УДК 531.7

ПРОЕКТУВАННЯ КООРДИНАТНО–ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖАХ

Квасніков В.П., Кочеткова О.В.

Вступ

Проектування прецизійних координатно-вимірювальних машин (КВМ), що характеризуються високим рівнем інтелектуалізації вимірювання геометричних розмірів деталей, значно відрізняється від проектування автоматизованих систем високої точності. Перспективним напрямком розробки КВМ для вимірювання деталей авіаційних приладів є використання штучних нейронних мереж, дослідження яких почалося ще в 60-і роки, завдяки біонічному направленню в кібернетиці.

В останні роки структури штучних нейронних мереж викликають підвищену зацікавленість і застосовуються в різноманітних областях науки і техніки, в залежності від їх основних функціональних властивостей, що сприяє розвитку нейрокомп’ютерної техніки і її використанню для обробки вхідної інформації.

Нейронні мережі (НМ) представляють собою системи, елементами якої є базові процесорні елементи (штучні нейрони). Штучні НМ можуть змінювати свою поведінку в залежності від внутрішніх і зовнішніх впливів та використовуються для розв’язання задач розпізнавання і класифікації, обробки зображень та сигналів датчиків, системи ідентифікації і керування рухом, планування маршруту, навігації та ін.

Системи керування КВМ розробляються як модульні так і ієрархічні, що складаються із взаємодіючих модулів, які вирішують означені задачі на різних рівнях керування. Одночасно, КВМ повинні забезпечуватися трирівневими, з інтелектуальними особливостями, функціями $[1-3]$.

Постановка задачі

Розробити нову прецизійну КВМ з підвищеними метрологічними характеристиками на штучних НМ, що дозволяє з високою точністю та швидкодією проводити вимірювання прецизійних деталей та провести аналіз просторового руху вимірювального наконечника при подоланні перешкод.

Розв’язання проблеми

Розглянемо вимірювання деталей різної конфігурації на КВМ з використанням НМ, що реалізуються у формі самонавчання комп’ютерних програм.

Оптимальна траєкторія вимірювального наконечника визначається як безпечний маршрут (М), що забезпечує мінімум функціоналу [4-6].

$$\Phi(M) = \sum_j \left(k_1 d_{i_j, i_{j+1}} + k_2 \left| f_{i_{j-1}, i_j, i_{j+1}} \right| \right), \qquad (1)$$

де $k_1 \geq 0$, $k_2 \geq 0$ — константи, що характеризують енергетичні витрати на переміщення і поворот; $d_{i, i_{i+1}}$ – довжина j-ї ділянки руху з точки i_j у точку i_{j+1} поверхні; $f_{i_{j-1}, i_{j+1}}$ – кут повороту в точці i_j при переході від (j-1)-ї ділянки до j-ї.

Проаналізуємо просторові траєкторії кусочно-лінійного виду, що дозволяє визначити маршрут для поверхні і перешкод довільної конфігурації.

Для вибору оптимального маршруту пропонується використовувати мережу Хопфілда як один із класичних типів НМ [1]. Параметри нейромережі визначаються елементами матриці W, що характеризує стан мережі, і енергетичною функцією E, що відповідає як даній матриці, так і мінімізуємого функціоналу, тобто значення функції

 ISBN 7-776-8361-7

повинне задовольняти умовам формування матриці і зменшуватися при зменшенні вихідного функціоналу.

Статика мережі Хопфілда в векторно-матричній формі описується співвідношенням [1]

$$s(k) = W_q(k) + r - W_{0,} \tag{2}$$

де $s(k)$ - компоненти векторної функції обчислюються як

$$s_i(k) = \sum_{j=1, j \neq i}^{n} w_{i,j} q_j + r_i - w_{0i}, \; i = \overline{1, n}.$$

Динаміка мережі Хопфілда забезпечується через елементи затримки $z^{-1} = e^{-\Delta ts}$ (Δt - період дискретизації безперервних функцій $q_j(k)$) введенням зворотних зв'язків з виходів $q_j(k)$ на входи базових елементів ($i \neq j$). У цьому випадку НМ відповідає нелінійній багато зв'язній системі з векторними зворотними зв'язками. Вихід дискретної моделі мережі Хопфілда в векторній формі має вигляд

$$q(k+1) = f(q(k), r(k)), \; k = 0,1,...; \tag{3}$$

де $f(\cdot) = col(f(s_1),..., f(s_n))$ - вектор нелінійних функцій активації.

Для вибору оптимального маршруту при русі по поверхні, заданої кінцевим набором точок у декартовому просторі, зручно поставити у відповідність кожної траєкторії бінарну матрицю W розмірності $N \times N$ (N - число точок, включаючи початкову точку та кінцеву – точку вимірювання): якщо i - а ділянка руху $\left(i = \overline{1, N-1}\right)$ починається в точці m і закінчується в точці r поверхні, то елементи (m,i) та $(r,i+1)$ будуть дорівнювати одиниці; інші елементи матриці покладаються рівними нулю. У цьому випадку умови формування матриці можна записати в такому вигляді:

– кожен стовпець повинен містити не більш однієї одиниці, тому що ділянка руху не може починатися і закінчуватися одночасно в двох точках;
– загальне число одиниць дорівнює N;
– кожен елемент (1, 1) і (N,N) повинен дорівнювати одиниці (визначає точку старту – 1 і точку вимірювання – N).

Тоді енергетична функція мережі може бути представлена сумою двох доданків:

$$E = E_1 + E_2 \tag{4}$$

Енергетичні функції E_1, E_2 мають вигляд

$$E_i = -0{,}5 \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{i,j} \cdot q_i q_j - \sum_{j=1}^{n} r_j \cdot q_j + \sum_{j=1}^{n} \Delta_j \cdot q_j, \tag{5}$$

де q_i, q_j – граничні функції активації, $w_{i,j}$ – ваговий коефіцієнт синоптичних зв'язків штучних нейронів, r_j – функція перетворення (входи), Δ_j – граничне значення функції активації,

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, \ i = j \\ 0, \ i \neq j \end{cases} \text{ – символ Кронекера.} \qquad (6)$$

У формулі (4) перший доданок відповідає контролю за станом матриці і дорівнює нулю, якщо матриця задовольняє перерахованим вище умовам її цьому випадку умови формування матриці можна записати в такий спосіб:

– кожен стовпець повинен містити не більш однієї одиниці, тому що ділянка руху не може починатися і закінчуватися одночасно в двох точках;

– загальне число одиниць дорівнює N;

– кожен елемент (1, 1) і (N,N) повинен дорівнювати одиниці (визначає точку старту – 1 і точку вимірювання – N).

Енергетична функція мережі Хопфілда не містить доданка з кубічною залежністю від елементів матриці. У цьому випадку вона введена для обліку впливу кута повороту на пріоритет вибраного маршруту. Відповідним чином змінений і вид НМ. Пріоритет і зовнішні входи визначаються з умови не зростання значення E при зміні стану мережі на кожній ітерації.

НМ можуть розходитися, при рівнобіжних обчисленнях можливо одночасне спрацьовування декількох нейронів і, в силу не лінійності енергетичної функції, її значення відрізняється від очікуваних. Можливі наступні три варіанти рішення даної проблеми:

1) на кожній ітерації змінювати значення одного нейрона, зберігаючи загальний вид мережі Хопфілда, але втрачаючи основну її перевагу – паралельність, і зменшуючи в кілька разів швидкість обчислень;

2) обчислювати кінцеву різницю, виходячи з припущення про одночасну зміну значень довільного числа нейронів, що є причиною ускладнення мережі і залежність методу від розмірності задачі;

3) з аналізу зміни побудованої на першому етапі НМ було відмічено, що основна причина її нестійкості – одночасне спрацьовування декількох нейронів у сусідніх стовпцях матриці. У деяких стовпцях спостерігається поява більш ніж однієї одиниці, навпаки, всі елементи стовпця приймають нульове значення. При цьому нема сенсу ставити у відповідність визначеному маршруту матрицю стану мережі. Тому пропонується на кожній ітерації зберігати в кожному стовпці одну одиницю і ненульові значення елементів (1, 1) і (N, N) матриці, тобто фіксувати початкову і кінцеву точки маршруту, а в інших стовпцях змінювати не більш ніж один елемент, виходячи з припущення, що на початку даної ітерації в даному стовпці ненульові точки відсутні (це відповідає зміні точки траєкторії).

Останній варіант найбільш прийнятний тому що точка, що має на попередній ітерації значення 1, виключається з точок повороту траєкторії (вузлів ламаної), а точка, що приймає це значення, включається. Даний підхід дозволяє на кожній ітерації визначати точку повороту, що забезпечує мінімум функціоналу Ф(М) у кожен момент часу. У цьому випадку доданок E_1 енергетичної функції стає тотожно рівним нулю і виключається із суми; також виключається коефіцієнт G з цього що складається E_2, що значно спрощує обчислення вагових коефіцієнтів.

Можна зменшити і розмірність мережі, скоротивши максимальне число припустимих точок повороту, що не вплине на збіжність НМ і вибір маршруту вимірювального наконечника.

Використання мереж Хопфілда дозволяє вибирати оптимальний маршрут вимірювального наконечника КВМ при скануванні по вимірюваній деталі з надлишковістю ступенів вільності та з високою точністю позиціювання і роботою в екстремальних ситуаціях, включаючи обхід перешкод.

Висновок

 ISBN 7-776-8361-7

Розроблена нова функціональна структура координатних-вимірювальних машин з використанням штучних нейронних мереж, побудованих на принципах самонавчання компю`терних програм, що дозволяє з високою точністю і швидкодією здійснювати вимірювання геометричних розмірів об'єктів з обходом довільної кількості перешкод.

In clause the new functional principle of the coordinate-measuring machine with use artificial neuronetworks realized in the form of self-training of the computer programs, allowing with high accuracy and speed is developed to carry out measurement of the geometrical sizes of objects and detour of obstacles by a measuring tip on an optimum trajectory. The expression for power function neuronetwork is received.

1. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления .- М.:ИПРЖ. - 2002.-480 с.
2. Дапонте Д., Гримальди Д. Искусственные нейронные сети в измерениях // Приборы и системы управления. - 1999. - №3. - С.48-64.
3. Филаретов Г.Ф., Житков А.Н., Кабанов В.А. Применение искусственных нейронных сетей в системах управления // Приборы и системы управления.-1999.№4.С.3-6
4. Координатные измерительные машины и их применение/Гапшис А.А., Каспарайтис А.Ю., М.Б. Модестов, Раманаускас З.А., Серков Н.А., Чудов В.А. - М.: Машиностроение. - 1988. -328 с.
5. Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем. - Л.: Энергоатомиздат. - 1988. - 340 с.
6. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно управляющих систем. - М.: Радио и связь. - 1987. - 256 с.