

# Нейромережева система управління складним динамічним об'єктом на основі оберненої моделі

П.І. Кравець<sup>1</sup>, В.М. Шимкович<sup>1</sup>, В.О. Романенко<sup>1</sup>, А.Б. Ткач<sup>1</sup>

*Abstract* – In the paper an adaptive control system of a complex multidimensional dynamic object, based on the reversed neuronal model and evolutionary algorithms of its training with the hardware-in-the-loop implementation of its elements and real-time paralleling of the functioning and training procedures is synthesized and researched.

*Ключові слова* – Нейромережа, Нейроуправління, Генетичний алгоритм, Інверсна модель, ПЛІС.

## I. ВСТУП

В даний час проблема проектування адаптивних систем автоматичного управління динамічними об'єктами характеризується переходом від класичних парадигм до парадигм інтелектуального управління, зокрема використання нейромережевих структур. Застосування нейромережевих структур для реалізації адаптивних систем управління складними динамічними об'єктами має ряд переваг, зокрема: нейронні мережі є ідеальним засобом моделювання будь-яких нелінійних об'єктів управління; внутрішня адаптивність завдяки можливості самонавчання; високу швидкодію та паралельну обробку інформації, що є природним при побудові багатомірних систем керування. Є два принципово відмінних підходи до побудови адаптивних нейромережевих систем управління, а саме: пряме використання нейромережевої структури в якості регулятора (інверсна модель) та непряме, де нейромережа використовується в якості моделі об'єкта (пряма модель) як засіб адаптації [1]. Другий підхід можна вважати класичним і він є більш трудомістким та потребує більше часу на процедури адаптації по відношенню до першого. Перший підхід є більш перспективним по швидкодії, але потребує для цього відповідних програмних та технічних засобів.

## II. ІНСТРУКЦІЇ ДЛЯ АВТОРІВ

Метою роботи є синтез та дослідження адаптивної системи управління складним динамічним об'єктом на основі інверсної нейромережевої моделі з еволюційними алгоритмами налагодження і розпаралелення процедур функціонування та налагодження в реальному часі при апаратно-програмній реалізації елементів системи управління на програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС).

Для реалізації нейромережевого регулятора обрано структуру з одним прихованим шаром,  $m$ -входів,  $n$ -виходів та  $k$ -кількістю нейронів у шарах. В якості функції активації у прихованому шарі обрана сигмоїдна функція, а у вихідному – лінійна функція активації.

В якості генетичного алгоритму використано паралельний однопопуляційний генетичний метод [2]. В даному методі головний процес виконує основні генетичні операції, а допоміжні – обчислення значень фітнес-функції, мінімізація якої забезпечує визначення налагоджуваних параметрів нейромережевого регулятора.

Визначення оптимальних значень налагоджуваних параметрів нейромережі проходить за наступними етапами: ініціалізація, відбір, мутація та схрещування, після чого обчислюються значення цільової функції. Нейромережа буде вважатися навченою коли вихід системи буде дорівнюватиме її входу.

Переналаштовування ваг нейромережі відбувається при відхиленні виходу об'єкта управління за задалегідь заданий коридор – обмеження максимального допустимого відхилення виходу від заданого значення.

Для апаратної реалізації елементів нейромережевої системи управління обрана цифрова ПЛІС логіка типу FPGA фірми Xilinx Spartan-3 XC3S200. Моделювання роботи системи управління з нейромережевим регулятором проводилось у середовищі ISIM[1].

В роботі виконано моделювання та дослідження систем управління з нейромережевими регуляторами зі структурою  $m-k-n$ : 3-3-1, 3-3-2, 5-5-3 та інші. Проведено оцінку часу на переналагодження нейромережевого регулятора. Для досліджуваних систем час переналагодження при частоті тактового генератора 326МГц відповідно становив: 2.1 мсек.

## III. ВИСНОВОК

Досліджені в роботі адаптивні системи управління складними динамічними об'єктами з нейромережевими регуляторами на основі оберненої моделі об'єкта та еволюційними алгоритмами налагодження і апаратній реалізації елементів системи управління дозволяють управляти та регулювати динамічні об'єкти та процеси з динамікою 1...10 мсек.

## СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Егупов Н.Д. Методи робастного, нейро-нечеткого і адаптивного управління. - М.: Изд-во МГТУ ім. Н.Э. Баумана, 2001. - 744 с.
- [2] Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг.ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя; ЗНТУ, 2009. – 375 с.

<sup>1</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, УКРАЇНА, E-mail: peter\_kravets@yahoo.com