

УДК 656.212.5

**Раціоналізація поїздоутворення на полігоні при застосуванні метаевристичних методів/ Г. М. Сіконенко, К. К. Гаєнко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 81-85. – Бібліогр.: 4 назв.**

Для рационализации планирования поездообразования предложено применение метаэвристичних методів, а именно метода запрета. Использование данного метода позволяет получить не только оптимальное решение локальной задачи, но и решение близкое к оптимальному, что очень важно при организации и пропуске вагонопотоков.

**Ключевые слова:** вагонопоток, поездообразование, планирование, поиск решения.

To streamline the planning application metaheuristic technology of trains proposed methods, namely the method of the ban. It is emphasized that this way you can get not only the optimum solution of the local problems, but also close to the optimal solution, which is important for the organization and pass wagon traffic. Im.:0 DBMS is drawn is developed.

**Keywords:** wagon, technology of trains, planning, finding a solution.

УДК 004.45

*М. І. ЛАЗУТКІН*, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запоріжжя

## **ЕТАПИ КОМПОНОВКИ ПІДСИСТЕМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВУЗЛІВ РЕА**

Розширення номенклатури вузлів РЕА, що випускаються, і часта зміна технології їх виготовлення вимагає підвищення живучості створюваних і використовуваних САВР. Актуальність цього питання виявляється на етапі компоновки функціональних вузлів РЕА, в які входять: розробка алгоритмів підсистеми, управління процесом компоновки і її ітераційний метод компоновки. Показані критерії оптимізації при ітераційній методиці компоновки.

**Ключові слова:** процес компоновки, модульний принцип, графова модель

**Вступ.** Стан розробок програмного забезпечення процесу автоматизації конструкторського проектування друкарських вузлів в даний час характеризується наявністю великого числа САВР, побудованих за принципом "жорсткої" технології, коли в системі алгоритмічно зафіксована конкретна постановка проектного завдання при заданих конструкторсько-технологічних обмеженнях. Зміна обмежень вимагає, як правило, значного корегування програмного забезпечення, утрудняє нарощування функціональних можливостей системи і, тим самим, звужує сферу її застосування.

Розширення номенклатури функціональних вузлів РЕА і часта зміна технології їх виготовлення, що випускаються, вимагають підвищення живучості створюваних і використовуваних САВР. Одним з шляхів вирішення цієї задачі є наділ систем властивістю інтелектуальності, що є одним з центральних аспектів їх еволюційного розвитку. У зв'язку з цим необхідне об'єднання традиційних проектних операцій з автоматизацією оцінки якості проміжних рішень, представлення інженерних знань, використання цих знань для управління процесом проектування.

В значній мірі актуальність такого підходу виявляється на етапі компоновки функціональних вузлів (ФВ) РЕА, що має істотний вплив на якість проектних рішень, які отримуються на подальших етапах синтезу друкарського монтажу.

До етапів системи компоновки входять:

- архітектура підсистеми компоновки;
- розробка алгоритмів функціонування підсистеми компоновки.

**Основна частина.** Відповідно до принципів побудови систем штучного інтелекту в структуру підсистеми компоновки необхідно ввести якісно нові елементи: базу знань (БЗ) і блок управління процесом компоновки (БУПК).

БЗ призначена для зберігання інформації про формальну модель наявної області

© М. І. ЛАЗУТКІН, 2012

(НО). Така модель містить всі поняття і відносини між ними, які разом з правилами виведення думок про властивості цих понять і стосунків утворюють знання про конкретні області проектування РЕА. Під знаннями в загальному випадку розуміють відомості, які відображають закономірності, що існують в НО, і дозволяють як виводити нові факти, які мають місце в даному стані НО, але не зафіксовані в базі даних, так і прогнозувати потенційно можливий стан.

Основною відмінністю знань від даних є те, що перші відображають причинно-наслідкові зв'язки предметної області і тому дозволяють прогнозувати окремі її властивості.

Введення в структуру підсистеми компоновки БЗ обумовлює специфіку організації БУПК. Основними функціями БУПК є планування, контроль і корекція виконання процесу проектування.

В процесі функціонування підсистеми БУПК повинен здійснювати перетворення моделі предметної області, який проектується відповідному типу функціонального вузла і моделі. Побудова планів рішення ґрунтується на використанні для уявлення знань про завдання формалізованого представлення проблемної області у формі графа, вузли якого відповідають можливим станом простору рішень, а дуги можливим проектним операціям, які перетворюють ці стани. Як вирішальні процедури при цьому повинні використовуватися різні Нормальні процедури пошуку шляхів на графі.

Умовою існування підсистеми компоновки є наявність комплексу компонентів САПР, якими є елементи усіх забезпечень автоматизованого проектування, необхідні для виконання підсистемою її функцій.

Характерною рисою архітектури підсистеми компоновки є чітке розмежування програм для проектування та для обслуговування. Такий підхід до будування програмного забезпечення (ПЗ) дозволяє, по-перше, легко його модифікувати та розширювати і, по-друге, переносити на інші технічні засоби, оскільки всі машинозалежні програмні компоненти локалізовані в обслуговуючих програмних модулях.

Управління ходом обчислювального процесу і координація взаємодії компонентів підсистеми здійснюється монітором. Оскільки самоналагоджувальний процес конструкторського синтезу є багатоетапним з конфігурацією етапів, які динамічно змінюються та охоплені зворотними зв'язками процесів, то монітор є найважливішим елементом підсистеми компоновки.

Монітор підсистеми виконує наступні функції:

- визначення режимів роботи підсистеми компоновки;
- ведення статистики результатів роботи підсистеми;
- динамічний розподіл пам'яті.

ПЗ підсистеми є багаторівневою ієрархічною структурою, реалізованою за модульним принципом. ПЗ підсистеми орієнтовано на роздільне редагування усіх його компонентів і їх динамічне завантаження в оперативну пам'ять (ОП) в міру необхідності. Монітор підсистеми є резидентним, тобто постійно знаходиться в ОП. Динамічна структура ПЗ характеризується легкістю розширення і модифікації, а також значною економією пам'яті.

Інформаційне забезпечення (ІЗ) складається з бази даних проекту, бази знань, архіву підсистеми, інтерфейсу користувача, інтерфейсу бази даних і інформаційного інтерфейсу.

З метою підвищення адаптаційних властивостей підсистеми компоновки структура (ІЗ) має бути інваріантною до можливих змін конструкторсько-технологічних вимог і обмежень, а також елементної бази проєктованих функціональних вузлів РЕА.

Крім того, для підвищення швидкодії підсистеми, необхідно скоротити час міжмодульного обміну інформацією шляхом максимального зменшення кількості звернень до зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв. Ця вимога реалізується за допомогою організації програмних файлів, що знаходяться в ОП ЕОМ. Звернення до них повинне здійснюватися за допомогою спеціальних програмних засобів.

Ефективність такої архітектури підсистеми компонування забезпечується її відкритістю, гнучкістю програмного і інформаційного забезпечення, можливістю коригування або заміни окремих програмних модулів без порушення цілісності усєї структури ПЗ, що, кінець кінцем, підвищує "живучість" підсистеми компонування.

Управляюча програма (УП), що містить компоненти структурно-параметричної адаптації, дозволяє здійснити вибір оптимального маршруту проектування відповідно до типу проєктованого ФВ і настроїти підсистему на конкретні конструкторсько-технологічні вимоги і обмеження. При цьому підпрограма аналізу УП дозволяє розпізнавати схеми з'єднань РЕА і ЕОА, визначати міру їх приналежності до заданих класів графових моделей з метою подальшого вибору з альтернативного програмного забезпечення комплексу програм для виконання чергового кроку проектування.

Набір схем для тестування складається з простих базових схем, що моделюються графами типу "неограф" (моделі MG1, MG3), схем середньої складності типу "фіксоване дерево" (моделі MG1', MG3') значної складності типу "гіперграф" (моделі МН) і надскладних схем типу "елементний комплекс" (моделі МУ). Для розпізнавання схем пропонуються різні процедури кластер аналізу і використання апарату теорії розмитих (нечітких) великих кількостей. При цьому УП вирішує наступні завдання:

- якщо немає обмежень на кількість елементів (K4) і на число зовнішніх зв'язків (N2) у формованому ФВ, і немає елементів, заборонених для програмної установки (K3), тобто схема, що реалізується, досить проста, має невелику кількість з'єднань, - моделюється графом типу "неограф" (модель MG1) і в ній відсутні елементи, які з міркувань електромагнітнотеплової сумісності мають бути розміщені в різних ФВ, то УП здійснює звернення до ППр компонування послідовним методом на графі з подальшою оцінкою якості по коефіцієнту мінімізації ( $K_{min}$ );

- якщо в схемі є елементи, розміщення яких в одному ФВ веде до погіршення теплового режиму, швидкодії, або зниженню завадостійкого функціонування облаштування (ССУ моделюється графом типу "неограф" (модель MG3), то УП викликає підпрограму компонування паралельно-послідовним методом, який дозволяє ще на початковому етапі розставити елементи, заборонені для програмної установки, в різні ФВ;

- якщо після оцінки якості компонування потрібно подальше поліпшення варіанту розрізання схеми ( $K_{min} > 0,5$ ), то здійснюється виконання компонування методом ізоморфного перетворення матриці суміжності, в якому основним критерієм оптимізації є мінімізація числа ребрового з'єднання – сформованих кусків.

У тому випадку, коли ССУ РЕА представляється графовою моделлю типу MG1, завдання компонування формулюється таким чином: необхідно розрізати граф  $G=(X, U)$  на задану кількість шматків  $G_i=(X_i, U_i)$  при оптимізації деякої цільової функції. Безліч вершин графа  $X$  моделюють конструктивні елементи, які покривають задану електричну принципову схему, а безліч ребер  $U_i$  - електричні з'єднання. Шматок  $G_i=(X_i, U_i)$  є частиною графа, для якого  $X_i \subset X$  і  $|X_i| \leq |X|$ ,  $U_i=U_{ij} \cup U_{ij}$ , де  $U_{ij}$  - безліч ребер, обидва кінці яких інцидентні вершинам  $X_i$ ;  $U$  - безліч сполучних ребер, один кінець, яких належить вершинам з безлічі  $X_i$ , а другий  $X \setminus X_i$ . Кожен конкретний шматок  $G_i$  моделює сформований ФВ, а його сполученні ребра з урахуванням ваги кожного дають представлення про завантаженість розмикачів даного ФВ. В якості критерію

оптимізації в цьому алгоритмі було використано мінімум числа зв'язків між сформованими ФВ. Алгоритм компоновання полягає в наступному: - граф  $G = (X, U)$  необхідно розбити на  $m$  шматків  $G_i = (X_i, U_i)$ ,  $i \in I(1, 2, \dots, m)$  з числом вершин  $(n_1, n_2, \dots, n_m)$  в кожному. Завдання вирішується так, щоб із заданого набору вершин  $|X|$  сформувати шматок  $G_i = (X_i, U_i)$ , де  $|X_i| = n_i$ , який видаляють з графа. Отриманий новий граф  $G^1 = (X^1, U^1)$  утримує на  $n_1$  вершин менше за початковий. З цього графа формується шматок  $G_2 = (X_2, U_2)$  і так далі, поки не буде сформований шматок  $G_{m-1} = (X_{m-1}, U_{m-1})$ . Вершини графа  $G = (X, U)$ , що залишилися, вважаються  $G_m = (X_m, U_m)$ , які потрапили в шматок.

де  $p(x_i)$  - поточна локальна міра аналізованої вершини  $X_i$  мультиграфа;

При конструkcії цільова функція (ЦФ) шукається вершина, яка пов'язана максимальною кількістю ребер з мінімальним числом нерозставлених вершин. ЦФ формування другого і подальших рівнів записується у виді:

$$F_2^1 = \max \frac{a_{ij}}{p(x_i) - a_{ij} + 1} \quad (1)$$

де  $p(x_i)$  - поточна локальна міра аналізованої вершини  $X_i$  мультиграфа;

$a_{ij}$  - число ребер, що зв'язують вершину  $X_i$  з вершинами у сформованому шматку (внутрішні зв'язки); знаменник показує, скільки ребер сполучає вершину  $X_i$  з вершинами, які не стоять у сформованому шматку (зовнішні зв'язки).

Після формування кожного варіанту ФВ робиться розрахунок коефіцієнта мінімальності ( $K_m$ ) для нього і для усього пристрою в цілому.

Оскільки матриця суміжності описує граф з точністю до ізоморфізму, то завдання розрізання графа на шматки можна сформулювати таким чином: безліч рядків матриці суміжності  $R$  треба розбити на дві не перехрещених підмножини таким чином, щоб число рядків у кожній множині відповідало числу вершин у відповідному шматку, а число ненульових елементів у клітках ( $K$ ) було мінімальним. При цьому перестановка елементів з одного куска в інший буде відповідати перестановці рядків і стовпців матриці  $R$ .

Рішення задачі починається з побудови вектора-стовпця чисел зв'язності  $A = \{a_i\}$ , в якому  $a_i$  обчислюються для кожного рядка матриці суміжності  $i=1, N$ , де  $n = |X|$  - число вершин графа  $G(X, U)$ . Якщо рядок має номер  $k \in I = \{1, 2, \dots, p\}$ , то обчислюється число внутрішньої зв'язності

$$a_k = r_{ks} - r_{kl} \quad (2)$$

де  $F = \{p+1, p+2, \dots, n\}$ ;  $p$  - число вершин шматка  $G_i$ , що виділяється.

Якщо  $q \in F$ , то для цього рядка визначається число зовнішньої зв'язності

$$a_q = \sum_{l \in I} r_{ql} - \sum_{f \in F} r_{qf} \quad (3)$$

Використовуючи матрицю  $R$  і вектор-стовпець  $A$ , можна знайти такі перестановки рядків і стовпців матриці  $R$ , які дозволять привести її до виду, коли у клітинах буде сконцентровано максимальну кількість ненульових елементів. З цією ціллю будується матриця  $B = \| |v_{kq}| \|_{(n-q) \times p}$  в якій рядки визначаються вершинами із безлічі  $I$ , а стовпці вершинами із безліччю  $F$ . На перехрещенні  $K$ -того рядку  $k \in I$  і  $q$ -го стовпця  $q \in F$  знаходиться елемент  $v_{kq}$ . Максимальний позитивний елемент  $v_{kq}$  визначає номери рядків та стовпців, переставлення яких дає максимальне зменшення числа сполучених ребер.

У тому випадку, коли електрична схема устрою виконана тільки на ІС і БІС, маючих не більш 16 виводів кожна, вводяться обмеження на  $N_2$ . Якщо ж у схемі використовуються мікропроцесори і БІС з кількістю виводів 16, то у деяких випадках необхідно використовувати обмеження на  $K_4$ . Розтлумачується це такою причиною:

наприклад, печатна плата повинна мати 40 вихідних контактів ( $N_2=40$ ), а елемент, який відшукується підпрограмою по максимальному числу зовнішніх зв'язків, має 48 виводів (мікропроцесорів), робота ППР на цьому завершується, тому що обмеження на  $N_2$  вже перевищено, в той же час як при обмеженні на  $K_4$  робота ППР буде продовжуватися і сформований ФВ, можливо, буде мати значно менше вихідних контактів, ніж сорок. Формування 1-го рівня будь-якого ФВ починається з елемента  $x_i \in X$  з використанням ЦФ вигляду:

$$F_1(x) = \max |x_i \cap X^1| \quad (4)$$

де  $X$  - безліч елементів схеми  $x_i = \bigcup_{l_i}^k$ ;  $l_i$  - ланцюг, належний  $X_i$  -тому елементу;

$X^1 = \{l_1, \dots, l_m\}$  – ланцюги, що належать нерозставленим елементам.

Ця ЦФ визначає елемент з максимальною кон'юнкцією по відношенню до останніх представлених елементів. Кожен елемент  $x_i \in X$  представляється як безліч ланцюгів цього елемента, а  $X$  - безліч представлених елементів схеми. Перевірка обмеження на  $N_2$  здійснюється з використанням ЦФ, при цьому має вигляд:

$$F_2^{огр} \leq N_2 \quad (5)$$

При виконанні обмеження (6) у вузол розміщується елемент, для якого виконується умова:

$$F_3(x) = \max |x_i \cup X_i|, \quad (6)$$

що має максимальну кон'юнкцію. Для усунення виконання зайвих операцій, при рішенні завдання на ЕОМ, ЦФ формування 2-го і подальших рівнів записується у вигляді:

$$F_2^1(x) = \max \frac{F_3(x)}{F_3^{огр}(x)}. \quad (7)$$

Використовуючи ЦФ (7) завдання вирішується з використанням 2 стратегій:

-головне обмеження -  $K_4$ , тоді виконуючи (7) перевіряється його виконання;

-головне обмеження –  $N_2$ , тоді виконуючи (7) перевіряється спочатку виконання умови (5) якщо воно виконується, то перевіряється виконання обмеження  $K_4$ . Якщо вимоги (5), при реалізації цій стратегії, не виконується, то 2-е обмеження не перевіряється і цей вузол слід розраховувати як сформованим, після чого можливо приступати до формування іншого Функціонального Вузла.

### Висновок

Таким чином, основним критерієм оптимізації при ітераційному методі є мінімізація числа ребрового з'єднання (ЧРЗ) формованих шматків. Метод використовується у тому випадку, коли поставлену задачу необхідно вирішувати на моделях елементного комплексу, адекватних реальному об'єкту. Метод реалізується за наявності двох обмежень на кількість елементів ( $K_4$ ) у формованому ФВ або на число зовнішніх зв'язків ( $N_2$ ). Наявність двох обмежень обумовлена підвищенням рівня інтеграції елементної бази (ІС, БІС, мікропроцесори), а також вимогам підвищення щільності компоновки, виконання якого суттєво знижує конструктивні затримки і підвищує швидкодію ФВ РЕА. Зниження числа міжвузлових з'єднань набагато підвищує ступень надійності радіоелектронних вузлів, так як знижує вплив високочастотних електричних полів (підвищується імпульсна поміхостійкість апаратури).

**Список літератури:** 1. Малий О. Ю., Фарафонов О. Ю., Лазуткін М. І. Алгоритм автоматизованого вибору вісьми розрядного мікроконтролера при рішенні інженерних задач // Харків, «Радіотехніка», 2011, с. 11-178 2. Соломенцев Ю. М., Митрофанов В. Г. та ін. Информационно-вычислительные системы в машиностроении // Москва, «Наука», 2003. 3. Норенков І. П. Основы автоматизированного проектирования. Москва, Изд. МГТУ им.Баумана, 2006

Надійшла до редколегії 20.11.2012

**Етапи компоновки підсистеми функціональних / М. І. Лазуткін // Вісник НТУ «ХПІ».** Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 85-90. – Бібліогр.:3 назв.

Расширение номенклатуры узлов РЭА, которые выпускаются, и частая сменяемость технологии их изготовления требует повышенную живучесть создаваемых и используемых САПР. Актуальность этого вопроса определяется на этапе компоновки функциональных узлов РЭА, в которые входят: разработка алгоритмов подсистемы, управление процессом компоновки и ее итерациональный метод компоновки. Показаны критерии оптимизации при итерациональной методике компоновки.

**Ключевые слова:** модульный принцип, графовая модель, межузловое соединение, матрица,

Expansion of nomenclature of the produced knots of REA and often changing technology of their making requires the increase of vitality created and in-use CADD. Actuality of this question shows up on the stage of kompanovki of submachines of REA. It is development of algorithms of subsystem, process of kompanovki control and it iteracional'nyy method of kompanovki. The criteria of optimization are rotined.

**Keywords:** functional knots, process of configuration, modular principle, graph model, matrix