

УДОСКОНАЛЕНИЙ ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІНТЕРВАЛЬНОГО РІЗНИЦЕВОГО ОПЕРАТОРА

Дивак М.П.¹⁾, Сирник А.О.²⁾, Войтюк І.Ф.³⁾
Тернопільський національний економічний університет
^{1) д.т.н., професор; 2) магістр; 3) к.т.н.}

I. Постановка проблеми

Багато задач фізики, техніки й економіки приводять до диференціальних рівнянь в часткових похідних. Точні розв'язки задач для таких рівнянь вдається отримати лише в деяких випадках, тому їх розв'язують наближено [2]. Одним із методів наближеного розв'язування є використання різницевого рівнянь [3]. Диференціальний оператор задачі замінюють різницевою оператором відносно шуканої величини, що розподілена в просторі та часі, і отримують систему лінійних алгебричних рівнянь, яка має високий порядок і часто є погано обумовленою [2]. Замість прямих або ітераційних методів розв'язування такої системи застосовують генетичний алгоритм, який завдяки кодуванню параметрів, операції на популяціях, використанню мінімуму інформації про задачу та рандомізації операцій забезпечує перевагу над іншими технологіями [4]. Особливо це відчутно коли просторово або часово розподілені значення величин задають інтервалами. У цьому випадку доцільно шукати різницевий оператор за допомогою генетичного алгоритму. При цьому, як витікає з [1], на кожній ітерації генетичного алгоритму для згенерованого набору моделей необхідно розв'язати інтервальну систему нелінійних рівнянь. У такому разі суттєво підвищується обчислювана складність алгоритму реалізації методу. Для її зниження доцільним є використання рандомізованих методів, що є додатковим аргументом для використання генетичного алгоритму. Такий алгоритм розглянуто у праці [1]. Проте він має деякі суттєві недоліки пов'язані із заданням параметрів цього алгоритму, тому актуальним є дослідження вказаного алгоритму, встановлення деяких його закономірностей при виборі параметрів і на цій основі розробка удосконаленого генетичного алгоритму, що є метою даної роботи.

II. Постановка задачі

Будується лінійний різницевий оператор у такому загальному вигляді [1]:

$$v_{j+1,k+1} = \bar{g}^T \cdot \bar{f}(v_{0,0}, \dots, v_{0,k}, \dots, v_{j,0}, \dots, v_{j,k}, u_{0,0}, \dots, u_{j,k}), \quad k=0, \dots, N-1, j=0, \dots, J-1, \quad (1)$$

де $\bar{f}(v_{0,0}, \dots, v_{0,k}, \dots, v_{j,0}, \dots, v_{j,k}, u_{0,0}, \dots, u_{j,k})$ – деякий фіксований вектор (розмірністю $m \times 1$) базисних функцій, що задає структуру різницевого оператора; $v_{j+1,k+1}$ – прогнозована характеристика в $j+1$ точці простору в $k+1$ момент часу; $\bar{u}_k = (u_{0,0}, \dots, u_{j,k})^T$ – відомий вектор (розмірністю $p \times 1$) вхідних змінних в k -й дискретний момент часу; \bar{g} – невідомий вектор (розмірністю $m \times 1$) параметрів різницевого оператора.

Для оцінювання вектора параметрів \bar{g} різницевого оператора використовуємо результати спостережень в k момент часу в j точці простору, які представляємо моделлю адитивної похибки:

$$\tilde{v}_{j,k} = c_{j,k} \cdot v_{j,k} + e_{j,k}, \quad (2)$$

де $\tilde{v}_{j,k}$ – значення характеристики, що спостерігається в j точці простору в k момент; $c_{j,k}$ – відомий коефіцієнт, який визначає особливості вимірювального пристрою; $e_{j,k}$ – випадкові, обмежені за амплітудою похибки.

Тоді прогнозований інтервал в загальному випадку обчислюємо за формулою:

$$\hat{v}_{j+1,k+1} = \hat{g}^T \times \hat{f}([\hat{v}_{0,0}], \dots, [\hat{v}_{0,k}], \dots, [\hat{v}_{j,0}], \dots, [\hat{v}_{j,k}], u_{0,0}, \dots, u_{j,k}), \quad (3)$$

а різницевий оператор шукаємо із результату інтервальної системи емпіричних алгебричних рівнянь:

$$v_{j+1,k+1}^- \leq \hat{g}^T \cdot \hat{f}([\hat{v}_{0,0}], \dots, [\hat{v}_{0,k}], \dots, [\hat{v}_{j,0}], \dots, [\hat{v}_{j,k}], u_{0,0}, \dots, u_{j,k}) \leq v_{j+1,k+1}^+ \quad (4)$$

Так як структура λ_s інтервального різницевого оператора невідома, то за допомогою генетичного алгоритму підбираємо її такою, щоб оптимізувати показник оцінки якості структури $\delta(\lambda_s)$ [1]. Тут показник для оптимальної структури повинен дорівнювати нулю. Тоді виконується умова включення прогнозованих інтервалів в експериментальні.

III. Обчислювальна схема реалізації генетичного алгоритму та її удосконалення

Популяцією для генетичного алгоритму є сукупність структур λ_s різницевого оператора, а хромосому особини будуємо як код $k(\lambda_s) = \langle N_{1s}, N_{2s}, \dots, N_{Ls} \rangle$, де N_{ls} – номер структурного елемента λ_s структури у згенерованій впорядкованій послідовності $l = 1, \dots, L$.

Із врахуванням наведеної схеми кодування, будуємо алгоритм реалізації методів структурної ідентифікації.

Крок 1. Генерування набору структурних елементів, які гарантовано включають усі структурні елементи шуканої структури різницевого оператора та їх кодування за допомогою впорядкованої послідовності десяткових чисел.

Крок 2. Випадково генеруємо коди $k_{10}(\lambda_s)$ хромосом, що задають відповідні структури λ_s .

Параметрами генетичного алгоритму на даному кроці є потужність S множини згенерованих кодів $k_{10}(\lambda_s)$ хромосом; кількість m згенерованих структурних елементів-генів у поточному коді $k_{10}(\lambda_s)$ хромосоми.

Параметр кількості генів m на даному кроці є випадковим числом з деякого інтервалу.

Крок 3. Оцінюємо якість згенерованих структур з кодами $k_{10}(\lambda_s)$ та вибираємо популяції „кращих“ особин за функцією пристосованості у вигляді показника якості структури $\delta(\lambda_s)$.

Якщо на цьому кроці існує хоча б одна структура різницевого оператора, задана хромосомою у вигляді коду $k_{10}(\lambda_s)$, для якої $\delta(\lambda_s) = 0$, то завершується процедура структурної ідентифікації. У випадку, коли $\delta(\lambda_s) = 0$ для декількох структур, то вибір єдиної з них здійснюється послідовним зважуванням вказаних структур на основі додаткових критеріїв селекції. В іншому випадку формується популяція найкращих особин (з найменшими $\delta(\lambda_s)$) у кількості, що задана величиною свободи вибору S .

Крок 4. Схрещування відібраних особин у популяції здійснюємо випадковим чином. Після виконання даного кроку здійснюємо перехід на крок 3.

Описаний вище алгоритм відзначається недоліками, а саме необхідністю задання параметрів S , M та кількості L структурних елементів. У роботі запропоновано для фіксованого L на кожній ітерації у випадку, коли від'ємний приріст показника структури мало змінюється, проводити збільшення кількості елементів M у генерованій структурі та потужність S згенерованих структурних елементів. Такий підхід забезпечуватиме практично завжди існування розв'язку задачі структурної ідентифікації. У роботі розроблено програмний засіб для удосконаленого генетичного алгоритму, відтестовано програмний код і показано підвищену ефективність удосконаленого алгоритму.

Висновок

У праці розглянуто генетичний алгоритм для розв'язку задачі структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора, проведений аналіз відомого алгоритму уможливив визначити його основні недоліки, які полягають у необхідності емпіричного задання параметрів налаштування генетичного алгоритму. Запропоновано критерій оцінки ітераційного переключення параметрів генетичного алгоритму, і на цій основі удосконалено генетичний алгоритм.

Список використаних джерел

1. Войтюк І. Ф., Дивак М. П., Неміш В. М. Метод та генетичний алгоритм структурної ідентифікації інтервальних різницевих операторів в задачах екологічного моніторингу.
2. Самарский А. А. Введение в численные методы. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 272 с.
3. Романко В. К. Разностные уравнения: Учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 112 с.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.