

ЭЛЕМЕНТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ю.А. Малюк

Кафедра кибернетики и мехатроники
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье представлен метод синтеза и настройки параметров нечеткой системы управления посредством генетического программирования. Нечеткий регулятор включен в прямой контур управления нелинейным динамическим объектом.

Ключевые слова: генетический алгоритм, генетическое программирование, нечеткая система управления, нечеткий регулятор, нечеткие правила.

В настоящее время все более широкое применение находят методы построения интеллектуальных систем управления (СУ) с использованием элементов эволюционного моделирования. Разрабатываются генетические алгоритмы (ГА), эволюционные стратегии, методы генетического программирования (ГП) и другие алгоритмы, в основе которых лежат принципы моделирования процессов биологической эволюции. В отличие от ГА, где в популяции кодируются числовые характеристики, обеспечивающие задаче оптимальность, в ГП каждая особь несет в себе целую программу-алгоритм, с помощью которой далее можно получить решение задачи. В работе представлены методы ГП для синтеза и настройки параметров нечеткого регулятора (НР), включенного в прямой контур управления нелинейным динамическим объектом (рис. 1).

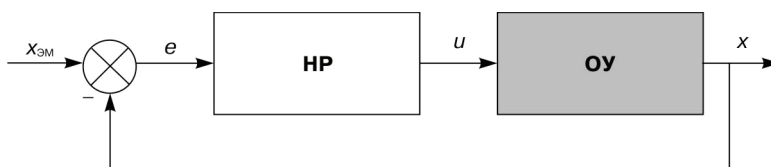


Рис. 1. Структурная схема системы нечеткого управления динамическим объектом на базе НР

Зачастую при построении НР основной проблемой является создание базы логических (нечетких) правил. База правил (БП) НР представляет собой набор нечетких продукций вида $\langle A_i^* \Rightarrow B_j^* \rangle$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$, которые могут быть формализованы в виде условных предложений на языке, близком к естественному и более понятному для человека: «ЕСЛИ... ТО...». Левая часть каждой продукции представляется как конъюнкция элементарных условий, а правая часть — как множество элементарных действий.

В большинстве подобных задач построением БП занимается опытный эксперт-технолог, который настраивает НР на оптимальный режим работы, исполь-

зую сравнительно небольшое количество нечетких правил. Весь процесс обработки информации и принятия решения рассматривается как интуитивный. Но значительное увеличение объемов данных, требующих обязательной обработки, делает практически невозможным участие человека в процессе выработки управления для достижения желаемых результатов.

Основные проблемы при этом заключаются в следующем:

- использование относительно небольшого числа правил — не более 100, а часто и не более 20;

- представление базы правил (БП) преимущественно в виде двумерной таблицы для удобства работы эксперта;

- субъективность оценки эксперта при изменении текущих условий.

Очевидно, что при поиске альтернативы решений в задачах управления сложными динамическими объектами формирование БП большого объема будет связано с огромными физическими и временными затратами. Использование метода автоматизированного синтеза и оптимизации структуры БП НР на основе ГА дискретной многокритериальной оптимизации с элементами ГП позволяет решить эту проблему.

ГП имеет ту же структурную схему, что и ГА, т.е. выполняются следующие операции: генерация начальной популяции; оценка пригодности точек-особей; создание популяции родителей; кроссовер и мутация (рис. 2).

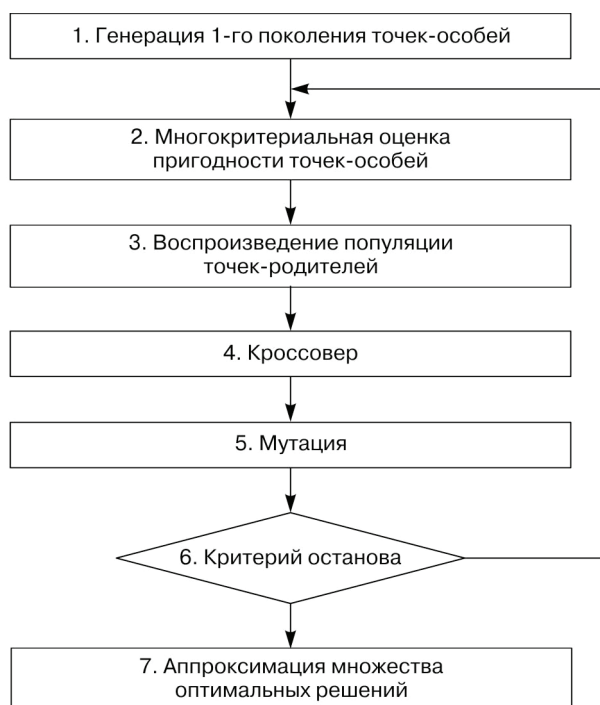


Рис. 2. Структурная схема ГА дискретной МО

Каждая особь ГП представляет собой кодированный набор всех лингвистических правил НР, т.е. каждая сформированная точка-особь есть программа, представленная в виде списка. Иными словами — это цепочка инструкций, выполняемых последовательно с первой по последнюю. Каждая функция записывается в отдельном элементе списка.

Точки-особи ГП в данной работе предлагается формировать в соответствии со следующими правилами:

— каждую точку-особь можно представить в виде строки $L = [l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_p]$, где длина строки L равна количеству нечетких правил в БП, т.е. P .

— каждый участок l_k строки L состоит из последовательности лингвистических переменных k -го нечеткого правила: $l_k = [a_1^*, \dots, a_i^*, \dots, a_n^*, b_1^*, \dots, b_m^*] = [h_1, \dots, h_v, \dots, h_p]$, где длина участка $l_k: p = (n + m)$;

— h_v выполняет роль метки, которая присваивается лингвистической переменной a_i^* или b_j^* в соответствии со значением данной переменной в каждом k -ом нечетком правиле.

При моделировании в качестве ОУ рассматривался сложный биотехнологический процесс (БТП) выращивания двухвозрастной популяции микроорганизмов в установке непрерывного культивирования. При работе со сложными нелинейными системами, какими являются биотехнологические процессы, возникает необходимость учета множества значений параметров этих систем. Основные причины, усложняющие автоматизацию, состоят в отсутствии достаточных знаний о протекающих процессах. Наличие неопределенности, которая не может быть выражена в вероятностных терминах, приводит к неэффективности применения традиционных количественных методов, в связи с чем и было использовано нечеткое управление с элементами генетического программирования. Наличие параметрической неопределенности предполагалось по одному из параметров биотехнологического процесса. База правил нечеткого регулятора, включенного в прямой контур управления, в данном случае насчитывала 625 нечетких правил, где правая часть содержала трехмерный вектор управляющих параметров. Таким образом, была решена задача с двумя критериями и 1875 параметрами нечеткого регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пупков К.А. Основные этапы развития теории и техники интеллектуальных систем // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2008. — № 4.
- [2] Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. Исследование и создание. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
- [3] Серов В.А. Генетический алгоритм многокритериальной оптимизации // Актуальные проблемы теории и практики инженерных исследований. — М.: Машиностроение, 2002.

GENETIC PROGRAMMING ELEMENTS IN FUZZY LOGIC PROBLEMS

J.A. Malyuk

Cybernetics and Mechatronics Department
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maaklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The method of fuzzy control system parameters synthesis and adjustment is given. The method uses genetic programming elements. Fuzzy regulator is included in direct control circuit of nonlinear dynamic object.

Key words: genetic algorithm, genetic programming, fuzzy logic control systems, fuzzy regulator, fuzzy rules.