

УДК 004.942:004.93(043.2)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО РОБОТА

Міхнєва Г.П., Прит Т.С.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Розглядається процес вимірювання та обробки даних при контролі деталей на координатно-вимірювальних машинах. Запропонована математична модель обробки інформації при оцінці достовірності контролю деталі. Показані переваги нейромережевого методу обробки даних в інформаційно-керуючій підсистемі координатно-вимірювальної машини.

Вступ

Процес обробки контрольованих даних на координатно-вимірювальних машинах (КВМ) здійснюється в умовах неперервного процесу вимірювання деталей. На кожному етапі вимірювань в інформаційно-керуючу підсистему (ІКП) КВМ надходить великий об'єм інформації. В результаті накопичення для її обробки використовується цілий ряд підсистем та блоків [1, 2].

Реальні процеси керування КВМ характеризуються нелінійними залежностями, недетермінованістю обстановки зони вимірювання та варіативністю умов функціонування [3, 4]. У таких умовах існуючі системи керування процесом вимірювань на КВМ не здатні забезпечити відповідний рівень вимірювань та підвищити ефективність експлуатації координатно-вимірювальної техніки.

Все це обумовлює необхідність розробки ефективних методів керування процесом вимірювання та обробки даних при контролі деталей на координатно-вимірювальних машинах, які вимагають побудови адекватних математичних моделей.

Розв'язання задачі

У КВМ для відбору, перетворення, передачі інформації про поточні параметри процесу вимірювання та вироблення на її основі керуючих впливів призначена інтелектуальна ІКП. Інтелектуальні вимірювання в ІКП передбачають автоматичну обробку апріорної і поточної інформації про класи вимірювальних ситуацій з використанням бази знань та бази даних що постійно поповнюється, нейромережевого блоку, блоку прийняття рішень, системи діагностики та інтелектуального інтерфейсу.

Одним з параметрів ефективності роботи ІКП КВМ є достовірність контролю деталі. Вона визначається точністю оцінки вписування вимірюваного профілю в заданий номінальний. Критерієм оцінки найкращого вписування може бути встановлена міра відхилення (МВ) між номінальним профілем і точками фактичного профілю об'єкта вимірювання, яка визначається через вимірювання.

Припустимо, що

$$x_A = x'_A + \Delta x_A \cdot \text{sign}(\Delta x_A), y_B = y'_B + \Delta y_B \cdot \text{sign}(\Delta y_B),$$

де $x_A, x'_A + \Delta x_A \cdot \text{sign}(\Delta x_A), x'_A, x'_B, \Delta x_A, \Delta x_B, \text{sign}(\Delta x_A)$ та $\text{sign}(\Delta x_B)$ – відповідно дійсні значення похибки вимірювання та полярності цих похибок вхідного і заданого профілю.

Ці значення вимірюються в координатних системах, які мають наступні похибки [5]

$$x_{OA} = x'_{OA} + \Delta x_{OA} \cdot \text{sign}(\Delta x_{OA}), x_{OB} = x'_{OB} + \Delta x_{OB} \cdot \text{sign}(\Delta x_{OB}),$$

тому

$$\begin{aligned} x_{AB} &= x_A - x_B = (x_A - x_{OA}) - (x_B - x_{OB}) = \\ &= (x'_A - x'_B) + (\Delta x_A \cdot \text{sign}(\Delta x_A) - \Delta x_B \cdot \text{sign}(\Delta x_B)) - \\ &- (x'_{OA} - x'_{OB}) + (\Delta x_{OA} \cdot \text{sign}(\Delta x_{OA}) - \Delta x_{OB} \cdot \text{sign}(\Delta x_{OB})) \end{aligned} \quad (1)$$

Для досягнення рівності $x_{AB} = x'_A - x'_B$ повинні виконуватися наступні умови:

$$\Delta x_A = \Delta x_B; \text{sign}(\Delta x_A) = \text{sign}(\Delta x_B); x_{OA} = x_{OB}; \Delta x_{OA} = \Delta x_{OB}; \text{sign}(\Delta x_{OA}) = \text{sign}(\Delta x_{OB}).$$

Ці похибки можна розділити на дві категорії: похибки вимірювання координат x_A і x_B у відповідних координатних системах $x_A O_A y_A$ і $x_B O_B y_B$ ($\Delta x_A; \text{sign}(\Delta x_A); \Delta x_B; \text{sign}(\Delta x_B)$); методичні похибки вибору та вимірювання у відповідних координатних системах $x_{OA}; x_{OB}; \Delta x_{OA}; \Delta x_{OB}; \text{sign}(\Delta x_{OA})$ та $\text{sign}(\Delta x_{OB})$.

Розглянемо мінімізацію методичних похибок. Формула (1) перетвориться:

$$x_{AB} = x_A - x_B = (x'_A - x'_B) + (\Delta x_A \cdot \text{sign}(\Delta x_A) - \Delta x_B \cdot \text{sign}(\Delta x_B)). \quad (2)$$

Це означає, що для мінімізації методичних погрешностей вимірювання відстані між точками A і B , система координат повинна переноситися в точку A .

Встановлення належності вимірюваного об'єкта до того чи іншого класу з довірчою ймовірністю результатів вимірювання параметрів об'єкта контролю щодо значень параметрів його еталонного образу можливе лише при однакових умовах експлуатації вимірювального каналу. При цьому дестабілізуючі фактори a_1, a_2, \dots, a_m при вимірюванні параметра x контрольованого об'єкта можуть бути ідентичними з дестабілізуючими факторами b_1, b_2, \dots, b_k при порівнянні параметра з заданим номінальним.

Така структура співпадає зі структурною моделлю диференціального пристрою з тимчасовим поділом вхідних сигналів (рис. 1).

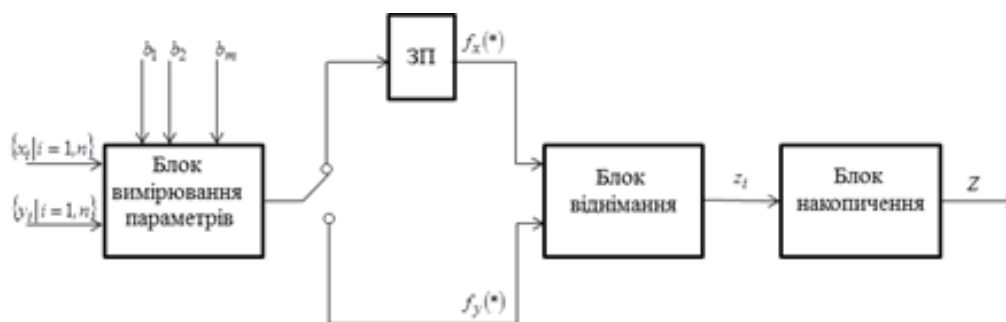


Рисунок 1. Узагальнена схема структурної моделі блоку оцінки міри відхилення

Таким чином, у запропонованій узагальненій моделі блоку оцінки міри відхилення, параметри контрольованого об'єкту і його еталонного образу вимірюються одним і тим же каналом і процеси вимірювання параметрів образів протікають в одних і тих же умовах. Тому дестабілізуючі фактори, що впливають на вимірювальні процеси при вимірюванні значень параметрів контрольованого об'єкту і його еталонного образу однакові.

Для зберігання даних еталонного образу в режимі навчання використовується запам'ятовуючий пристрій, коли перемикач встановлений у верхньому положенні.

Тоді модель процесу оцінки міри відхилення (МВ) між номінальним профілем і точками фактичного профілю об'єкта вимірювання буде мати вигляд:

$$Z = F[f_x(x; a_1, a_2, \dots, a_m); f_y(y; b_1, b_2, \dots, b_k)], \quad (3)$$

де $f(\cdot)$ – функція підсумовування значень параметрів з дестабілізуючими факторами; $F(\cdot)$ – функція оцінки міри збігу між параметрами контрольованого об'єкту і еталонного образу.

Процес обробки та аналізу контрольованих даних на КВМ здійснюється в умовах неперервного процесу вимірювання деталей і супроводжується зашумленням інформаційного потоку недетермінованим джерелом перешкод.

Розглянемо, як формуються перешкоди при поширенні вимірювальної інформації між системами КВМ. Для виявлення основних закономірностей вважаємо, що вимірювання проводиться в одній точці поля τ_i і всі інерційності мають тимчасової характер, а система інваріантна до тимчасового зрушення. При цьому співвідношення між характеристикою i -ої інформативної властивості і вихідною

величиною мають вигляд [6]

$$a_1(t) = \int_0^{\infty} a(\tau_i) k(\tau_i - t) d\tau_i, \quad (4)$$

де $a(\tau_i)$ – характеристика однієї i -ої властивості, яка змінюється в часі, але однакова на елементарній тимчасовій структурі; $k(\tau_i - t)$ – ядро інтегрального перетворення, рівне згортку (скалярному добутку) ядер всіх дифракційних і фокусуєчих середовищ, або реакція системи на вхідний δ -імпульс.

З (4) видно, що $a_1(t)$ відрізняється від характеристики $a(t)$ і є деякою середньозваженою з вагою $k(\tau_i - t)$ величиною.

Величина $a_1(t)$ може дорівнювати характеристиці $a(\tau_i)$ тільки в тому випадку, якщо ядро інтегрального перетворення (4) буде δ -функцією [6].

Якщо $k(\tau_i - t)$ як скалярний добуток ядер процедур дифракції-фокусування розширюється, то це є результатом інерційності і перешкод. Вважаємо, що крім розширення ядра $k(\tau_i - t)$ є ще й похибки мультиплікативного і адитивного характеру:

$$a_1(t) = \int_0^T (k_0 + \Delta k_0) [f(\tau_i - t) + \Delta f] [a(\tau_i) + \Delta a] d\tau_i + \Delta_{CT}, \quad (5)$$

де ядро $k(\tau_i - t)$ представлено як добуток коефіцієнта k на нормовану на одиницю функцію ядра $f(\tau_i - t)$; Δk , Δf , та Δa – відповідно абсолютні значення похибок коефіцієнта k , функції f і величини характеристики a ; Δ_{CT} додаткова адитивна похибка, що виникає в системі від статичних перешкод і не залежить від інерційності системи; інтегрування береться в кінцевих межах.

У цьому випадку, нехтуючи величинами другого порядку малості, абсолютна похибка системи

$$\Delta = \Delta_{CT} + k \int_0^T \Delta a f(\tau_i - t) d\tau_i + \int_0^T \Delta k f(\tau_i - t) a(\tau_i) d\tau_i + k \int_0^T [f(\tau_i - t) - \delta(\tau_i - t) a(\tau_i)] d\tau_i. \quad (6)$$

Оскільки перші два доданки (6) слабо залежать від часу T і визначаються в першу чергу статистичною перешкодою Δ_{CT} і перешкодою, що утворює абсолютну похибку характеристики Δa , вони представляють адитивну складову похибки. Третій доданок (6) обумовлюється зміною коефіцієнта k і є мультиплікативною складовою похибки. Четвертий доданок є функцією часу і представляє динамічну складову похибки. Друга і третя складові також залежать від t , але оскільки зміна величин Δa та Δk носить флюктуаційний характер, їх зміна від параметра мала в порівнянні з наступним членом.

Таким чином характеристику i -ої інформативної властивості можна представити у вигляді вимірної величини $a_i(t)$ з абсолютною похибкою, яка дорівнює сумі адитивної, мультиплікативної і динамічної. Величини похибок є еквівалентом наших інтегральних знань про систему.

Стійкість до зашумлення даних та інваріантність до довільного фону в КВМ може забезпечити нейромережевий метод обробки даних. Для цього в ІКП КВМ передбачений нейромережевий блок, заснований на роботі штучних нейронних мереж, попередньо навчених і адаптованих на об'єктах розглянутих класів. Робота нейромережевого блоку ґрунтується на апріорній інформації про контрольовану поверхню та на вимірювальній інформації, яка надходить з других систем КВМ в кожен момент часу.

Висновки

У запропонованій моделі відображені основні етапи вимірювання параметрів контрольованого об'єкту і його еталонного образу і враховані механізми виникнення та накопичення похибок в каналах вимірювань.

Розглянуто процес формування перешкод при поширенні вимірювальної інформації між системами КВМ.

Встановлено, що стійкість до зашумлення даних в КВМ може забезпечити нейромережевий метод обробки даних.

Література

- [1] Координатные измерительные машины и их применение / [Каспарайтис А.Ю., Модестов М.Б., Раманаускас З.А. и др.]; под. ред. А.А. Гапшис. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
- [2] Квасников В.П. Повышение точности и быстродействия информационно-измерительных систем механических величин объектов со сложными пространственными поверхностями / В. П. Квасников. – Черкассы: Черкасский институт управления, 2002. – 192 с.
- [3] Pereira P.H. Characterization and compensation of dynamic errors of a scanning coordinate measuring machine / P.H. Pereira, R.J. Hocken // Precision Engineering. – 2007. – Volume 31, Issue 1. – P. 22 – 32.
- [4] Квасников В.П. Анализ влияния дестабилизирующих факторов на работу биканальной координатно-измерительной машины / В.П. Квасников, А.Г. Баранов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2006. – №2 (18). С. 52 – 56.
- [5] Аббасзаде А.А. Математическая модель процесса оценки достоверности распознавания образов / А.А. Аббасзаде, Р.К. Мамедов, И.А. Акберов // Управляющие системы и машины. – 2007. - №6. – С. 24 – 27.