

## АЛГОРИТМ ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ АПРОКСИМУЮЧИХ ЧИСЛО-ІМПУЛЬСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

*Представлено алгоритм пошуку параметрів наближення для методики параметричного синтезу апроксимуючих число-імпульсних функціональних перетворювачів з використанням імітаційних моделей.*

*The approximation parameters search algorithm for parametrical synthesis method of approximating pulse-numerical functional convertors with the use of simulation model has been presented in this paper.*

### 1. ВСТУП

Методика параметричного синтезу апроксимуючих число-імпульсних функціональних перетворювачів (ЧІФП), наведена в роботі [1], на відміну від існуючих методик, придатна для параметричного синтезу ЧІФП, побудова аналітичних моделей яких ускладнена або неможлива.

Вказана методика базується на використанні імітаційних моделей ЧІФП а задача визначення межі поточної ділянки і параметрів наближення поставлена як нелінійна дискретна цілочисельна задача оптимального проектування з обмеженнями.

Ефективність вирішення такої задачі, а отже ефективність методики параметричного синтезу апроксимуючих ЧІФП, зокрема, її швидкості, значною мірою визначається обраними оптимізаційними алгоритмами та ступенем їх адаптації до поставленої задачі.

### 2. АЛГОРИТМ ПОШУКУ ПАРАМЕТРІВ НАБЛИЖЕННЯ

Як показано в [1], оптимальним при наближенні функції однієї змінної  $f(X)$  ступінчастою функцією  $\varphi^*(X^*, A^*)$ , де  $X^*, A^*$  - дискретизовані цілочисельні значення аргументу та вектору внутрішніх параметрів (параметрів наближення), буде такий набір внутрішніх параметрів, який забезпечить максимально можливу довжину ділянки апроксимації, тобто мінімальне значення функції  $F(\vec{A}^*) = \chi - \chi^e(\vec{A}^*)$ , де

---

<sup>1</sup> Національний університет „Львівська політехніка”

$\chi$  - верхня межа області припустимих значень  $X$ ,  $\chi^e$  - довжина ділянки апроксимації.

Враховуючи рекомендації, наведені в роботі [2], та результати проведених авторами досліджень в основу алгоритму, розробленого для визначення мінімуму негладкої функції  $F(A^*)$  і наведеного у вигляді блок-схеми на рис.1, покладено методи прямого пошуку, зокрема, метод безумовної оптимізації Нелдера-Міда, відомий також як метод многогранника, і його модифікація – комплексний метод (метод комплексів), який дозволяє врахувати явні та неявні обмеження.

Робота алгоритму починається з формування у блоці 1 комплексу – дискретної множини точок  $\{A_k^*\} \subset \Omega^*$ ,  $k \in [1, M]$ ,  $M = 2 \cdot m$ , які задовольняють обмеження та упорядковані за умовою

$$F(A_M^*) \geq F(A_{M-1}^*) \geq \dots \geq F(A_2^*) \geq F(A_1^*), \quad (1)$$

де  $\Omega^*$  - замкнена обмежена площина, що визначає область припустимих значень вектора внутрішніх параметрів,  $m$  - кількість внутрішніх параметрів. Процес формування комплексу такого вигляду докладно розглянуто в [2]. Для обчислення значення функції  $F$ , на цьому і на подальших кроках використовується імітаційна модель ЧФП.

Власне пошук здійснюється за допомогою ітераційної процедури переміщення комплексу у напрямі мінімуму в межах області обмежень, реалізованої у блоках 2-10.

У блоці 2 визначається центр ваги  $A_y^*$  «найкращих»  $(M - 1)$  точок (тобто точок з найменшим значенням функції)

$$A_y^* = \frac{1}{M-1} \cdot \sum_{k=1}^{M-1} A_k^* \quad (2)$$

У блоці 3 виконується операція дзеркального відбиття «найгіршої» (з найбільшим значенням функції) точки  $A_M^*$  відносно точки  $A_y^*$ . Відбита точка, яку позначимо  $A_e^*$ , отримується із співвідношення

$$A_e^* = A_y^* + \gamma_e \cdot (A_y^* - A_M^*), \quad (3)$$

де  $\gamma_e$  ( $\gamma_e > 1$ ) - коефіцієнт відбиття.

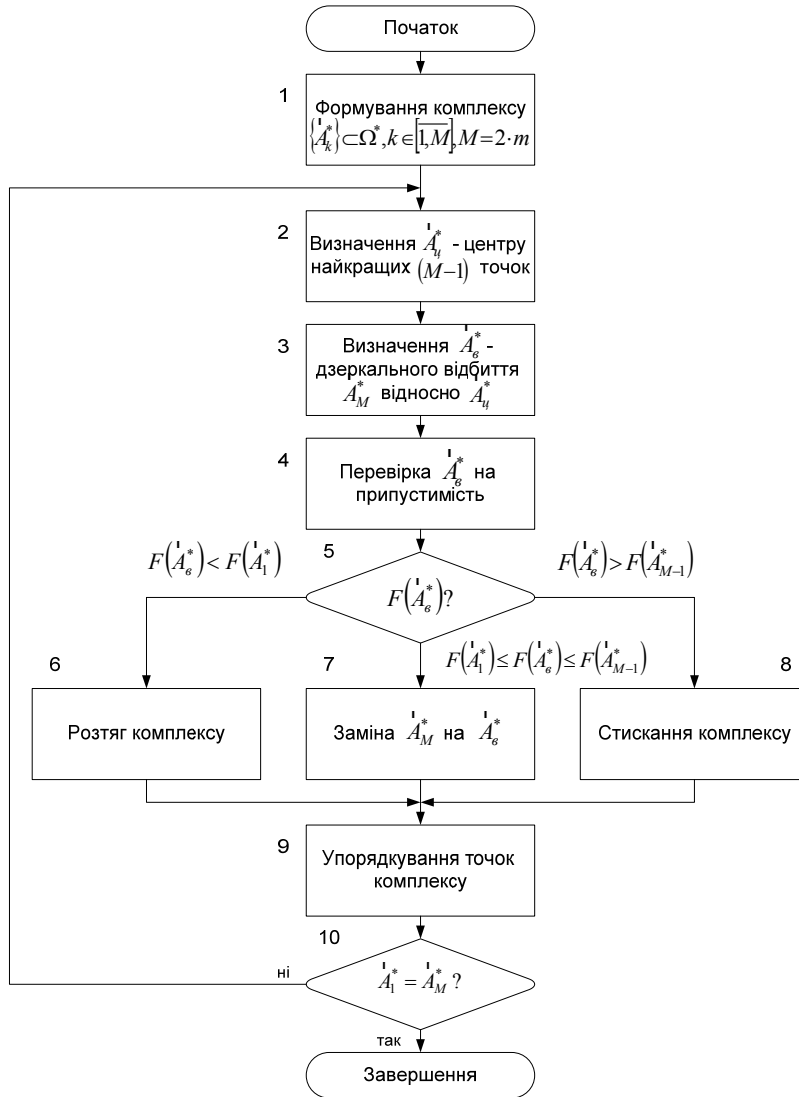


Рис. 1. Блок-схема алгоритму пошуку мінімуму функції  $F(\vec{A}^*)$

У блоці 4 визначається, чи є точка  $\vec{A}_6^*$  припустимою, тобто чи задовольняє вона обмеження, накладені на параметри наближення. У випадку порушень явних обмежень вигляду

$$\alpha_j^n \leq \alpha_{ej}^* \leq \alpha_j^e, \quad j \in \overline{[1, M]} \quad (4)$$

приймається

$$a_{ej}^* = \begin{cases} \alpha_j^n, a_{ej}^* < a_j^n; \\ \alpha_j^e, a_{ej}^* < a_j^e. \end{cases} \quad (5)$$

При порушенні неявних обмежень точка  $A_e^*$  пересувається до точки  $A_u^*$  на половину відстані між ними. Процес пересування повторюється доки не буде отримана припустима точка і, при не угнутості функцій неявних обмежень, є збіжним [2].

У блоці 5 аналізується значення функції  $F(\bar{A}^*)$  в точці  $\bar{A}_e^*$ . Якщо  $F(\bar{A}_1^*) \leq F(\bar{A}_e^*) \leq F(\bar{A}_{M-1}^*)$  (тобто  $A_e^*$  є не найгіршою і не найкращою точкою у новому комплексі), то у блоці 7  $A_M^*$  замінюється на  $A_e^*$ .

При  $F(\bar{A}_e^*) < F(\bar{A}_1^*)$  напрям відбиття вважається вдалим і у блоці 6 робиться спроба розтягнути комплекс у цьому напрямі. Для цього шукається просунута точка

$$A_n^* = A_u^* + \gamma_p \cdot (A_e^* - A_u^*), \quad (6)$$

де  $\gamma_p$  ( $\gamma_p > 1$ ) - коефіцієнт розтягу.

Якщо для знайденої точки  $F(\bar{A}_n^*) < F(\bar{A}_e^*)$ , то  $\bar{A}_e^*$  замінюється на  $A_n^*$ . Розтяг завершується заміною  $A_M^*$  на  $A_e^*$ .

При  $F(\bar{A}_e^*) > F(\bar{A}_{M-1}^*)$  у блоці 8 відбувається стискання комплексу у напрямі найкращої точки  $A_1^*$  шляхом введення точки

$$A_c^* = \begin{cases} A_1^* + \gamma_c \cdot (A_M^* - A_1^*), F(A_c^*) \geq F(A_M^*), \\ A_1^* + \gamma_c \cdot (A_e^* - A_1^*), F(A_c^*) < F(A_M^*), \end{cases} \quad (7)$$

де  $\gamma_c$  ( $0 < \gamma_c < 1$ ) - коефіцієнт стискання.

Процес стискання циклічно повторюється доки не виконається умова

$$F(A_c^*) < \min \{F(A_e^*), F(A_M^*)\}, \quad (8)$$

Після чого  $A_M^*$  замінюється на  $A_c^*$ . Оновлений комплекс упорядковується у блоці 9 за умовою (1).

Враховуючи дискретний характер параметрів наближення критерієм завершення пошуку обрано стягування комплексу у точку. Відповідна перевірка здійснюється у блоці 10.

### 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ВИСНОВКИ

На основі наведеного алгоритму розроблено пакет прикладних програм (ППП) для параметричного синтезу кусково-апроксимуючих ЧФП. З метою подальшого підвищення швидкодії ППП реалізовано алгоритмічною мовою асемблера з представленням даних у цілочисельній формі. Для прискорення збіжності у випадку просування комплексу вздовж меж обмежень застосовано повторний запуск алгоритму з включенням у склад комплексу при кожному його формуванні найкращої точки, знайденої при попередньому запуску.

Проведені авторами дослідження показали, що розроблений ППП в порівнянні з існуючими [3] дозволяє на порядок скоротити час параметричного синтезу.

1. Отенко В., Стрілецький З. Параметричний синтез апроксимуючих число-імпульсних функціональних перетворювачів // Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць. – Львів: УАД, 2007. - №17. – С. 72-75. 2. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел Л. Оптимизация в технике: В 2-х кн.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. - Кн.1 - 349 с. 3. Стрілецький З. Алгоритм параметричного синтезу число-імпульсних функціональних перетворювачів // Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. праць. – Львів: УАД, - 2006. - №16. - С. 202-210.