

ЗАДАЧА ОЦІНЮВАННЯ КООРДИНАТ ВЕКТОРУ СТАНУ ВИЯВЛЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ МЕЖ СТАДІЙ БАГАТОСТАДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В даній статті розв'язана задача оцінювання координат вектору виявлення нечітко виражених меж стадій БСТП. Проведені дослідження направлені на підвищення ефективності функціонування системи управління БСТП, за рахунок створення ефективних методів аналізу і синтезу систем управління і автоматизації.

Решена задача оценивания координат вектора обнаружения нечетко выраженных границ стадий многостадийных технологических процессов (МСТП). Проведены исследования направленные на повышение эффективности функционирования системы управления МСТП, за счет создания эффективных методов анализа и синтеза систем управления и автоматизации.

Evaluation task of uncertainly expressed limits detection vector coordinates of multiphase technological processes (MSTP) stages is solved. researches aimed at functionality effectiveness of MSTP control system increase due to creation of effective methods of analysis and synthesis of control the system and automation.

Вступ. Обґрунтування напрямків дослідження

Для багатостадійних технологічних процесів (БСТП), як об'єктів моделювання характерна багатовимірність, нелінійність, нестационарність, невизначеність умов поведінки процесів на стиках стадій за рахунок їх подовженості. Неповнота вектору стану накладає відповідну обмеженість на якість одержаної інформації для формування алгоритмів функцій управління як в межах стадій, так і на стиках цих стадій.

Хоча загальна математична теорія моделювання диференціальних рівнянь розроблена досить добре, їх використання для моделювання промислових БСТП ускладнене через недостатність ланцюга досліджень, які пов'язані з реальним часом функціонування цих об'єктів.

Особливу актуальність набуває математичне моделювання як самого об'єкту, так і розробки моделей функцій управління БСТП. Тому задача оцінювання координат вектору виявлення параметрично невизначених меж стадій БСТП є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для математичного моделювання багатостадійних технологічних процесів властивим є формальне зображення цієї системи, яке складається з структуризації об'єкту, формалізації елементів БСТП у просторі і часі, формалізації просторово-часової між цими елементами. Питання структуризації, формалізації і взаємодії елементів технологічних систем вивчалися В.В. Кафаровим, В.П. Мешалкіним, М.З. Згуровським [6-8]. Але в цьому напрямку залишилось нерозв'язаним питання спряження елементів БСТП з неповною інформацією про вектор стану, нечітко виражених в умовах розриву випадкової подовженості стадії [1-5].

Мета дослідження

Отже, метою досліджень є розв'язання задачі оцінювання координат вектору виявлення параметрично невизначених меж стадій БСТП, за рахунок створення ефективних методів аналізу і синтезу систем управління і автоматизації БСТП.

Основні результати публікації

Для розв'язання задачі оцінювання, припустимо, що рівняння стану і вимірювання щодо вектора координат, які з'являються і зникають, мають вигляд

$$\dot{x}_{i_{ВИЯВ}}(t) = A_{i_{ВИЯВ}} x_{i_{ВИЯВ}}(t) + B_{i_{ВИЯВ}} u_{i_{ВИЯВ}}(t) + \omega_{1i_{ВИЯВ}}(t), \quad x(t_{0i}) = x_{0i}, \quad (1)$$

$$y_{i_{ВИЯВ}}(t) = C_{i_{ВИЯВ}} x_{i_{ВИЯВ}}(t) + \omega_{2i_{ВИЯВ}}(t), \quad (2)$$

де

$$x_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\eta}, u_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\mu}, y_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\nu}, A_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\eta \times \eta}, B_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\eta \times \mu}, C_{i_{ВИЯВ}} \in R^{\nu \times \eta}, t \in R^1, t_{i-1} \leq t \leq t_i,$$

$$\eta = \sum_{i=1}^N \eta_i, \quad \mu = \sum_{i=1}^N \mu_i, \quad \nu = \sum_{i=1}^N \nu_i, \quad \omega_1 \in R^{\eta}, \quad \omega_2 \in R^{\nu}.$$

Моменти перемикання t_i стадії визначимо з рівняння

$$t_i = \arg\{g_i(x_{i_{ВИЯВ}}, \alpha, \alpha) = 0\}. \quad (3)$$

Рівняння оцінки стану вектора виявлення прийме вигляд

$$\hat{x}_{i_{ВИЯВ}}(t) = A_{i_{ВИЯВ}} \hat{x}_{i_{ВИЯВ}}(t) + B_{i_{ВИЯВ}} u_{i_{ВИЯВ}}(t) + K_{П_{ВИЯВ}} (y_{ВИЯВ}(t) - C_{i_{ВИЯВ}} \hat{x}(t)). \quad (4)$$

Тут $K_{П_{ВИЯВ}}$ – коефіцієнт підсилення фільтру Калмана.

У випадку, якщо умови виявлення меж стадій задані по вектору стану $x_{i_{ВИЯВ}}^*$, сформулюємо наступні гіпотези

$$H_1 : \quad \hat{x}_{i_{ВИЯВ}} = x_{i_{ВИЯВ}}^* , \quad (5)$$

$$H_2 : \quad \hat{x}_{i_{ВИЯВ}} \neq x_{i_{ВИЯВ}}^* .$$

де гіпотеза H_1 відповідає наявності корисної інформації про розрив стадії, а гіпотеза H_0 – її відсутності.

Якщо умови виявлення меж стадій задані по вектору вимірювання $y_{i_{ВИЯВ}}^*$, то гіпотези приймуть вигляд

$$H_1 : \quad C_{i_{ВИЯВ}} \hat{x}_{i_{ВИЯВ}} = y_{i_{ВИЯВ}}^* , \quad (6)$$

$$H_2 : \quad C_{i_{ВИЯВ}} \hat{x}_{i_{ВИЯВ}} \neq y_{i_{ВИЯВ}}^* .$$

Вибір однієї з можливих гіпотез здійснюватиме блок виявлення меж стадії (БВМС) [2-5]. Вихідний сигнал БВМС однозначно визначає вид гіпотези. При кожному фіксованому сигналі на вході БВМС вихідний сигнал характеризує точку простору спостережень, яка вибирається згідно з деякою імовірнісною мірою, заданою на цьому просторі. За отриманими спостереженнями за допомогою правила вибору рішення приймаємо одне з можливих рішень, вказуючи, яку гіпотезу слід прийняти. У бінарному завданні вибору рішення можливі помилки двох родів. У разі ухвалення гіпотези H_0 , коли насправді вона невірна, називають пропуском сигналу (помилка другого роду), вірогідність ухвалення такого рішення $P_{ПС}$.

Можна прийняти гіпотезу H_1 , коли насправді вірна гіпотеза H_0 , тобто ухвалити рішення про те, що сигнал присутній, коли його насправді немає – це вірогідність помилкової тривоги (помилка першого роду) $P_{ПТ}$ [1].

При ухваленні рішень для двох параметрів, розподілених по будь-якому закону, вірогідність пропуску сигналу визначається

$$P_{ПС} = \int_{-\infty}^{z_T} P(\alpha/H_1) d\alpha. \quad (7)$$

Вірогідність помилкової тривоги визначаємо аналогічно

$$P_{ПТ} = \int_{z_T}^{\infty} P(\alpha/H_0) d\alpha, \quad (8)$$

де α – параметр за яким спостерігають, z_T – значення уставки виявлення параметра за яким спостерігають, $P(\alpha/H)$ – функція правдоподібності. Якщо помилкове виявлення і пропуск мають однакові наслідки, то шляхом вибору значення уставки z_T будемо мінімізувати суму вірогідностей

$$P_{ПС+ПТ} = P_{ПС} + P_{ПТ} = \int_{-\infty}^{z_T} P(\alpha/H_1) d\alpha + \int_{z_T}^{\infty} P(\alpha/H_0) d\alpha. \quad (9)$$

Мінімум помилок буде забезпечений з умови

$$\frac{dP_{ПС+ПТ}}{dz_T} = 0 = P(z_T/H_1) - P(z_T/H_0). \quad (10)$$

Таким чином, значення порогу z_T співпадає з тим значенням змінної α , при якому виявляються рівними значення щільностей вірогідності. Найбільш відповідним правилом вибору рішення в даному випадку буде критерій відношення правдоподібності

$$H(\alpha) = \frac{P(\alpha/H_1)}{P(\alpha/H_0)} > 1, \quad \text{то } y_{ВИЯВ}(t) = y_{ВИЯВ}^*. \quad (11)$$

$$H(\alpha) = \frac{P(\alpha/H_1)}{P(\alpha/H_0)} \leq 1, \text{ то } уВИЯВ(t) \neq у^*ВИЯВ. \quad (12)$$

Використовуючи теорему Байєса, $H(\alpha)$ можна представити як відношення апостеріорних вірогідностей

$$H(\alpha) = \frac{P(H_1/\alpha)P(\alpha)/P(H_1)}{P(H_0/\alpha)P(\alpha)/P(H_0)} = \frac{P(H_1/\alpha)P(H_0)}{P(H_0/\alpha)P(H_1)}. \quad (13)$$

Використовуючи критерій Неймана-Пірсона, ми можемо, наклавши обмеження на одну з помилок, мінімізувати другу помилку. У разі, коли з названими помилками пов'язані різні втрати, скористаємося байєсовськими критеріями.

Введемо значення наступних втрат:

C_{00} – втрати при ухваленні гіпотези H_0 , коли насправді справедлива гіпотеза H_0 .

C_{01} – втрати при ухваленні гіпотези H_0 , коли насправді справедлива гіпотеза H_1 .

C_{10} – втрати, пов'язані з ухваленням гіпотези H_1 , коли насправді справедлива гіпотеза H_0 .

C_{11} – втрати, пов'язані з ухваленням гіпотези H_1 , коли насправді справедлива гіпотеза H_1 .

C_{00}, C_{11} - характеризують втрати при ухваленні правильних рішень.

C_{01}, C_{10} – втрати при помилкових рішеннях.

Якщо правилом вибору рішення є просте порівняння результату спостереження з порогом, то приймається гіпотеза H_1 , якщо $\alpha > z_T$; та приймається гіпотеза H_0 , якщо $\alpha < z_T$. Ризик I можна записати у вигляді наступного виразу

$$I = C_{00}P(H_0) \int_{-\infty}^{z_T} P(\alpha/H_0) d\alpha + C_{01}P(H_1) \int_{-\infty}^{z_T} P(\alpha/H_1) d\alpha + \\ + C_{10}P(H_0) \int_{z_T}^{\infty} P(\alpha/H_0) d\alpha + C_{11}P(H_1) \int_{z_T}^{\infty} P(\alpha/H_1) d\alpha. \quad (14)$$

Значення порогу z_T вибираємо так, щоб мінімізувати значення байєсовського ризику (14). У випадках, що розглядаються в роботі, втрати невід'ємні і при неправильних рішеннях більше втрат правильних рішень $C_{00} < C_{10}, C_{11} > C_{01}$. Враховуючи, що

$$\int_{\beta}^{\infty} P(\alpha/H) d\alpha = 1 - \int_{-\infty}^{\beta} P(\alpha/H) d\alpha, \quad (15)$$

то замість (14) отримаємо

$$I = C_{00}P(H) + C_{11}P(H_1) + \int_{-\infty}^{z_T} [(C_{10} - C_{00})P(H_0)P(\alpha/H_0) + \\ + (C_{01} - C_{11})P(H_1)P(\alpha/H_1)] d\alpha. \quad (16)$$

Від значення порогу z_T в (16) залежать тільки складові інтеграла. Диференціюючи (16) по z_T і прирівнюючи похідну до нуля, отримаємо необхідні умови значення порогу

$$(C_{10} - C_{00})P(H_0)P(z_T/H_0) = (C_{01} - C_{11})P(H_1)P(z_T/H_1), \quad (17)$$

або еквівалентно

$$\frac{P(z_T/H_1)}{P(z_T/H_0)} = \frac{(C_{10} - C_{00})P(H_0)}{(C_{01} - C_{11})P(H_1)}. \quad (18)$$

Зліва – функція $H(\alpha)$ відношення правдоподібності, справа – функція значення порогу τ .

$$\tau = \frac{(C_{10} - C_{00})P(H_0)}{(C_{01} - C_{11})P(H_1)}. \quad (19)$$

Для нормальних законів розподілу зручніше значення відношення правдоподібності $H(\alpha)$ і порогу τ представляти у логарифмічному вигляді

$$\ln z(\alpha) < \ln \tau. \quad (20)$$

Запропонований підхід до виявлення меж стадій є розв'язанням реальної проблеми, направленої на

підвищення ефективності функціонування системи управління БСТП.

Висновки

Розв'язана задача оцінювання координат вектору виявлення нечітко виражених меж стадій для визначення моментів перемикання стадій, чим знімається невизначеність умов спряження кусково-неперервних розв'язків диференціальних рівнянь траєкторного руху. Рішенням є значення сигналу «одиниця» або «нуль» залежно від висунутої гіпотези умов закінчення стадії. Проведені дослідження направлені на підвищення ефективності функціонування системи управління БСТП.

Література

1. Кузьмин И.В., Явна А.А., Ключко В.И. Элементы вероятностных моделей АСУ. – М.: Советское радио, – 1975. – 336 с.
2. Лысогор В.Н., Волосович А.Э., Черныш Н.А. Оптимальное оценивание координат состояния многомерного объекта. – Винница. – 1985. – 12 с. – Деп. В УкрНИИИТИ 27.09.85., № 2358-Ук.
3. Лысогор В.Н., Волосович А.Э., Осадчук А.П. Оптимальное наблюдение выходных координат многомерного объекта на основе СМ-3-КАМАК-Электроника ДЗ-28. Винница. – 1985. – 8. – Деп. В УкрНИИИТИ 27.09.85., № 2356-Ук.
4. Лысогор В.Н., Волосович А.Э., Григорьев А.П. Разработка подсистемы обнаружения стадий технологического периодического процесса на базе средств микропроцессорной технике. – Винница. – 1987. – 9с. – Деп. В УкрНИИИТИ 14.09.87., № 2484-Ук-87.
5. Зубарев В.В., Лысогор В.Н., Селезнева Р.В. Моделирование различения стадий многостадийного технологического процесса // Висник ВПИ. – 1994. – № 1. – С. 13-17.
6. Згуровский М.З., Новиков А.Н. Системный анализ стохастических распределенных процессов: (Моделирование, оценивание состояний, идентификация). – Киев: УМКВО, 1988. – 204 с.
7. Иерархическая модель и квазидинамический алгоритм оптимизации качества продукции дискретно-непрерывных химико-технологических систем / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин и др. / ДАН СССР. – 1983. – Т. – 270. – № 3. – С. 656-659.
8. Лысогор В.М., Циганенко О.М. Задача структуризації та ідентифікації багатостадійних технологічних процесів.: Матеріали ІХ Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2008). – Вінниця, 21-24 жовтня 2008 р.

Надійшла 8.12.2008 р.