

**Д.т.н. Кораблев Н.М., Соловьев Д.Н., Малюков Р.Р.
ГИБРИДНЫЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММУННОГО ПОДХОДА**

**Dr. Sci. Korablyov N.M., Solovyov D.N., Malyukov R.R.
HYBRID DECISION-MAKING MODELS USING
THE IMMUNE APPROACH**

Современные системы поддержки принятия решений (СППР) характеризуются обработкой больших объемов информации в условиях неопределенности и изменения как свойств окружающей среды, так и характеристик состояния системы. Это требует применения эффективных методов и моделей, использующих различные интеллектуальные технологии обработки информации: аппарат теории нечетких множеств, искусственные нейронные сети (ИНС), генетические алгоритмы, искусственные иммунные системы (ИИС) и др. Перспективным является разработка гибридных моделей принятия решений (МПР), использующих преимущества каждой из технологий искусственного интеллекта [1].

В работе предлагаются МПР на основе моделей нечеткого вывода (МНВ) и ИНС, обучение и адаптация которых осуществляются с использованием иммунного подхода. Это позволяет определять и корректировать как структуру, так и параметры МПР в зависимости от изменения окружающей среды и характеристик состояния системы.

МПР должна иметь аналитическую зависимость, согласно которой по известным значениям вектора входных признаков можно оценить значения выходного вектора состояний (классов) системы. Для описания такой зависимости при использовании нечеткой логики используется МНВ Такаги-Сугено первого порядка.

Для описания связи между входными и выходными переменными при нейросетевом подходе используется трехслойный персептрон, имеющий входной слой, содержащий число нейронов, равное числу входных признаков, один промежуточный слой и выходной слой, содержащий число нейронов, равное числу классов принимаемых решений. В промежуточном слое ИНС в качестве функций активации используются сигмоидальные функции, а нейроны выходного слоя имеют пороговую функцию активации.

Для обучения и адаптации МПР, представленных в виде МНВ и ИНС,

**Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні управляючі системи та технології»
23 - 25 вересня 2019, Одеса**

предлагается использование ИИС [2]. При использовании МНВ выполняется структурная и параметрическая адаптация – поиск оптимального набора параметров термов лингвистических переменных и коэффициентов нечетких правил, а также множества правил нечеткого вывода. Алгоритм формирования нечеткой базы знаний (число правил вывода) представляет собой итерационную процедуру последовательной идентификации наблюдений из обучающей выборки с помощью ИИС. Антигены представляют собой примеры обучающей выборки. Каждое антитело кодирует одно правило базы знаний. Параметрическая адаптация включает в себя процедуру оптимизации значений параметров ФП, целью которой является поиск такой модели, с таким набором параметров ФП, для которой качество принятия решений будет наилучшим.

Основной идеей обучения и адаптации ИНС с использованием ИИС является представление решаемой задачи в виде антигена, а возможные ее решения – в виде антител. Для решения задачи используется модель кодирования настраиваемых параметров в виде адаптивного структурированного мультиантитела, состоящего из двух частей, каждая из которых может обрабатываться независимо друг от друга. В первой части мультиантитела закодированы весовые коэффициенты и значения смещений промежуточного слоя ИНС, во второй части закодированы коэффициенты и смещения выходного слоя. В качестве вычислительной модели ИИС используются принципы клонального отбора и сетевого взаимодействия. В соответствии с принципом клонального отбора реализуется настройка параметров ИНС, применение теории иммунной сети позволяет оценить взаимодействие антител между собой и выполнить суппрессию, что дает возможность определять и корректировать как структуру (число нейронов сети), так и параметры МПР.

Проведены экспериментальные исследования на тестовых примерах, которые подтвердили эффективность предложенных МПР, использующих нечеткий, нейросетевой и иммунный подходы.

Литература

1. Снитюк В.Е. Эволюционные технологии принятия решений в условиях неопределенности [Текст] / В.Е. Снитюк. – К.: «МП Леся», 2015. – 347 с.
2. Dasgupta D. Recent Advanced in Artificial Immune Systems: Models and Applications [Текст] / D. Dasgupta, S. Yu, F. Nino // Applied Soft Computing. Elsevier, 2011. – P. 1574 – 1587.