

СТАТИЧНА НЕЙРОННА МЕРЕЖА НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА NARMA-L2 CONTROLLER

Нейромережею регулятор NARMA-L2 використовує як модель керованого об'єкта модель нелінійної авторегресії зі ковзним середнім (Nonlinear Autoregressive-Moving Average - NARMA-L2). При синтезі регулятора будується дискретна нелінійна модель нелінійного об'єкта управління як авторегресійна модель зі ковзним середнім, або NARMA - модель у формі

$$y(k + d) = N[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)] \quad (1)$$

де $y(k)$ - вихід моделі; d - число тактів передбачення; $u(k)$ - вхід моделі.

На етапі ідентифікації будується нейронна мережа для NARMA-моделі виду (1). Якщо потрібно спроектувати систему, що стежить, яка забезпечує рух по заданій траєкторії

$$y(k + d) = y_r(k + d), \quad (2)$$

то це означає, що необхідно сформулювати регулятор такого вигляду:

$$u(k) = G[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), y_r(k + d), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]. \quad (3)$$

Хоча такий регулятор за допомогою нейронної мережі може бути сформований, проте в процесі мінімізації середньоквадратичної помилки він вимагає надмірних обчислень, оскільки використовує динамічний варіант методу зворотного поширення помилки. Для практичного вирішення завдання стеження Нарендра (Narendra) і Макхопадхаї (Mukhopadhyay) запропонували наближену NARMA - модель із виділеною складовою управління. Така модель регулятора, іменована моделлю NARMA-L2, має вигляд:

$$y(k + d) = f[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)] + g[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]u(k). \quad (4)$$

Перевага цієї форми полягає в тому, що тепер поточне управління можна безпосередньо обчислити, якщо відома бажана y_r траєкторія передісторія управління, $\{u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)\}$, а також попередні та поточне значення виходу $\{y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1)\}$:

$$u(k) = \frac{y_r(k + d) - f[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]}{g[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]}. \quad (5)$$

Безпосереднє застосування цього співвідношення реалізації регулятора важко, оскільки управління залежить від поточного значення виходу. Тому рівняння (5) модифікується так:

$$u(k + 1) = \frac{y_r(k + d) - f[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]}{g[y(k), y(k - 1), \dots, y(k - n + 1), u(k - 1), \dots, u(k - m + 1)]}, \quad (6)$$

але при цьому параметр передбачення повинен задовольняти умову $d \geq 2$.

Синтез нейромережевої системи управління може бути виконаний за допомогою пакету прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB . Процес синтезу нейрорегулятора починається шляхом активізації блоку NARMA-L2 Controller. З'являється вікно Plant Identification NARMA-L2 (рис.1). Це вікно універсальне і може бути використане для побудови нейромережевих моделей для будь-якого динамічного об'єкта, описаного моделлю SIMULINK [1].

Процедура ідентифікації вимагає завдання наступних параметрів: розмір прихованого шару визначається кількістю нейронів, що використовуються, такт дискретності в секундах визначає інтервал між двома послідовними моментами знімання даних, кількість елементів запізнення на вході і виході моделі, параметри навчальної послідовності, параметри навчання, модель об'єкту управління.

Після натискання на кнопку Train Network відбувається створення та ініціалізація мережі netn з прямою передачею сигналу за допомогою М-функції newff. На рис.2 показана схема нейронної мережі, побудовані за допомогою оператора gensim (netn)

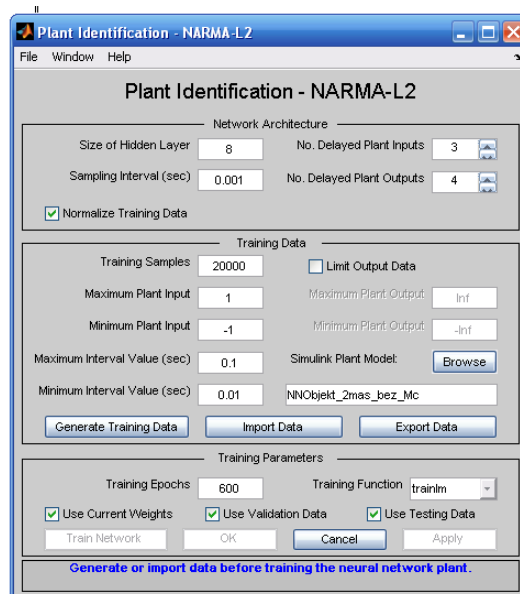


Рис. 1 Вікно ідентифікації об'єкта управління

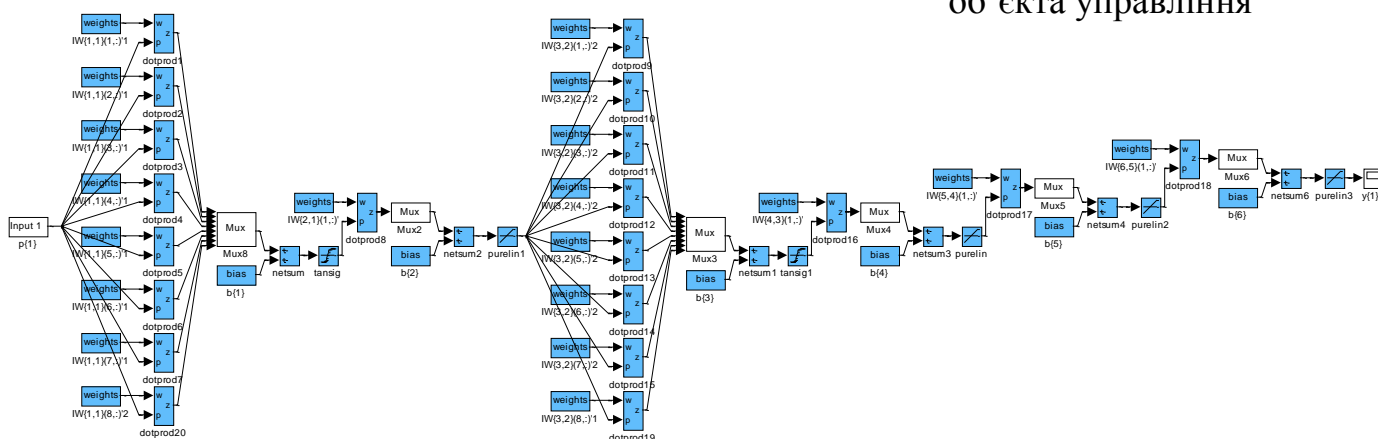


Рис. 2 Модель статичної мережі netn нейрорегулятора NARMA-L2 Controller

Елементи нейронної мережі відповідають наступним параметрам, заданим у вікні ідентифікації: розмір прихованого шару $S = 8$, кількість елементів запізнення на вході моделі $N_i = 3$ та кількість елементів запізнення на виході моделі $N_j = 4$. Ця мережа немає елементів затримки, тобто. є статичною. Мережа використовує 1 вектор входу із 6 елементами. На перші N_j входи подаються сигнали $y(k), y(k-1), \dots, y(k-N_j+1)$ (в даному випадку $y(k), y(k-1), y(k-2), y(k-3)$), на наступні $(N_i - 1)$ входи подаються сигнали $u(k-1), \dots, u(k-N_i+1)$ (в даному випадку $u(k-1), u(k-2)$). Мережа має 6 шарів з 8 нейронами в першому та третьому шарах та 1 нейроном у другому, четвертому, п'ятому та шостому шарах. Використовувані функції активації: гіперболічного тангенсу (tansig) - у першому та третьому шарі, лінійна (purelin) - у другому, четвертому, п'ятому та шостому шарах.

Література:

1. Технології нейронних мереж і нечіткого моделювання в системах управління : підруч. для здобувачів вищої освіти спец. 151 Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології / Г.І. Канюк, Б.І. Кузнецов, Т.Ю. Василюк,
А.Ю. Мезеря, О.О. Варфоломієв. – Харків : Друкарня Мадрид, 2020. – 306 с.