

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПОРІЗУ ДОВГОМІРНИХ МАТЕРІАЛІВ

А. О. Панич, ст. викладач,
Сумський державний університет
info@ksu.sumdu.edu.ua

У технологічних лініях мірного порізу довгомірних матеріалів, що рухаються, якими можуть бути, наприклад, труби, сортовий прокат, гнуті профілі, деревні плити та інше, широко використовуються летючі пили [1, 2]. Несучим органом летючої пили є платформа, на якій розміщене обладнання різальної системи. Робочий цикл електропривода платформи містить періоди робочого та зворотного ходів. Траєкторія робочого ходу містить ділянки розгону з переслідуванням перерізу різання оброблюваного виробу та руху зі сталою швидкістю відносно матеріалу з виконанням технологічної операції різання. Електропривід платформи працює з високою частотою вмикань і характеризується великими витратами електроенергії в перехідних процесах. Попередній аналіз та модельні дослідження процесів керування летючою пилою з урахуванням випадкових змін параметрів приводів платформи та оброблюваного виробу показують, що відомі закони руху та способи їх реалізації не завжди забезпечують необхідну точність порізу.

Одним із шляхів підвищення точності порізу довгомірних матеріалів є надання системі керування летючої пили властивості адаптивності на основі машинного навчання та розпізнавання образів [3, 4]. При цьому система керування функціонує роздільно в часі у двох режимах: навчання, на якому будуються вирішальні правила та екзамену, на якому безпосередньо в робочому режимі здійснюється оцінка поточного функціонального стану електропривода платформи й, у разі необхідності, формується відповідний корегуючий сигнал. В режимі навчання, в якому система керування функціонує як система підтримки прийняття рішень (СППР), людиною-оператором задається алфавіт класів розпізнавання, що характеризують можливі функціональні стани системи, і здійснюється формування навчальної матриці.

Розглянемо основні етапи реалізації інформаційно-екстремального алгоритму навчання системи керування розпізнавання функціональних станів електропривода платформи летючої пили в період її робочого ходу. На етапі навчання СППР здійснюється побудова вирішальних правил, які застосовуються в режимі екзамену. При цьому в рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології (ІЕІ-технології) [3, 4] побудова вирішальних правил здійснюється за багатоциклічною ітераційною процедурою оптимізації параметрів функціонування СППР шляхом пошуку глобального максимуму інформаційного критерію функціональної ефективності навчання системи в робочій (допустимій) області визначення його функції.

Як вхідний математичний опис розглядалися алфавіт $\{X_m^o \mid m = \overline{1, 3}\}$ класів розпізнавання і навчальна матриця $\|y_{m,i}^{(j)} \mid i = 1, N; j = 1, n\|$, де N, n – відповідно кількість ознак розпізнавання і векторів-реалізацій класів розпізнавання. Таким чином, алфавіт класів розпізнавання характеризував три функціональні стани СППР: клас X_1^o – «Норма», тобто керований рух платформи забезпечує поріз матеріалу із заданою точністю ± 3 мм, клас X_2^o –

«Менше норми», коли поріз матеріалу здійснюється з меншою довжиною, ніж «Норма», і клас X_3^o – «Більше норми», коли поріз матеріалу здійснюється з більшою довжиною, ніж «Норма».

Формування класифікованої навчальної матриці здійснювалось оператором шляхом моделювання на випробувальному стенді режимів функціонування СППР згідно із заданим алфавітом $\{X_m^o | m = \overline{1,3}\}$. При цьому на тахограмі сигналу завдання швидкості, що надходить із контролера летючої пили до електропривода платформи, було виділено п'ять характерних точок ($\tau = \overline{1,5}$), для яких було побудовано алфавіт параметричних класів розпізнавання $\{X_m^o(\tau)\}$. Перша точка на тахограмі відповідає моменту запуску платформи ($V_2=0$); друга – початку зміни завдання швидкості з заданим прискоренням $a_{зад}$; третя – початку зміни прискорення від $a_{зад}$ до 0; четверта – завданню швидкості $V_2 = V_1$, що дорівнює швидкості руху оброблюваного матеріалу; п'ята – спрацюванню механізму зчеплення.

Словник ознак розпізнавання складався з 23 параметрів, з яких 5 безпосередньо зчитуються з датчиків системи керування: переміщення і швидкості матеріалу та платформи – відповідно l_1 і V_1 та l_2 і V_2 і момент привода платформи M_2 . Крім того, враховано поточний час; різниці переміщень (l_1-l_2) та швидкостей (V_1-V_2); похідні моменту \dot{M}_2 та швидкостей \dot{V}_1 , \dot{V}_2 і \ddot{V}_2 ; вимірне значення статичного моменту M_c ; вимірне значення тривалості спрацювання механізму зчеплення; одержані від контролера летючої пили значення моменту та швидкості привода платформи; задані значення корекції швидкості синхронізації та положення запуску платформи, які використовуються у керуючому алгоритмі; значення миттєвої потужності та роботи струму на нагрівання якоря двигуна електропривода платформи; миттєва механічна потужність, механічна робота та кінетична енергія електропривода платформи.

Як критерій функціональної ефективності навчання СППР розглядалася модифікація інформаційного критерію Кульбака у вигляді добутку логарифмічного відношення правдоподібності – відношення повної ймовірності $P_{t,m}^k(\tau)$ правильного прийняття рішень про належність реалізації параметричному класу $X_m^o(\tau)$ до повної ймовірності помилкового прийняття рішень $P_{f,m}^k(\tau)$ на різницю цих повних імовірностей. Для двохальтернативної системи оцінок рішень модифікація критерію Кульбака за умови рівноймовірних гіпотез має вигляд

$$\begin{aligned}
 E_m^k(\tau) &= \log_2 \frac{P_{t,m}^k(\tau)}{P_{f,m}^k(\tau)} * [P_{t,m}^k(\tau) - P_{f,m}^k(\tau)] = \\
 &= \left| \begin{array}{l} P_{t,m}^k(\tau) = 0,5D_{1,m}^k(\tau) + 0,5D_{2,m}^k(\tau); \\ P_{f,m}^k(\tau) = 0,5\alpha_m^k(\tau) + 0,5\beta_m^k(\tau) \end{array} \right| = \\
 &= 0,5 \log_2 \left(\frac{D_{1,m}^k(\tau) + D_{2,m}^k(\tau)}{\alpha_m^k(\tau) + \beta_m^k(\tau)} \right) * \\
 &= \log_2 \left(\frac{2 - [\alpha_m^k(\tau) + \beta_m^k(\tau)]}{\alpha_m^k(\tau) + \beta_m^k(\tau)} \right) * \{1 - [\alpha_m^k(\tau) + \beta_m^k(\tau)]\} =
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $\alpha_m^k(\tau)$ – помилка першого роду прийняття рішення на k -му кроці навчання СППР розпізнавати реалізації параметричного класу $X_m^o(\tau)$; $\beta_m^k(\tau)$ – помилка другого роду; $D_{1,m}^k(\tau)$ – перша достовірність; $D_{2,m}^k(\tau)$ – друга достовірність.

У рамках ІЕІ-технології як параметри навчання розглядалися радіуси контейнерів, величина яких вимірювалася кодовою відстанню Хеммінга, і система контрольних допусків на ознаки розпізнавання, яка формувала еталонні (усереднені) вектори-реалізації класів розпізнавання, вершини яких визначали геометричні центри відповідних контейнерів.

Кількість реалізацій у навчальній матриці для кожного класу дорівнювала 40, що при використанні логарифмічної статистичної інформаційної міри забезпечує статистичну стійкість і репрезентативність навчальних вибірок, значення яких утворюють відповідні стовпчики багатовимірної навчальної матриці [3]. Сформована в процесі моделювання робочих циклів летючої пили вхідна навчальна матриця в процесі навчання СППР перетворювалася в бінарну, що дозволяло шляхом допустимих перетворень – оптимізації контрольних допусків на ознаки розпізнавання – адаптувати її з метою одержання максимальної достовірності розпізнавання функціональних станів системи.

Побудова вирішальних правил у процесі навчання здійснювалася шляхом оптимізації за критерієм (1) геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання, що відновлювалися в радіальному базисі бінарного простору ознак розпізнавання. При цьому пошук глобального максимуму критерію (1) здійснювався в робочій (допустимій) області визначення його функції.

Одержані в процесі навчання СППР оптимальні параметри навчання розглядаються як вхідні дані для системи керування, що функціонує в режимі екзамену. Прийняття рішень у режимі екзамену здійснюється шляхом визначення належності сформованого у відповідній точці тахограми вектора-реалізації поточного функціонального стану системи керування до одного із класів розпізнавання із заданого алфавіту $\{X_m^o | m = \overline{1,3}\}$. Згідно із визначеним класом розпізнавання формується корегуючий сигнал, який змінює, у разі необхідності, значення швидкості або моменту електропривода платформи.

Таким чином, використання інтелектуальної складової в системі керування електроприводом летючої пили дозволило підвищити точність порізу оброблюваних матеріалів і зменшити ресурсовитрати шляхом надання системі властивості адаптивності. Одним із перспективних напрямів подальших досліджень є розроблення інформаційного та програмного забезпечення системи керування електроприводом летючої пили, що функціонує в режимі самонавчання.

1. Червяков В. Д. Летучие механизмы как класс рабочих машин в аспекте задач управления/ В. Д. Червяков, А. А. Паньч // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сборник научных трудов. – Магнитогорск: МГТУ. – 1998. – Вып. 3. – С. 176-182.

2. Лимонов Л. Г. Автоматизированный электропривод промышленных механизмов / Л. Г. Лимонов. – Харьков: Изд-во "ФОРТ", 2009. – 272 с.

3. Краснополюсовський А. С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування: Підхід, що ґрунтується на методі функціонально-статистичних випробувань / А. С. Краснополюсовський. – Суми: Видавництво СумДУ, 2004. – 261 с.

4. Довбиш А. С. Основи проектування інтелектуальних систем: навчальний посібник / А. С. Довбиш. – Суми: Видавництво СумДУ, 2009. – 171 с.

