

Литература

1. Pashkevich, A., O. Sosnovski, M. Pashkevich and E. Antonov. A combinatorial optimisation approach to computer-aided design of industrial robotic cells. In: *Proc. of the 4-th Int. Conf. on Application of Computer Systems*, Szczecin, Poland, pp 112-119, 1997.

2. Levine, D. *A Parallel Genetic Algorithm for the Set Partitioning Problem*. Technical Report No. ANL-94/23, Argonne National Laboratory, 1994.

УДК 62-50

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Громов Д.В.

*Белорусский Государственный Университет
Информатики и Радиоэлектроники*

В настоящее время получила широкое распространение задача синтеза систем управления с переменной структурой, работающих в скользящем режиме. К основным достоинствам предложенных систем можно отнести возможность достижения робастности по отношению к возмущающим воздействиям, а так же к параметрическим возмущениям. В предложенной работе решается задача синтеза квазиоптимального разрывного закона управления для нелинейного объекта второго порядка с *a priori* заданным критерием качества.

Пусть объект управления описывается системой уравнений

$$\begin{cases} dx_1/dt = f_1(\mathbf{X}, t) \\ dx_2/dt = f_2(\mathbf{X}, t) + bu(t), \end{cases}$$

где $\mathbf{X}=[x_1, x_2]$ - вектор фазовых координат. Выберем структуру закона управления по аналогии со структурой ПИД - регулятора [4]

$$u = -\psi - \psi_{II}e - \psi_{III} \int edt - \psi_{IV} \frac{de}{dt},$$

где $e = \mathbf{X} - \mathbf{X}^*$ - отрицательная ошибка слежения; \mathbf{X}^* - программная траектория; $\psi, \psi_{II}, \psi_{III}, \psi_{IV}$ - параметры закона управления, принимающие два фиксированных значения

$$\psi = \begin{cases} \alpha_1, S < 0 \\ \alpha_2, S > 0 \end{cases} \psi_{II} = \begin{cases} \beta_1, eS < 0 \\ \beta_2, eS > 0 \end{cases}$$

$$\psi_{III} = \begin{cases} \gamma_1, S < 0 \\ \gamma_2, S > 0 \end{cases} \psi_{IV} = \begin{cases} \delta_1, de/dt \cdot S < 0 \\ \delta_2, de/dt \cdot S > 0. \end{cases}$$

Гиперповерхность скольжения S выбирается как функция ошибки и ее производной

$$S = h \cdot e(t) + \frac{de(t)}{dt}.$$

Задача синтеза состоит в определении вектора параметров

$$\mathbf{P} = [h, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_1, \delta_2] \in \mathbf{D} \subset \mathbf{R}^n$$

из условия минимизации некоторого критерия качества. Для случая линейной системы задача параметрического синтеза рассматривалась в работе [2]. Однако для системы с нелинейностями в структуре эта задача практически не решается аналитическими методами, особенно в случае наличия явных и неявных ограничений на сигнал управления и фазовые координаты. Использование численных методов для решения подобных задач в ряде случаев требует больших временных затрат для получения хорошего результата, особенно в том случае, когда задачу можно определить как непо-

3. Искусственный интеллект и нейронные сети

линомиальную. В связи с этим предлагается использовать генетические алгоритмы (ГА) [1, 3].

Основанные на имитации эволюционного процесса, генетические алгоритмы начали активно использоваться в последние десять лет как мощный эвристический инструмент для решения сложных и нестандартных проблем оптимизации. При этом они являются более простыми и гибкими, нежели классические методы. Использование генетических алгоритмов особенно эффективно в задачах поиска в плохо обусловленных и нерегулярных пространствах. Согласно схемной теореме [3, 5], ГА есть недетерминистический полиномиальный алгоритм, т.е. время поиска существенно уменьшается по сравнению с экспоненциальным алгоритмом перебора для случая NP - полных задач.

Первым шагом является представление исходных данных в виде хромосом, т.е. в виде бинарных последовательностей определенной длины. В последнее время используются системы счисления с основанием 8 или 10, что в ряде случаев является более естественным. После кодирования каждое значение будет представляться последовательностью $a_0 a_1 \dots a_k$, где $a_i \in [0, b-1]$; b - основание системы счисления. Связь между реальным значением параметра C и его записью в виде кодовой строки определяется выражением

$$C = C_{\min} + (a_{n-1}b^{n-1} + \dots + a_0b^0) \frac{(C_{\max} - C_{\min})}{b^n - 1} + \Delta, ,$$

где $C \in [C_{\min}, C_{\max}]$ - допустимые пределы изменения параметра; ΔC - погрешность квантования. Выбор длины кодовой строки n является компромиссом между точностью и временем вычисления.

Далее генерируется множество начальных значений, рассматриваемых в качестве субъектов популяции. Выбор начальных значений для поиска в общем случае зависит от разработчика, хотя обычно рекомендуется ис-

пользовать случайную или частично случайную выборку для уменьшения вероятности "зависания" на локальном экстремуме.

В процессе эволюции популяция постоянно модернизируется согласно принципу выживания, причем степень пригодности каждого субъекта определяется по функции пригодности (ФП). Обычно ФП выбирается как обратное значение функционала качества:

$$f(P_i) = \frac{1}{\int_0^T \left(e^2 + \left(\frac{de}{dt} \right)^2 \right) dt + e(T)}$$

где P_i - i -тый член поколения P ; T - терминальное время. При этом появляется возможность задавать $f(P_i)$ равным нулю в том случае, например, когда не выполняются некоторые ограничения на фазовые координаты. Таким образом неудовлетворительные результаты удаляются из области поиска. Отметим, что поиск при наличии ограничений с использованием генетических алгоритмов сильно облегчается по сравнению с минимизацией функции стоимости в классических методах оптимизации.

Ядром предложенного метода является использование трех операторов: селекция (отбор), кроссовер (смешение) и мутация. Существуют различные методы селекции, такие как круговая рулетка, турнир, элитная стратегия. Сущность отбора заключается в увеличении вероятности производства потомства с высоким индексом пригодности. Операция кроссовер заключается в обмене информацией между двумя различными особями (т.е. между двумя промежуточными результатами поиска). Мутация, в свою очередь, изменяет значение гена, тем самым осуществляя самокорректирование исходного значения. Каждой операции ставится в соответствие значение, характеризующее вероятность его применения. Обычно для кроссовера это значение принимается равным 40-60%, а для мутации - 0.2-2%.

Отметим, что предложенный метод является весьма перспективным в случае аналитически неразрешимых задач, позволяя разработчику вводить

новые элементы в структуру алгоритма, опираясь на некоторые, возможно интуитивные соображения о пути решения данной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. Мн.: ТетраСистемс, 1997.
2. Уткин В.И., Янг К.Д. Методы построения плоскостей разрыва в многомерных системах с переменной структурой. Автоматика и телемеханика, 1978, 10.
3. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence. Cambridge, MA: The MIT Press, 1992.
4. Nandam P.K., Sen P.C. Control laws for sliding mode speed control of variable speed drives, Int. J. of Control, 56, (5), 1992, 1167-1186.
5. Srinivas M., Patnaik L.M. Genetic algorithms: A survey, IEEE Computer, 1994, 27.

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ РЯДОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Н.В.Водополова

Гомельский политехнический институт им.П.О.Сухого

Предлагаемая система показателей анализа динамики развития явления позволяет выявлять его тенденцию (рост, снижение, неустойчивость) и характер (интенсивность изменения значений, случайность). Система показателей может быть полезна в практике как экономического, так и статистического анализа, а также при создании систем поддержки принятия решений, экспертных систем, систем автоматизации аналитических решений.