

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА «KRILL HERD» ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА СИНГЛТОН

И. В. Филимоненко

Научный руководитель И. А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: ifilimon96@mail.ru

Введение

При построение нечетких моделей одним из главных шагов является идентификация параметров, которая осуществляется за счет алгоритмов оптимизации, которые разделяются на две группы. Первая группа – классические методы оптимизации, основанные на производных: метод наименьших квадратов, градиентный метод, фильтр Калмана. Эти методы дают точные результаты, но они чувствительны к выбору начальной точки оптимизации и имеют тенденцию сходиться к локальным оптимумам. Трудности применения классических методов оптимизации заставляют обратиться ко второй группе методов – метаэвристических. Метаэвристика – это метод оптимизации, многократно использующий простые правила или эвристики для достижения оптимального или субоптимального решения. Достоинство метаэвристических методов заключается в большей устойчивости к попаданию в локальные экстремумы. Метаэвристики, такие как эволюционные вычисления или методы роевого интеллекта, давно и успешно применяются при оптимизации параметров нечетких систем [1].

Нахождение лучшего набора параметров для оптимизации нечеткой системы очень долгий и трудоемкий процесс, который подразумевает полный перебор допустимых значений каждого из параметров рассматриваемого алгоритма оптимизации конкретного набора данных.

Целью данной работы является определение оптимальных значений параметров алгоритма оптимизации «Krill Herd» при решении задачи идентификации параметров нечетких систем типа синглтон, для наборов данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>): таких как ele1, dee, plastic, quake.

Алгоритм оптимизации Krill Herd

Данный алгоритм основывается на поведении групп крилей (рачков), которые занимаются поиском пищи и хищничеством. Его основой являются две цели: поиск области наибольшего скопления крилей и хищничество.

Положением с временной зависимостью отдельного криля в 2D поверхности управляют три движения:

1. Движение, вызванное другими крилями.
2. Движение, вызванное необходимостью добычи пищи.
3. Движение, вызванное физическим распространением крилей.

Изменяемыми параметрами в данном алгоритме являются следующие переменные:

$$\mathbf{N}_i^{\text{new}} = N^{\text{max}} \alpha_i + \omega_n \mathbf{N}_i^{\text{old}}, \quad (1)$$

где ω_n – вес инерции \mathbf{N}_i движения, вызванного в диапазоне от 0 до 1.

$$\hat{\mathbf{X}}_{i,j} = \frac{\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i}{\|\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i\| + \varepsilon}, \quad (2)$$

где ε – положительное число в диапазоне от 0,01 до 0,001.

$$C^{best} = 2 \left(rand + \frac{I}{I_{max}} \right), \quad (3)$$

где I_{max} – максимальное количество итераций.

$$\mathbf{F}_i = V_f \boldsymbol{\beta}_i + \omega_f \mathbf{F}_i^{old}, \quad (4)$$

где ω_f – вес инерции F_i движения, вызванного в диапазоне от 0 до 1.

$$D_i = D^{max} \left(\frac{I}{I_{max}} \right) \delta \quad (5)$$

где D^{max} – максимальная скорость распространения, принимающая значения в диапазоне от 0,002 до 0,010 ms^{-1} .

$$d_{s,i} = \frac{1}{5N} \sum_{j=1}^N \|\mathbf{X}_i - \mathbf{X}_j\|, \quad (6)$$

где $d_{s,i}$ – расстояние ощущения i -го криля; N – общее число крилей; \mathbf{X}_j – значения параметров j -го соседа; \mathbf{X}_i – значения параметров i -го криля.

$$\Delta t = C_t \sum_{j=1}^{NV} (UB_j - LB_j), \quad (7)$$

где C_t – постоянное число в диапазоне от 0 до 2 [2].

Эксперимент

В таблице 1 представлены изменяемые значения рассматриваемого алгоритма оптимизации, его стандартные и полученные в ходе экспериментов значения.

Таблица 1 – Значения параметров алгоритма

| Название параметра | Переменная | Значение | |
|--|---------------|--------------------------|--------------|
| Количество итераций | I | Стандартное | 300 |
| | | Экспериментальное | 50 |
| Вес инерции вызванного движения | ω_n | Стандартное | 0,01 |
| | | Экспериментальное | 0,02 |
| Вес инерции движения, добывающего продовольствие | ω_f | Стандартное | 0,01 |
| | | Экспериментальное | 0,02 |
| Вызванная скорость | N^{max} | Стандартное | 0,01 |
| | | Экспериментальное | 0,01 |
| Скорость, добывания продовольствия | V_f | Стандартное | 0,02 |
| | | Экспериментальное | 0,02 |
| Скорость физического распространения | D^{max} | Стандартное | 0,006 |
| | | Экспериментальное | 0,006 |
| Количество особей крилей | N | Стандартное | 30 |
| | | Экспериментальное | 30 |
| Коэффициент | C_t | Стандартное | 0,1 |
| | | Экспериментальное | 0,25 |
| Положительное число | ε | Стандартное | 0,01 |
| | | Экспериментальное | 0,01 |

При поиске оптимальных значений, для построения нечетких систем типа сингтон, на рассмотрение были взяты, следующие параметры: $\omega_n, \omega_f, D^{max}, C_t, \varepsilon$. Количество итераций фиксировано и равно 50, такой выбор оправдывается существенным сокращением времени проведения экспериментов, значения N^{max}, V_f, N являются постоянными. Одним из основных моментов является значение коэффициента перед переменной N в формуле (6), который равен 5, при данном значении на подавляющем количестве наборов данных из репозитория KEEL, алгоритм является не рабочим. Опытным путем значение данного коэффициента было взято равным 1,5.

Подбор оптимальных значений параметров осуществлялся на наборах данных из репозитория KEEL (<http://www.keel.es>): ele1, dee, plastic, quake по схеме кросс-валидации. Обучающие и тестовые файлы сформированы в репозитории KEEL.

При подборе значений параметров D^{max} , ε был сделан вывод, что данные значения параметров являются оптимальными и в изменении не нуждаются. Что касается значений параметров ω_n , ω_f , C_t для них были получены новые значения, представленные в таблице 1, которые при аппроксимации дают наилучший результат. Так же удалось сократить время вычислений в 6 раз за счет сокращения количества итераций с 300 до 50.

В таблице 2 представлены значения, которые должны быть до множены на: 10^{+5} , 10^{-4} для наборов данных *ele1* и *quake* соответственно. Значение ошибки вычислялось по следующие формуле:

$$MSE(\theta) = \frac{\sum_{p=1}^m (t_p - f(x_p; \theta))^2}{2 * m}. \quad (8)$$

Таблица 2 –Результаты работы алгоритмов

| Набор данных | | | Krill Herd (стандартные значения) | | | Krill Herd (экспериментальные значения) | | |
|----------------|-----------|-------|-----------------------------------|--------|--------------|---|--------|---------------|
| Название | Variables | Cases | R | MSE | | R | MSE | |
| | | | | Trn. | Tst. | | Trn. | Tst. |
| ele1 | 2 | 495 | 49 | 1,742 | 2,234 | 63 | 1,865 | 2,190 |
| plastic | 2 | 1650 | 36 | 1,421 | 1,462 | 48 | 1,402 | 1,454 |
| quake | 3 | 2178 | 125 | 0,0184 | 0,0190 | 125 | 0,0183 | 0,0187 |
| dee | 6 | 365 | 64 | 0,081 | 0,087 | 64 | 0,089 | 0,093 |

Заключение

В работе было проведено большое количество экспериментов с различными значениями рассматриваемых параметров, в результате чего были найдены значения параметров, отличающиеся от стандартных и дающие возможность получить результаты аппроксимации лучше, чем со стандартными значениями. Исходя из данных таблицы 2 сделан вывод о том, что при увеличении количества входных параметров значение ошибки возрастает и требуется увеличение количества итераций.

Литература

1. Ходашинский И. А., Субханкулова С. Р. Идентификация параметров нечетких систем на основе алгоритма «Минный взрыв» // Информатика и системы управления – 2015 – № 2(44).
2. Gacto M.J., Galende M., Alcalá R., Herrera F. METSK-HD^e: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems // Information Sciences. – 2014. – V. 276. – P. 63-79.
3. Lilly J. H. Fuzzy Control and Identification. – New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.