

УДК 004.896

Г.П. МІХНЄВА

*Національний авіаційний університет, Київ***ИНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИМ РОБОТОМ**

Наведено аналітичний огляд досліджень по побудові інтелектуальних систем управління технологічними системами та процесами з метою знаходження методів побудови оптимальних траєкторій переміщення електромеханічних приводів координатно-вимірювальних машинах (КВМ) при вимірюванні деталей. Запропоновано, для знаходження оптимального маршруту при вимірюванні деталі на КВМ застосувати алгоритм з використанням нейронної мережі Хопфілда. Застосування нейронних мереж в системах, які реалізують елементи інтелектуального управління, дозволяє коректувати параметри процесу вимірювання деталі в реальному часі.

Ключові слова: *оптимальні траєкторії руху, нейронні мережі Хопфілда, координатно-вимірювальні машини.*

Вступ

Одним з найважливіших вимог сучасного машинобудування до технологічних систем є підвищення ефективності та точності їх функціонування за всіма параметрами якості. При існуючих досягненнях науки і техніки проблема залишається актуальною, що пов'язано з низкою обставин і труднощів, до числа яких належать:

- постійне збільшення номенклатури виробів;
- постійне посилення вимог до якості виробів;
- скорочення часових циклів виготовлення продукції;
- обмежена можливість отримання інформації про процеси, в тому числі з «нечіткості» одержуваної інформації та ін.

У таких умовах все більше уваги приділяється побудові інтелектуальних систем керування технологічними системами в тому числі й процесами обробки інформації при контролі деталей на вимірювальних роботах (ВР), зокрема із застосуванням координатно-вимірювальних машин (КВМ).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Безперервне зростання продуктивності сучасних комп'ютерних систем, розвиток нових інформаційних технологій дозволяє впроваджувати покращені методи обробки інформації в системах управління рухом виконавчих органів у КВМ та ВР.

Одним з найважливіших етапів побудови системи керування процесом обробки інформації при вимірюванні деталей на КВМ є знаходження оптимальної кількості точок вимірювання з визначенням оптимальних траєкторій переміщення електромеханічних приводів КВМ. При цьому кількість вимірювальних головок, що забезпечують послідовне вимі-

рювання різних ділянок поверхні деталі, має бути мінімальним та забезпечувати задану точність вимірювань.

Зазвичай, оптимізація шляху зводиться до мінімізації співвідношення кількості віртуальних проходів вимірювальними приводами КВМ до числа вимірюваних точок.

Відомо, що довжина шляху - не єдина складова оптимізації. Тому не менш важливою компонентою оптимізації процесу вимірювання є енергетичні витрати на здійснення процесу вимірювання.

Таким чином, задача визначення оптимального шляху полягає в знаходженні такої послідовності та кількості виконання вимірювань партії деталей, з мінімальним часом виконання технологічних операцій на КВМ та мінімальними технологічними витратами на управління електромеханічними приводами (струм, напруга та тиск повітря).

Останнім часом в якості нових обчислювальних засобів розглядають штучні нейронні мережі (ШНМ) [1, 2].

Теорія апарату ШНМ в даний час є добре розвиненою [4-6].

Проте продовження досліджень з метою розробки нових інформаційних технологій, які дозволять інтелектуалізувати процеси обробки інформації, є обґрунтованим і представляє великий теоретичний та практичний інтерес.

Постановка задачі. Мета роботи полягає в знаходженні методів побудови оптимальних траєкторій переміщення електромеханічних приводів КВМ при вимірюванні деталей, які дозволять мінімізувати енерговитрати та час на переміщення приводів з однієї точки поверхні деталі в іншу з мінімальною похибкою вимірювань.

Розв'язання проблеми

Дана задача відноситься до класу дискретних комбінаторних задач оптимізації, що не мають простих аналітичних рішень. Рішення таких задач можна отримати тільки повним перебором варіантів. Часто кількість варіантів швидко зростає з числом структурних елементів N в задачі та пошук точного рішення для практично корисних значень N стає свідомо дорогим. При формулюванні таких задач у термінах оптимізації функції Ляпунова ШНМ дає потужний інструмент пошуку наближеного рішення.

У даній роботі запропоновано для знаходження оптимального маршруту при вимірюванні деталі на КВМ застосувати алгоритм з використанням ШНМ Хопфілда.

Нейронна мережа Хопфілда являє собою шар адаптивних суматорів з зворотними зв'язками, вихідні сигнали яких надходять з деякою тимчасовою затримкою на входи нейронів, в результаті чого вихідний сигнал нейронної мережі формується лише після того, як мережа досягне динамічної рівноваги [8].

Стан кожного i -го нейрона визначається його вихідним сигналом F_i . В архітектурі ШНМ, що реалізує бінарні операції, функція F_i може приймати значення $F_i^0 = 0$ або $F_i^1 = 1$. Вихідний сигнал кожного нейрона H_i представляє собою суперпозицію двох сигналів: зовнішнього сигналу I_i і сигналу зворотного зв'язку, у вигляді суми вихідних сигналів інших нейронів. Тоді

$$H_i = \sum_{j=1}^J w_{ij} I_j + I_i, \quad (1)$$

де w_{ij} – вага синаптичного зв'язку, що з'єднує j -й нейрон с i -м нейроном; $w_{ij} = 0$ якщо $i = j$.

Кожен нейрон змінює свій стан в залежності від заданого рівня активації S_i

$$F_i \begin{cases} \downarrow F_i^0, & H_i < S, \\ \uparrow F_i^1, & H_i > S. \end{cases} \quad (2)$$

Якщо припустити, що вагові коефіцієнти синаптичних зв'язків w_{ij} є фіксованими для всіх i та j то система рівнянь (1), (2) визначає стохастичний процес, який досягає стійких положень рівноваги в залежності від зовнішніх значень I_i .

Доказ збіжності може бути отримано з аналізу функції Ляпунова [7], яка для нейронної мережі із зворотними зв'язками має вигляд:

$$\dot{A} = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^J w_{ij} F_i F_j - \sum_{i=1}^J I_i F_i + \sum_{i=1}^J S_i F_i \quad (3)$$

та представляє собою квадратичний функціонал стану нейронної мережі. Зміна функції E внаслідок зміни стану i -го нейрона на ΔF_i представляється у вигляді

$$\Delta E = - \left[\sum_{j=1}^J w_{ij} F_j + I_i + S_i \right] \Delta F_i \quad (4)$$

З рівняння (2) видно, що величина ΔF_i приймає позитивні значення тільки в тому випадку,

коли $\sum_{j=1}^J w_{ij} F_j + I_i + S_i > 0$, та навпаки приймає нега-

тивні значення якщо $\sum_{j=1}^J w_{ij} F_j + I_i + S_i < 0$. Тому до-

вільна зміна стану нейрона в архітектурі ШНМ Хопфілда призводить до зменшення енергетичної функції всієї системи.

Для вирішення поставленої задачі для ШНМ складається функція обчислювальної енергії. Вважаємо, що стан з найменшою енергією відповідає найкоротшому шляху.

У загальному вигляді така функція для нейронної мережі Хопфілда має вигляд:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} Y_i Y_j - \sum_j I_j Y_j - \sum_j T_j Y_j, \quad (5)$$

де E – штучна енергія мережі; Y_j - вихід нейрона j ; I_j – зовнішній вхід нейрона j ; T_j – поріг нейрона j .

Зміну енергії, викликану зміною стану j - нейрона, можна обчислити:

$$\delta E = \left(\sum (w_{ij} Y_i) + I_j - T_j \right) \delta Y_j, \quad (6)$$

де δY_j – зміна виходу j -го нейрону.

Для даної системи функція енергії повинна задовольняти наступним вимогам: вона повинна підтримувати стійкість рухів; з усіх можливих рішень функція енергії повинна підтримувати ті, які відповідають коротким маршрутам.

Цим вимогам задовольняє функція енергії виду:

$$E = \frac{A}{2} \sum_x \sum_i \sum_{j \neq i} Y_{xi} Y_{xj} + \frac{B}{2} \sum_i \sum_x \sum_{k \neq i} Y_{xi} Y_{ki} + \frac{C}{2} \left(\sum_x \sum_i Y_{xi} - n \right)^2 + \frac{D}{2} \sum_x \sum_{k \neq x} \sum_i d_{xk} Y_{xi} \times (Y_{kj+1} + Y_{kj-1}), \quad (7)$$

(при цьому $Y_j = 0,1$),

де A, B, C, D – позитивні множники.

Перший член дорівнює нулю, якщо відвідується точка тільки один раз, другий член дорівнює нулю, якщо в кожен момент відвідується лише одна точка. Третій член дорівнює нулю, якщо відвіду-

ються всі задані контрольні точки. При виконанні цих умов функція енергії має мінімуми в усіх ста- нах. У всіх інших випадках функція енергії має більш високу енергію.

Висновки

Використання ШНМ в системах керування до- зволило коректувати параметри процесу вимірюван- ня деталі в реальному часі. Також, може бути забез- печена функціональна самоорганізація, що забезпе- чує задану точність та швидкодію процесу вимірю- вання за допомогою механізму самонавчання при контролі однотипних деталей на КВМ.

Література

1. Hong S.G. *The Minimum cost path finding algo- rithm using a Hopfield type neural network* / S.G. Hong, S.W. Kim, Ju-Jang Lee // *IEEE, Fuzzy Systems: internat. conf.*, 1995 : *conf. proc.* – 1995. - №4. – P.1719-1726.
2. Нечаев Ю.Б. *Применение нейронных сетей в задачах управления маршрутизацией* / Ю.Б. Нечаев, Ю.А. Дергачев // *Вестник Воронежского государ-*

ственного университета, серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2009. – №1. – С. 42-45.

3. Пупков К.А. *Научно-техническая программа: Интеллектуальные системы* / К.А. Пупков // *Ком- плексные научные, научно-технические и образова- тельные программы и проекты Гособразования СССР 1989-1994 гг.- М.: Госком. СССР по народн. обр.*, 1991. С. 39-41.

4. Хайкин С. *Нейронные сети: полный курс* / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.

5. Осовский С. *Нейронные сети для обработки информации* / С. Осовский; пер с польского И.Д. Ру- динского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

6. Терехов В.А. *Нейросетевые системы управле- ния: учеб. пособие для вузов* / В.А. Терехов, Д.В. Ефи- мов, И.Ю. Тюкин. – М.: Высш. шк. 2002. – 183 с.

7. *Нейроинформатика* / [Горбань А. Н., Дунин, Барковский В. Л., Кардин А. Н. и др.] ; под ред. Новикова Е. А.. – Новосибирск : Наука, 1998. – 295 с.

8. Рычагов М.Н. *Нейронные сети: многослойный перцептрон и сети Хопфилда* [Электронный ресурс] / М.Н. Рычагов // *Математика в приложениях.* – 2003. - №1 (1). – С. 29 – 37. – Режим доступа до журн.: <http://www.lib.csu.ru/dl/bases/prg/kompress/articles/ExponentaPro/07.pdf>

Надійшла до редакції 1.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри інформаційних технологій В.П. Квасніков, Національ- ний авіаційний університет, Київ.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ РОБОТОМ

Г.П. Михнева

Представлен аналитический обзор исследований по построению интеллектуальных систем управления технологическими системами и процессами с целью нахождения методов построения оптимальных траекторий перемещения электромеханических приводов координатно-измерительной машины при измерении де- талей. Предлагается, для нахождения оптимального маршрута при измерении детали на координатно- измерительных машинах применить алгоритм с использованием нейронной сети Хопфилда. Применение нейронных сетей в системах, реализующих элементы интеллектуального управления, позволит корректиро- вать параметры процесса измерения детали в реальном времени.

Ключевые слова: оптимальные траектории движения, нейронные сети Хопфилда, координатно- измерительные машины.

INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF THE MEASURING ROBOT

G.P. Mikhneva

An analytical review of studies on the construction of intelligent control systems of systems and processes with the aim of finding methods for constructing optimal trajectories of moving electromechanical actuators coordinate measuring machine for measuring parts. It is proposed to find the optimal route for measuring parts on coordinate measuring machines, the algorithm using Hopfield neural network. Apply neural networks in systems that imple- ment the elements of intelligent control, will adjust the parameters of the measurement details in real time.

Key words: optimal trajectory, Hopfield neural network, coordinate measuring machines.

Михнева Галина Петрівна – аспірант, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: M--Galina@yandex.ru.