

- форма листа (прямокутник, декілька прямокутників, смуга, багатокутник з забороненими зонами);
- періодичне розміщення на листі (1);
- періодичне розміщення на листах;
- періодичне розміщення на смузі (2);
- розміщення лекал на листі у вузлах решітки (1);
- нерегулярне розміщення на основі R^2 – функцій (2).

Крім того, запропоновано розробити уніфікований графічний редактор для синтезу форми лекал і для інтерактивної корекції розміщення їх на листі.

Для забезпечення користувача системи повною інформацією доцільно в її структуру ввести підсистему розрахунку площі, об'єму і ваги матеріалу, що розкроюється, а також загальної ваги деталей, процента використання матеріалу, ваги кожної деталі з отворами і без.

У структуру системи входить постпроцесор для задання різних технологічних параметрів обробки: методів підходу і відходу від контуру деталі ріжучого засобу, напряму і порядку обходу контурів, корекції на інструмент, облік розміру (діаметра) інструмента, задання і облік властивостей матеріалу листа і технологічних параметрів, що налаштовуються. Постпроцесор взаємодіє з бібліотекою різних типів плотерів, машин і верстатів з ЧПК.

Така структура дає можливість перейти до наступної стадії процесу розробки САПР розкрою – формування розробниками компонент її проектного опису на детальнішому щодо попередньої стадії рівні деталізації з координацією часткових задач проектування..

1. Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Расчет рационального раскроя промышленных материалов. М., 1951. 2. Стоян Ю.Г.. Размещение геометрических объектов. К., 1975. 3. WWW.CADCRAFT.SE.

УДК 621.77

Б. Кузнецов, А. Калногуз, А. Чаусов, О. Соляник, Т. Кузнецова
Українська інженерно-педагогічна академія

ОПТИМАЛЬНОЕ ЦИФРОВОЕ КЕРУВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ

© Кузнецов Б., Калногуз А., Чаусов А., Соляник О., Кузнецова Т., 2001

Наведено метод оптимального цифрового керування багатоканальними системами з ітеративною структурою.

Розглянемо багатоканальну систему, яка містить n каналів керування, кожен з яких описується у просторі стану $\tilde{X}_i(i)$ рівнянням [1]:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_k(i+1) &= A_k(i)\tilde{x}_k(i) + b_k(i)u_k(i); \\ y_k(i) &= c_k(i)\tilde{x}_k(i), \end{aligned} \quad (1)$$

і збурення $Q(t)$, яке являє собою вихідну змінну лінійної системи (формулюючого фільтра)

$$\begin{aligned} \tilde{x}_b(i+1) &= A_b(i)\tilde{x}_b(i) + W_b(i); \\ \theta(i) &= c_b(i)\tilde{x}_b(i), \end{aligned} \quad (2)$$

яка збуджується "білим" шумом із коваріційною матрицею $V_b(t)$.

Введемо вектор $\bar{x}(i) = \{x_1^T(i), x_2^T(i), x_n^T(i), x_b^T(i)\}^T$ розширеного простору стану системи, в якому система описується рівнянням

$$\bar{x}(i+1) = A(i) + \bar{x}(i) + B(i)u(t) + \bar{W}_1(t), \quad (3)$$

де $\bar{x}(i+1) = A(i) + \bar{x}(i) + B(i)\bar{u}(t) + \bar{W}_1(t)$.

Задача синтезу оптимальної системи керування може бути зведена до мінімізації критерію [2]:

$$J = M\left\{ \sum_{L=i_0}^{i_1-1} [z^T(i+1)R_3(i+1)z(i+1) + u^T(i)R_2(i)u(i)] \right\}, \quad (4)$$

Компонентами вектора $\bar{Z}(i) = D(i)\bar{X}(i)$ є вектор помилок $\varepsilon(i)$ багатоканальної системи, а також деякі компоненти $X_i(i)$ вектора стану багатоканальної системи, які необхідно обмежувати при оптимальному синтезі, R_3 та R_2 – вагові не негативно-означена та позитивно-означена матриці.

Мінімум критерію (4) додає лінійний регулятор.

$$u(i) = -F(i)x(i),$$

де

$$F(i) = \{ R_2(i) + B^T(i)[R_1(i+1) + P(i+1)] \times \\ \times \tilde{A}(i)B(i) \} \bullet B^T(i)[R_1(i+1) + P(i+1)]\tilde{A}$$

Тут $P(t)$ – рішення рівняння типу Ріккати:

$$p(i) = \tilde{A}^T(i)[R_1(i+1) + P(i+1)] \times \\ \times [\tilde{A}(i) - \tilde{B}(i)F(i)]$$

з нульовою кінцевою умовою.

Будемо синтезувати оптимальний k -й канал таким чином, щоби помилка $e_k()$ була мінімальною при виконанні обмежень на управління $u_k(i)$ та змінні стану k -го каналу [3]. Припустимо, що еквівалентний задаючий вплив може бути поданий як вихідна змінна лінійної системи

$$x_{bk}(i+1) = A_{bk}(i)x_{bk}(i) + \bar{W}_{bk}(i); \Theta_k(t) = C_{bk}(t)x_{bk}(t), \quad (5)$$

який збуджується сигналом типа "білого" шуму з матрицею інтенсивностей $V_{bk}(t)$. Введемо вектор розширеного простору стану k -го каналу, в якому розширена система описується рівнянням

$$\tilde{x}_k(i+1) = \tilde{A}_k(i)\tilde{x}_k(i) + \tilde{B}_k(i)u_k(i) + \bar{W}_{ld}(i), \quad (6)$$

де

$$\tilde{A}_k(i) = \begin{bmatrix} A_k(i) & \\ & A_{bk}(i) \end{bmatrix}, \tilde{B}_k(i) = \begin{bmatrix} B_k(i) \\ B_{bk}(i) \end{bmatrix}, \\ \bar{W}_{kl}(i) = \begin{bmatrix} \bar{W}_k(i) \\ \bar{W}_{bk}(i) \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Матриця дисперсій $V_{k1}(i)$ сигналу $\bar{W}_{bk}(i)$ має правий нижній блок, який дорівнює $V_{Bk}(i)$.

Помилка k -канальної системи $\varepsilon_k(i) = \Theta_k(i) - y_k(i)$ може бути визначена таким чином

$$\varepsilon_k(i) = \tilde{C}(i)x_k(i). \quad (8)$$

Тоді оптимальний синтез k -го каналу може бути зведений до мінімізації критерію

$$J_k = M \left\{ \sum_{L=i_0}^{u-i} [\tilde{z}_k^T(i+1) R_{3k}(i+1) \tilde{z}_k(i+1) + R_{2k}(i) u_k^2(i)] \right\}, \quad (9)$$

де компонентами вектору $z_k(i) = D_k(i)x_k(i)$ є помилка $e_k(i)$ k – каналної системи і деякі компоненти вектору стану k -го каналу, які необхідно обмежувати при синтезі; $R_{3k}(i)$ – вагова не негативно-означена матриця, $R_{2k}(t)$ – позитивний ваговий множувач.

Мінімум критерію (9) додає лінійний регулятор

$$u_k(i) = -F_k(i)x_k(i), \quad (10)$$

де

$$F_k(i) = \left\{ R_{2k}(i) + B_k^T(i)[R_{1k}(i+1) + P_k(i+1)] \times \right. \\ \left. \times \tilde{A}_k(i) \tilde{B}_k(i) \right\}^{\dagger} \bullet \tilde{B}_k^T(i)[R_{1k}(i+1) + P_k(i+1)] \tilde{A}_k(i). \quad (11)$$

Тут $P_k(t)$ – рішення рівняння типу Ріккати:

$$P_k(i) = \tilde{A}_k^T(i)[R_{1k}(i+1) + P_k(i+1)] \times \\ \times [\tilde{A}_k(i) - \tilde{B}_k(i)F_k(i)] \quad (12)$$

з нульовою кінцевою умовою.

Задаючий вплив для $k+1$ -го каналу може бути визначений як вихідна координата динамічної системи:

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_k(i+1) \\ \hat{x}_k(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{A}_k(i) & -\tilde{B}_k(i)F_k(i) \\ k_k(i)\tilde{c}_k(i) & \tilde{A}_k(i) - k_k(i)\tilde{C}_k(i) - B_k(i)F_k(i) \end{bmatrix} \times \\ \times \begin{bmatrix} \tilde{x}_k(i) \\ \hat{x}_k(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_{1k}(i) \\ k_k(i)f_k(i) \end{bmatrix}. \quad (13)$$

$$\Theta_{k+1}(t) = \tilde{c}_k \tilde{x}_k(i) \quad (14)$$

після синтезу оптимального регулятора та спостерігача для $k+1$ -го каналу.

Після першої ітерації синтезу субоптимального регулятора подальше покращення глобального критерію (4) можливе, якщо є різниця між дуальними оцінками функцій чутливості обмежень за функціями керування.

Необхідною умовою оптимальності є однаковість дуальних оцінок

$$\frac{\partial M\{\varepsilon^2\}}{\partial u_i} \Big|_{w_1} = \frac{\partial M\{\varepsilon^2\}}{\partial u_i} \Big|_{w_2} = \dots = \frac{\partial M\{\varepsilon^2\}}{\partial u_i} \Big|_{w_n} = \text{const} \quad (15)$$

для будь-яких компонентів вектора u . Ці умови є наслідком теореми Куна-Таккера і сформульовані у вигляді теореми дуальності. Подальше покращення глобального критерію (4) може бути отримане при розподілі частини ресурсу керування Du_i між окремими каналами на умові алгоритма Корнаї-Ліптака. В іншому випадку частина ресурса u_i може бути перерозподілена каналами так, щоби при виборі оптимальної матриці регуляторів каналу F_k^0 , у якого значення подвійної оцінки ресурса нижче, додати частину ресурса, а при виборі оптимальної матриці регуляторів каналу F_l^0 , у якого значення подвійної оцінки вище, зменшити частину ресурса U_i .

Активними обмеженнями, переважно, є обмеження за керуванням u . У цьому випадку для перерозподілу частини Du_i ресурсів u_i може бути використаний такий алгоритм:

$$k = \arg \min \frac{\partial E(\varepsilon^2)}{\partial U_i} \Big|_{F_i^U}, l = \arg \max \frac{\partial E(\varepsilon^2)}{\partial U_i} \Big|_{F_i^U}, \quad (16)$$

тоді можна використовувати ресурс $(u_i + Du_i)$ при виборі F_i^0 та $(u_i - Du_i)$ при виборі F_k^0 .

Лінійна частина поліпшення (зменшення) дисперсії помилки системи дорівнює:

$$\Delta E(\varepsilon^2) = \left(\frac{\partial E(\varepsilon^2)}{\partial u_i} \Big|_{F_i^0} - \frac{\partial E(\varepsilon^2)}{\partial u_i} \Big|_{F_k^0} \right) \Delta u_i \quad (17)$$

Вибір величини Du_i є важливою проблемою обчислювального алгоритма декомпозицій вихідної задачі. Величину Du_i можна визначити із умови

$$\Delta u_i^* = \arg \min \Delta E(\varepsilon^2), \quad (18)$$

що відповідає найшвидшому зниженню вздовж прийнятого напрямку руху. При значно малих величинах збільшується кількість ітерацій, які необхідні для розрахунку глобального оптимума, а при значно великих величинах Du_i обчислювальний алгоритм може загубити стійкість.

Оскільки при перерозподіленні ресурсів система залишається лінійною і її структура не змінюється, а змінюються лише параметри матриць підсилювання за рахунок відповідного змінення множувачів Лагранжа R_3 та R_2 , то задача перерозподілення ресурсів може бути сформульована у вигляді задачі нелінійного програмування та вирішена за допомогою відповідних алгоритмів. Розмірність цієї задачі значно менша ніж вихідної задачі тому, що в вагових матрицях R_3 та R_2 кількість ненульових елементів апріорно приймається значно меншою ніж загальна кількість елементів матриці оптимальних регуляторів F . Однак розрахунок цільової функції і обмежень у цьому випадку значно ускладнюється тому, що це пов'язано з вирішенням вихідних задач оптимізації. Для вирішення таких задач нелінійного програмування можуть бути використані ефективні алгоритми, також засновані на ідеях декомпозиції.

Розглянута схема централізованого лімітування ресурсів та децентралізованого виявлення ефектів від їх використання відповідає алгоритму Корнаї-Липтака. Причому, якщо в багатоканальній системі використовується ітераційна структура, то система обмежень має блоково-діагональний вигляд і для декомпозиції системи може бути використаний також і алгоритм Данціга-Вульфа, при якому централізовано визначаються найкращі можливості використання ресурсів, однак це вимагає більш потужних комп'ютерів через недостатню швидкість збіжності цього метода.

При синтезі системи необхідно розраховувати дисперсії змінних, зокрема вектора управління і змінних стану, які необхідно обмежувати. Найпростіше це виконувати на комп'ютері, якщо прийняти вихідну лінійну диференційну систему

$$\dot{x}(i+1) = A(i)x(i) + B(i)\bar{W}(i), \quad (19)$$

яка збуджується "білим шумом" $\bar{W}(i)$ інтенсивності $V(t)$. У цьому випадку коваріаційна матриця задовольняє матричне диференціальне рівняння

$$Q(i+1) = A(i)Q(i)A^T(i) + B(i)V(i)B^T(i) \quad (20)$$

є початковою умовою, яка дорівнює матриці дисперсій вектора стану[4].

1. Кузнецов Б.І., Худяев О.А., Богаєнко І.М. Багатоканальні ітераційні системи керування. К., 1998. 2. Клепиков В.Б., Кузнецов Б.І., Богієнко І.М. Багатократноінтегруючі системи управління. К., 1998. 3. Кузнецов Б.І., Новоселов Б.В., Богаєнко І.М. Проектування багатоканальних систем оптимального керування. К., 1993. 4. Кузнецов Б.І., Богаєнко І.М., Грабовський Г.Г. Системи керування високоякісними джерелами постійного струму. К., 1999.

УДК 681.3

М. Лобур, В. Мазур, І. Фармага

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

© Лобур М., Мазур В., Фармага І., 2001

Розглянуто особливості стратегічного планування та автоматизованого проектування організаційно-технічних систем.

Організаційно-технічні системи (ОТС) як поєднання організаційної та технічної складових відіграють значну роль в життєдіяльності людей. Область поширення таких систем охоплює широкий діапазон від індивідуальних робочих місць та побуту до масштабів держави. Розроблення та впровадження будь-яких технічних систем неминує викликає необхідність врахування їх специфіки та впливу на існуючі чи створювані організаційні структури. Особливого значення набувають питання аналізу, оцінки та проектування ОТС при створенні комп'ютеризованих (автоматизованих) систем.

Широкомасштабна комп'ютеризація суспільства викликала проникнення складних технічних (комп'ютерних) систем в організаційні структури, які не передбачали комп'ютеризацію на етапі їх створення. Невідповідність таких організаційних структур дуже часто не тільки протидіє і заважає ефективному використанню сучасних комп'ютерних систем та технологій, але й може стати причиною виникнення непередбачених ситуацій. Грамотне впровадження комп'ютерних систем і нових інформаційних технологій вимагає створення чи реорганізації існуючих організаційних структур, зокрема і управлінських, на основі підходів і принципів технологічних систем. Розроблення і впровадження технологічних систем, як цільових систем для вирішення певних задач, передбачає оптимальну організацію (визначення структури та розподіл функцій між її складовими) для забезпечення необхідних техніко-економічних показників і працездатності системи при впливі дестабілізуючих факторів. Важливим аспектом проектування (насамперед автоматизованого) комп'ютеризованих технологічних систем є наявність сукупності моделей, що описують результуючу систему з необхідним рівнем деталізації і комплексу документів, які однозначно визначають її склад, структуру, функції, параметри і характеристики. Це не тільки визначає область працездатності системи, але й забезпечує необхідні її техніко-економічні показники ефективності та можливість верифікації. Крім того, це дає можливість аналізувати і прогнозувати поведінку системи в різних ситуаціях та умовах, зокрема і нештатних. Масова, стихійна,