

АДАПТАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ ДО КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ

О.В.Дудік, Р.Л.Тихий Адаптація нейромережі до керування об'єктами. В роботі проведено дослідження нейромережевої моделі управління, яка за допомогою навчання інтегрується адекватно об'єкту і розглянуто керування на основі моделі шляхом тестування.

Ключові слова : нейронна мережа, управління, адаптація, оптимізація, адаптивна модель.

Для розгляду об'єкту пропонується нейронна мережа (НМ), яка є деякою моделлю, де має бути відображений в необхідній мірі механізм функціонування цього об'єкту. Завдання такої ідентифікації полягає в здобутті оцінок за допомогою нейромоделі за спостережуваними значеннями входу і виходу об'єкту.

Якщо ідентифікувати НМ для управління об'єктом, то нейромодель управління може і не відображати внутрішній механізм об'єкту, але вона буде здатна конструювати певні формальні зв'язки між входом і виходом цього об'єкту.

Мета управління досягається в два етапи. На першому етапі, за допомогою навчання інтегрується адекватно об'єкту нейромережева модель управління, а на другому, шляхом її тестування – управління на основі цієї моделі.

Якщо розглядати нейромодель з формальної точки зору, то ми маємо "чорний ящик". На його вхід подаються: $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ – вектор контрольованих вхідних параметрів об'єкту; $Y = (y_{1A}, y_{2A}, \dots, y_{kA})$ – вектор вихідних параметрів; $U = (u_1, u_2, \dots, u_q)$ – вектор керованих входів. На параметри X, Y, U накладаються обмеження, що визначені заданими технологічними параметрами (режимами технологій): $\Omega_1: x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}$; $\Omega_2: u_{j \min} \leq u_j \leq u_{j \max}$; $\Omega_3: y_{k \min} \leq y_k \leq y_{k \max}$; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, r$; $k = 1, 2, \dots, n$. При цьому загальна задача моделювання має вигляд:

$$Q = F | Y_n(X_m, U_m) - Y_u / U \in \Omega, X \in \Omega \rightarrow \text{extr} \quad (1)$$

де Y_n і Y_u – відповідно, спостережувані і задані цільові значення виходу; F – критерій управління; X_m і U_m – відповідно, модельовані вхідні і керовані значення.

Нейромодель вимагає попереднього навчання, тому з практичної точки зору необхідне багатократне використання одних і тих же спостережень за функціонуванням виробничого процесу, реєстрація показів приладів.

Розглянемо формулювання критерію оптимізації (1) на технологічному об'єкті. Зважаючи на структуру і властивості багатосарової НМ, і вважаючи, що вона має два шари адаптивних суматорів (нейронів), визначимо структуру F . Для моменту часу t вона матиме лінійний вигляд управління:

$$Y(t) = a_0(t) + \sum_{i=1}^m a_i(t) \cdot x_i(t) \quad , \quad (2)$$

де x_i – вхідні сигнали нейронної мережі; a_i – вага синапсу.

Припустимо, що на деякому циклі N нейромодель (2) адаптована до об'єкту за відповідним критерієм і формує адаптовані вихідні значення:

$$Y_A(N) = a_0(N) + \sum_{i=1}^m a_i(N) \times x_i(N) , \quad (3)$$

причому $Y_A(N) \approx Y_n(N)$.

Оскільки на вхід НМ подаються і керовані параметри, то адаптивну модель (3) запишемо:

$$Y_A(N) = a_0(N) + \sum_{i=1}^k a_i(N) \cdot x_i(N) + \sum_{m=k+1}^n a_m(N) \cdot u_m(N) , \quad (4)$$

де $u_m(N)$ – керовані вхідні параметри в N -му циклі ($m = k+1, k+2, \dots, n$).

Сформуємо критерій оптимальності (згідно (1)) як відхилення вихідного параметра об'єкту від заданого цільового значення з врахуванням обмежень на керовані параметри (у момент N):

$$Q = [u_m(N)] = [a_0(N) + \sum_{i=1}^k a_i(N) \cdot x_i(N) + \sum_{m=k+1}^n a_m(N) \cdot u_m(N) - Y_u(N)]^2 U \in \Omega \rightarrow \min , \quad (5)$$

де Ω - обмеження, що накладаються на керовані параметри, зумовлені технологічними умовами об'єкту:

$$u_{m \min}(N) \leq u_m(N) \leq u_{m \max}(N) \quad (6)$$

Таким чином, сформований критерій оптимальності управління об'єктом за допомогою нейромоделі в розумінні мінімізації відхилення вихідних параметрів від цільових значень.

Маючи в "тілі" НМ сформовану модель (4) і критерій (5), операції $Q \rightarrow \min$ за допомогою НМ можуть бути ускладнені через корельованість вхідних контрольованих і керованих параметрів. В даному випадку звернемося до пошукових алгоритмів (зокрема випадкового пошуку) за допомогою яких шляхом регулювання керованих параметрів на вході НМ можна вирішити завдання (5) при дотриманні умови (6).

Вирішимо задачу адаптивного управління, постановка якої сформована раніше. Нехай на деякий момент спостереження сформована нейромережева адаптивна модель технологічного процесу:

$$Y(N) = A_0(N) + \sum_{i=1}^k A_i(N) \cdot x_i(N) + \sum_{m=k+1}^n A_m(N) \cdot u_m(N) \quad (7)$$

При цьому виконується умова:

$$|Y(N) - Y_n(N)| \leq \square_{\text{ц}} \quad (8)$$

Тут $Y_n(N)$ – значення спостереження входу об'єкту ; $\square_{\text{ц}}$ – задана точність досягнення цільових значень виходу.

Очевидно, що якщо $Y_n(N) \approx Y(N)$, то немає необхідності встановлювати на вході нейромоделі u_m , оскільки процес всередині об'єкту проходить оптимально.

Необхідність дії на технологічний процес виникає при порушенні умови (8). Для цього нейромодель повинна вирішити задачу:

$$| A_0(N) + \sum_{i=1}^k A_i(N) \cdot x_i(N) + \sum_{m=k+1}^n A_m(N) \cdot u_m(N) - Y_u(N) |_{U \in \Omega} \rightarrow \min \quad (9)$$

$$\Omega: u_{m \min}(N) \leq u_m(N) \leq u_{m \max}(N), (m = k+1, k+2, \dots, n).$$

Оскільки $x_i(N) = \text{const}$ (не регулюються на вході НМ), то задача (9) буде мати вигляд:

$$| \sum_{m=k+1}^n A_m(N) \cdot u_m(N) - Y_u(N) |_{U \in \Omega} \rightarrow \min \quad (10)$$

$$\Omega: u_{m \min}(N) \leq u_m(N) \leq u_{m \max}(N), (m = k+1, k+2, \dots, n).$$

Використовуючи для вирішення задачі (10) алгоритм випадкового пошуку з вибірковими кроками на вході нейромоделі:

$$\Delta u_m^{p+1}(N), \text{ якщо } \Delta Q[\Delta u_m^p(N)] \leq \square;$$

$$\Delta u_m^p = -\Delta u_m^p(N), \text{ якщо } \Delta Q[\Delta u_m^p(N)] > \square.$$

Тут прийнято позначення:

$\Delta u_m^{p+1}(N) = u_m^{p+1}(N) - u_m^p(N)$; $\Delta Q[\Delta u_m^p(N)] = Q[\Delta u_m^p(N)] - Q[\Delta u_m^{p-1}(N)]$, де p – номер кроку пошуку мінімуму Q в одному циклі управління.

Відзначимо деякі особливості процедури пошуку керуючих дій :

- керуюча дія не залежить від початкового стану основного функціонала, що знаходиться в "тілі" НМ і підлягає мінімізації;
- немає необхідності в організації активного спеціального експерименту, що вимагає додаткових витрат;
- легко реалізується.

Реалізуючи представлений алгоритм збіжності, на кожному циклі отримуємо значення керованих параметрів $u_{k+1}^*(N), u_{k+2}^*(N), \dots, u_n^*(N)$, що оптимізують технологічний процес об'єкту.

Література

1. Еремин Е.Л., Цыкунов А.М. Синтез адаптивных систем управления на основе критерия гиперустойчивости. Бишкек: Илим, 1992.
2. Мееров М.В. Адаптивные компенсирующие регуляторы с предиктором Смита //Автоматика и телемеханика. 2000. №1. С.125-135.
3. Ключев А.С., Лебедев А.Т., Семенов Н.П., Товарнов А.Г. Настройка автоматических систем и устройств управления технологическими процессами. М.: Энергия, 1977.