

УДК 621.313.333

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА БАЗІ ТРИШАРОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НАПЕРЕД ВИЗНАЧЕНОЇ СТРУКТУРИ

В. І. Калашніков, О. Ю. Колларов

Донецький національний технічний університет

вул. Артема, 58, м. Донецьк, 83001, Україна. E-mail: kollarov@ukr.net

Розглянуто штучні нейронні тришарові мережі прямого поширення наперед визначеної структури. Розроблено теоретичну базу для розрахунку вагових коефіцієнтів, вибору структури мережі та взаємозв'язків між нейронами за умов наявності фізичної або математичної моделі об'єкта.

Ключові слова: функція Гауса, нейронна мережа, ініціалізація.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ЗАРАНЕЕ ОПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРЫ

В. И. Калашников, А. Ю. Колларов

Донецкий национальный технический университет

ул. Артема, 58, г. Донецк, 83001, Украина. E-mail: kollarov@ukr.net

Рассмотрены трехслойные искусственные нейронные сети прямого распространения заранее определенной структуры. Разработана теоретическая база для расчета весовых коэффициентов, выбора структуры сети и взаимосвязей между нейронами при условии наличия физической или математической модели объекта.

Ключевые слова: функция Гаусса, нейронная сеть, инициализация.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Застосування штучних нейронних мереж ставить питання пошуку такої її структури, включаючи функції активації нейронів, вагові коефіцієнти вхідного, вихідного та прихованого шарів, кількість прихованих шарів та нейронів у них, а також структуру зв'язків між нейронами, яка б забезпечила збіжність нейронної мережі до цільової функції в просторі вхідних даних. Розв'язання цієї проблеми рухається, більшою мірою, у напрямку загальних рекомендацій [1], що виключає універсальність їх застосування й вимагає розробки теоретичної бази [2], основною метою якої була б відповідь на вищепоставлене питання.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Враховуючи велику кількість параметрів нейронної мережі, які підлягають визначенню, задамо певними з них, наприклад, функціями активації нейронів, найпоширенішими з яких є лінійна функція та функція Гауса:

$$\xi e^{-\frac{(x-T)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

де T – позиція центру; ξ – амплітуда функції; σ – ширина «дзвону».

Створимо на базі функції Гауса парну частково-періодичну функцію у вигляді нескінченного ряду:

$$G(x) = \sum_{i=-\alpha}^{\alpha} (-1)^i e^{-\frac{(x+iT)^2}{2\sigma^2}}, \quad \alpha \rightarrow \infty \quad (2)$$

де α – параметр кількості членів ряду.

Очевидно, що параметр функції « σ » має бути таким, щоб перша похідна частково-періодичної функції Гауса у першій та третій чвертях періоду « T » була максимальною, а саме:

$$\sigma = \frac{T}{\sqrt{8}}. \quad (3)$$

Надамо розвинення цільової парної функції « m » змінних у вигляді багатомірного функціонального ряду:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_m) = \omega_0 + \sum_{i=1}^m \sum_{k_i=1}^{m-i+1} \dots \dots \sum_{k_i=k_{i-1}+1}^m \sum_{\varphi_1=1}^{\infty} \dots \sum_{\varphi_i=1}^{\infty} \omega_{\varphi_1 \dots \varphi_i}^{k_1 \dots k_i} \prod_{j=1}^{i, \forall i \neq j} G(\varphi_j x_{k_j}). \quad (4)$$

Функціональний ряд (4) є нейронною мережею прямого поширення, яка складається з трьох прихованих шарів, перший з яких містить нелінійні функції активації Гауса з оператором складання, другий і третій – лінійні функції активації з оператором складання й множення відповідно (рис. 1). Загальна кількість нейронів такої мережі дорівнює:

$$\varphi \left((2\alpha + 1)m + \sum_{i=2}^m \varphi^{i-1} + 1 \right). \quad (5)$$

Значення вагових коефіцієнтів можна знайти, скориставшись середньою квадратичною похибкою за Гаусом:

$$\omega_0 = \frac{1}{2^m \prod_{i=1}^m T_i} \int_{-T_m}^{T_m} \dots \int_{-T_2}^{T_2} \int_{-T_1}^{T_1} F(X) dx_1 dx_2 \dots dx_m; \quad (6)$$

$$\omega_{\varphi_1 \dots \varphi_i}^{k_1 \dots k_i} = \frac{\int_{-T_m}^{T_m} \dots \int_{-T_2}^{T_2} \int_{-T_1}^{T_1} f(X) \prod_{j=1}^{i, \forall i \neq j} G(\varphi_j x_{k_j}) dx_1 dx_2 \dots dx_m}{\int_{-T_m}^{T_m} \dots \int_{-T_2}^{T_2} \int_{-T_1}^{T_1} \left(\prod_{j=1}^{i, \forall i \neq j} G(\varphi_j x_{k_j}) \right)^2 dx_1 dx_2 \dots dx_m}. \quad (7)$$

Результати математичного моделювання (рис. 2) демонструють збіжність функціонального ряду декількох змінних (4) до цільової функції.

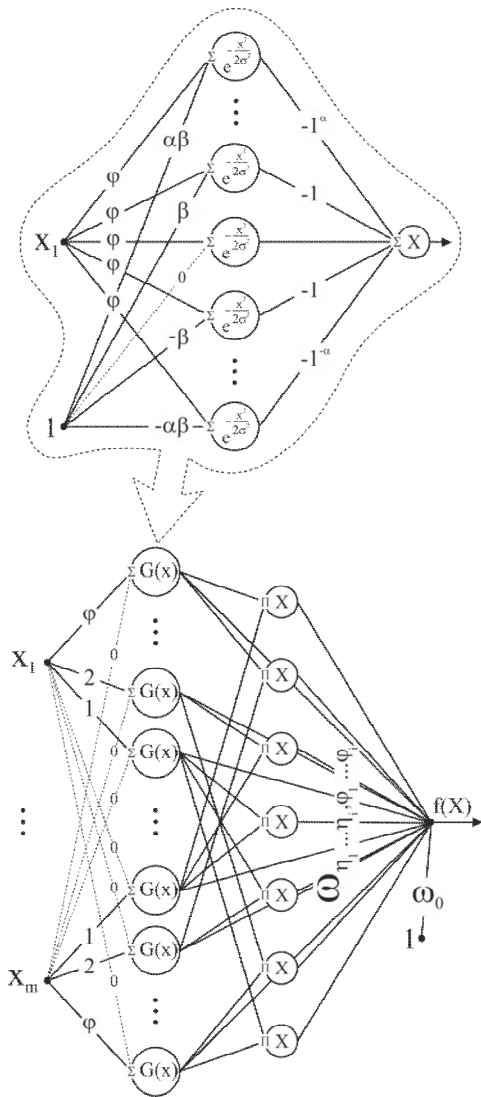


Рисунок 1 – Структура нейронної мережі

Отже, тришарова нейронна мережа зі структурою, обумовленою рівнянням (4), гарантовано збігається до цільової функції за умов виконання теореми Теляковського про збіжність рядів Фур'є функції багатьох змінних обмеженої варіації [3].

NONLINEAR OBJECT IDENTIFICATION OF CONTROL SYSTEMS ON BASIS OF THREE-LAYER ARTIFICIAL NEURAL NETWORK OF PREDETERMINED STRUCTURE

V. Kalashnikov, O. Kollarov

Donetsk National Technical University
vul. Artema, 58, Donetsk, 83001, Ukraine. E-mail: kollarov@ukr.net

In the paper was considered three-layer artificial neural network of predetermined structure. The theory was developed for calculating the weighting factors, the choice of network structure and neurons relationson condition that physical or mathematical model of the object is it.

Key words: Gauss function, neural network, the initialization.

REFERENCES

1. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition. – Prentice Hall, 1998. – 842 p.
2. Kollarov O. Yu. Initialization of feed-forward network // Studies of Donetsk National Technical University. Electrotechnology and energetics. – Donetsk: DonNTU, 2011. – Iss. 10 (180). – PP. 73–76. [in Ukrainian]

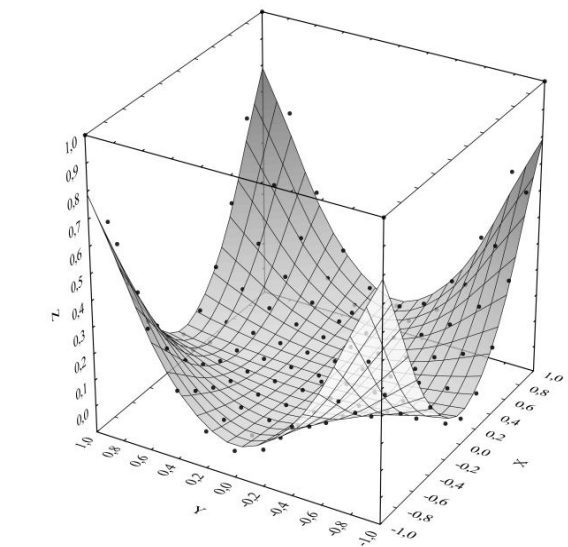


Рисунок 2 – Результат тренування: • – цільова функція; поверхня – вихід нейронної мережі

ВИСНОВКИ. Запропоноване визначення початкових значень вагових коефіцієнтів нейронних мережі прямого поширення зі структурою, обумовленою функціональним рядом (4) та наявністю математичної або фізичної моделі, як джерела цільового сигналу, дозволяє скоротити час на тренування нейронної мережі та задати напрям, в якому вона гарантовано збігається до цільової функції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition. – Prentice Hall, 1998. – 842 p.
2. Колларов О.Ю. Ініціалізація одношарових нейронних сіток прямого поширення // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Електротехніка і енергетика. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – Вип. 10 (180). – С. 73–76.
3. О сходимости рядов Фурье функций многих переменных ограниченной вариации / С.А. Теляковский, В.Н. Темляков // Математические заметки. – 1997. – Вып. 61 (4). – С. 583–595.

3. Convergence of multiple fourier series for functions of bounded variation / S.A. Telyakovskii, V.N. Temlyakov // Mathematical Notes . – 1997. – Iss. 61 (4). – PP. 583–595. [in Russian]

Стаття надійшла 10.07.2012.
Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Клепиковим В.Б.