания основных процессов, благодаря встроенной экспертной базы знаний

В общем случае под нечеткой моделью понимается информационно-логическая модель системы, построенная на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики, которые, в свою очередь, являются обобщением классической теории множеств и классической формальной логики. Основные задачи использования нечеткой логики в имитационном моделировании

заключаются в описании неопределенностей в технических системах и бизнес-процессах и реализации гибких методов управления.

Методология процесса нечеткого моделирования состоит из следующих этапов:

1. Анализ проблемной ситуации.
2. Структуризация предметной области и построение нечеткой модели.
3. Выполнение вычислительных экспериментов с нечеткой моделью.
4. Применение результатов вычислительных экспериментов.
5. Коррекция или доработка нечеткой модели.

В настоящее время существует тенденция перевода всех идей современной математики на язык теории нечетких множеств, что привело к целому ряду работ, содержащих абстрактное обобщение тех или иных математических конструкций, которые зачастую оказались оторванными от проблематики реальных практических задач имитационного моделирования. Кроме того, четкая логика недостаточно эффективна в системах принятия решений (советующие и экспертные системы), поскольку большинство процессов окружающей реальности носят стохастический характер.

В современной литературе предложено несколько основных алгоритмов, реализующих нечеткий логический вывод в имитационном моделировании и получивших наибольшее применение:

1. Алгоритм Мамдани (Mamdani).
2. Алгоритм Цукамото (Tsukamoto).
3. Алгоритм Ларсена (Larsen).
4. Алгоритм Сугено (Sugeno).

При решении практических задач нечеткого моделирования могут одновременно использоваться несколько алгоритмов нечеткого вывода с целью получения наиболее адекватных результатов (табл.2). Табл. 2 построена на основе анализа материала.

Примером использования четкой логики в системах принятия решений являются статистические экспертные системы, которые не способны, в отличие от нечетких экспертных систем реального времени, выполнять следующие функции:

1. Представлять изменяющиеся во времени данные, поступающие от внешних источников, обеспечивать хранение и анализ изменяющихся данных.
2. Выполнять временные рассуждения о нескольких различных асинхронных процессах одновременно (т.е. планировать в соответствии с приоритетами обработку поступивших в систему процессов).

Таблица 2

Сравнительные характеристики нечетких алгоритмов

Показатель	Алгоритм	Объем обучающих выборок	
		Малый	Большой
Качество идентификации	<i>Мамдани</i>	Выше, чем у Сугэно	Ниже, чем у Сугэно

	Сугэно	Ниже, чем у Мамдани	Выше, чем у Мамдани
Легкость интерпретации	<i>Мамдани</i>	Модель остается «прозрачной», ее параметры – функции принадлежности - легко интерпретируются лингвистическими терминами.	
	Сугэно	Сложность содержательной интерпретации параметров нечеткой модели	

3. Представлять изменяющиеся во времени данные, поступающие от внешних источников, обеспечивать хранение и анализ изменяющихся данных.
4. Выполнять временные рассуждения о нескольких различных асинхронных процессах одновременно (т.е. планировать в соответствии с приоритетами обработку поступивших в систему процессов).
5. Обеспечивать "предсказуемость" поведения системы, т.е. гарантию того, что каждая задача будет запущена и завершена в строгом соответствии с временными ограничениями.
6. Моделировать "окружающий мир", обеспечивать создание различных его состояний.
7. Обеспечивать наполнение базы знаний для приложений реальной степени сложности с минимальными затратами времени и труда (необходимо использование объектно-ориентированной технологии, общих правил, модульности и т.п.).
8. Обеспечивать настройку системы на решаемые задачи (проблемная/предметная ориентированность).

Одной из положительных черт является то, что четко логические модели являются достаточно простыми при обработке.

Примером использования нечетко логических моделей являются экспертные системы реального времени. Классы задач, которые они решают: мониторинг в реальном масштабе времени, системы управления верхнего уровня, системы обнаружения неисправностей, диагностика, составление расписаний, планирование, оптимизация, системы-советчики оператора, системы проектирования.

Нечеткие системы обладают следующими недостатками:

1. Отсутствие стандартной методики конструирования нечетких систем.
2. Одним из характерных признаков сложности построения нечеткой модели является неопределенность в представлении структуры или поведения системы-оригинала.
3. Невозможность математического анализа нечетких систем существующими методами.
4. Применение нечеткого подхода, по сравнению с вероятностным, не приводит к повышению точности вычислений.