

КЛАСИФІКАЦІЙНИЙ РЕГУЛЯТОР ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИРОЩУВАННЯ МОНОКРИСТАЛІВ

В. В. Москаленко, аспірант,
Сумський державний університет
systemscoders@gmail.com

Основним із способів підвищення функціональної ефективності автоматизованої системи керування (АСК) вирощуванням монокристалів є надання їй властивості адаптивності. Як один із перспективних напрямів аналізу та синтезу адаптивних АСК є використання ідей і методів інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології (ІЕІ-технологія), що ґрунтується на машинному навчанні та розпізнаванні образів [1]. З цією метою в існуючу систему керування введено здатний навчатися класифікаційний регулятор (рис.1).

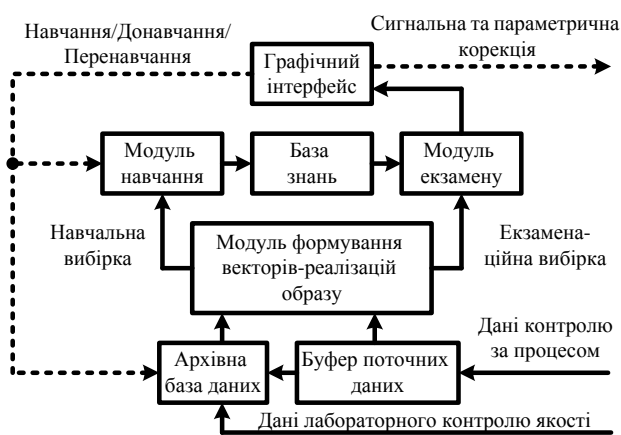


Рис. 1. Структура класифікаційного регулятора

Суть класифікаційного керування полягає в такому. Час вирощування монокристалу розбивається на R інтервалів і для кожного з них за архівними трендами аналогічних вирощувань формується алфавіт параметричних класів $\{X_m^o(\tau_r) | m = \overline{1, M}; r = \overline{1, R}\}$, що характеризують допустимі функціональні стани технологічного процесу на інтервалі τ_r . Для кожного інтервалу часу на етапі навчання адаптивного регулятора в рамках ІЕІ-технології апіорно нечітке розбиття простору ознак розпізнавання трансформується в чітке розбиття еквівалентності класів, що дозволяє побудувати безпомилкові за навчальною матрицею вирішальні правила.

Крім того, на етапі навчання при визначенні глобального максимуму інформаційного критерію функціональної ефективності (КФЕ) для кожного класу $X_m^o(\tau_r)$ обчислюється варіаційний ряд екстремальної порядкової статистики (ЕПС) з розподілом χ^2 , яка є чутливою до виходу значень ознак за межі своїх контрольних допусків внаслідок зношення вузлів і агрегатів АСК та об'єкту керування, або зміни умов їх експлуатації або збереження.

У режимі екзамену визначається поточний параметричний клас, з яким ідентифіковано відповідні сигнали параметричної та сигнальної корекції технологічного процесу. Додатково на етапі екзамену формується поточна ЕПС. Якщо ЕПС виходить за межі довірчого інтервалу, то приймається рішення про перенавчання на відповідному часовому інтервалі. Умовою донавчання є поява екзаменаційної вибірки, для якої усереднена функція належності менша за порогове значення. За виконання умови статистичної стійкості та однорідності даної вибірки вона подається в регуляторі як навчальна.

На рис. 2 показано ітераційний пошук усередненого за алфавітом та інтервалами нормованого ентропійного КФЕ [2] на кожній ітерації навчання для алфавіту із трьох параметричних класів при паралельно-послідовній оптимізації поля контрольних допусків на ознаки розпізнавання.

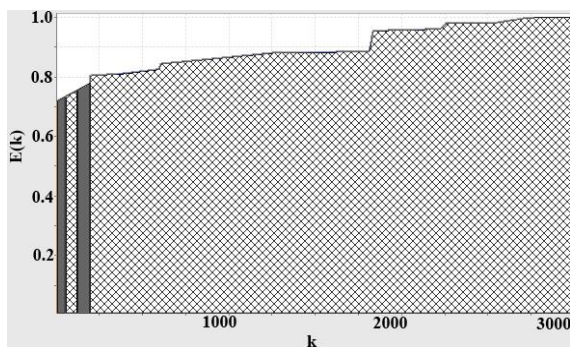


Рис. 2. Графік залежності КФЕ від кількості ітерацій k алгоритму паралельно-послідовної оптимізації полів контрольних допусків на ознаки розпізнавання

Стабільність діаметра вирощеного монокристалу вважають непрямим показником якості. Тренди контролю діаметра на деякому відрізку часу до і після застосування класифікаційного регулятора наведено на рис. 3.

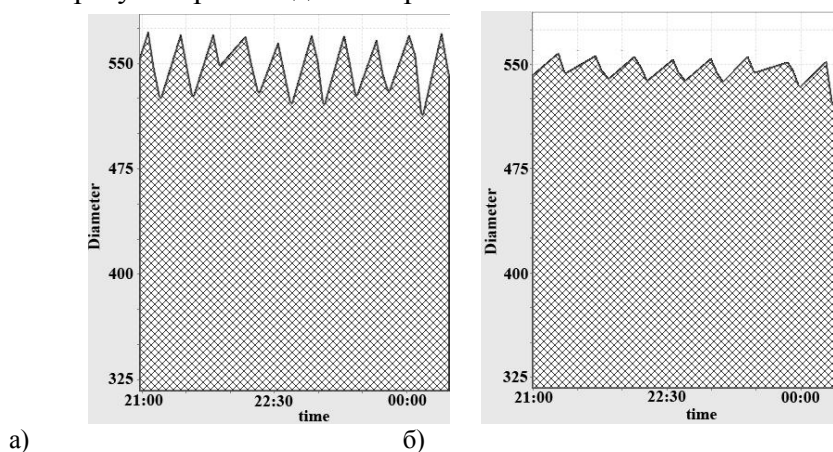


Рис. 3. Тренди контролю за діаметром монокристалу при завданні 550 мм: а) традиційна АСК; б) АСК з класифікаційним регулятором

Аналіз рис. 3 показує, що внаслідок своєчасної корекції відхилення діаметру монокристалу в процесі його вирощування зменшилися вдвічі.

Таким чином, за результатами фізичного моделювання в рамках ІЕІ-технології побудовано безпомилкові за навчальною матрицею вирішальні правила, які забезпечують при функціонуванні регулятора в режимі екзамену наближену до одиниці повну ймовірність прийняття правильних керуючих рішень.

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

2. Довбиш А. С. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень для керування вирощуванням монокристалів / А.С. Довбиш, В. С. Суздаль, В. В. Москаленко // Вісник СумДУ. Серія технічні науки. – 2011. – №1. – 39 с.

