

Державний університет "Львівська політехніка"

На правах рукопису

УДК. 658.512-52

ТЕЛЮК ТАРАС МИХАЙЛОВИЧ

**Математичні та програмні засоби
для розміщення елементів методом
сканувальної області**

*Спеціальність 05.13.09 - математичне та програмне забезпечення
обчислювальних машин і систем*

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Львів - 1997



00753611 (N)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі прикладного математичного моделювання

Державного університету "Львівська політехніка"

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор **Базилевич Р.П.**

Офіційні опоненти:

1. Доктор технічних наук, доцент **Різник В.В.**
2. Кандидат технічних наук, с.н.с. **Бунь Р.А.**

Провідна організація - Інститут проблем машинобудування НАН
України, відділ математичного моделювання (м.Харків)

Захист відбудеться 17 квітня 1997 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.06.21 у Державному університеті "Львівська політехніка" (290646, Львів-13, вул.С.Бандери, 12, ауд. 225 головного корпусу).

Відгуки на автореферат у двох примірниках, завірені печаткою, просимо надсилати на адресу:

290646, Львів-13, вул. С. Бандери, 12

Державний університет "Львівська політехніка"

вченому секретарю ради Д 04.06.21 доценту Мельнику Р.А.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного університету "Львівська політехніка" (м.Львів, вул.Професорська, 1)

Автореферат розісланий 14.03. 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої

вченої ради, к.т.н., доц.

Мельник Р.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Одними із найбільш складних сучасних прикладних задач є задачі дискретної (комбінаторної) оптимізації, які мають неполіноміальну складність (NP-складні задачі). Теоретичні і прикладні аспекти цієї проблематики почали формуватися в 60-70-х роках і тривають до сьогоднішнього дня. Особливо гостро потреба їх дальшого розвитку виникає у тих випадках, коли розмірність задач є великою і надвеликою (десятки і сотні тисяч параметрів). Це має місце, зокрема при проектуванні великих і надвеликих інтегральних схем та інших засобів сучасної комп'ютерної та радіоелектронної техніки. Задача розміщення елементів, яка є одним з етапів такого проектування, відповідає математичній задачі квадратичного призначення і має факторіальну складність. Пошуку ефективних шляхів її розв'язування присвячено багато наукових робіт, для її реалізації розроблено ряд програмних засобів. Проте неперервне стрімке зростання інтеграції схем ставить нові вимоги, які не можуть бути забезпечені існуючими математичними і програмними засобами.

Базовими в дисертації використані запропоновані Р.П.Базилевичом методи сканувальної області та ієрархічної декомпозиції, які підтвердили свою ефективність для задач порівняно невеликої розмірності. Проте методи ці залишалися ще недостатньо обґрунтованими, недостатньо досліджені особливості їх реалізації для задач великої та надвеликої розмірності, що обумовлює актуальність дисертації.

Мета та задачі дослідження. Мета роботи - розвиток і дослідження методу сканувальної області як ефективного підходу до розв'язування задач квадратичного призначення, розроблення нових ефективних алгоритмів та програмних засобів для використання методу у випадку задач великої розмірності.

ЛІТВІН В. В. Стефанюк
АН України

Робота спрямована на створення ефективних математичних та програмних засобів розв'язування задачі розміщення елементів, необхідних для проектування конструкцій сучасної високоінтегрованої комп'ютерної та радіоелектронної техніки, а також і для задач в інших областях, де є потреба оптимального розміщення взаємозв'язаних об'єктів.

Методи досліджень. В дисертаційній роботі використовувалися методи дискретної оптимізації, зокрема евристичні та градієнтні методи розв'язування комбінаторних задач, прямі й рекурсивні методи побудови комбінаторних конфігурацій, ітераційні та конструктивні методи розбиття і розміщення, статистичні методи оцінки якості результатів та надійності алгоритмів, методи побудови складних програмних систем.

Наукова новизна:

- Розроблено і обґрунтовано нові стратегії ефективного застосування методу сканувальної області; а також досліджено вплив розмірів та конфігурацій сканувальних областей, способів проходження області по конструктиву, методів знаходження розв'язку для елементарних областей на якість результатів.
- Для моделювання сканувальних областей великих розмірностей вперше запропонована і досліджена багаторівнева ієрархічна стратегія - "сканувальна область в сканувальній області".
- Запропоновано способи виведення ітераційного методу з локального оптимуму, зокрема розроблено підходи до використання випадкового та спрямованого мутантів як елементів апарату генетичних алгоритмів, що дає можливість продовжити ітераційний процес і досягнути кращого варіанта розміщення.
- Запропоновано нову послідовність використання макромодельовання з модифікованим підходом до підрахунку критерію якості,

що дозволяє сформувати краще початкове розміщення - передумову ефективного застосування методу сканувальної області.

- Розроблено новий алгоритм компактного групового початкового розміщення різногабаритних елементів на основі їх конструктивних параметрів.

Практична цінність роботи обумовлена потребами проектних організацій в розробленні сучасних засобів комп'ютерної і радіоелектронної техніки, зокрема в проектуванні великих та надвеликих інтегральних схем, мікроборок, друкованих плат. Оптимальне розміщення елементів конструкцій мінімізує загальну довжину з'єднань та число міжшарових переходів і, як наслідок, створює кращі умови для трасування, підвищує швидкодію, зменшує паразитні ефекти, спрощує апаратуру, підвищує її надійність та здешевлює її виготовлення.

Дисертаційна робота виконана у руслі наукових досліджень кафедри програмного забезпечення Держуніверситету "Львівська політехніка", які проводилися дисертантом за період 1992-1996рр. в ході наступних держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт:

- "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем автоматизованого проектування топології великих інтегральних схем" (ДБ.84.ПЗ, замовник: Міністерство Освіти України, 1991-1993 р.р.);
- "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем синтезу топології великих інтегральних схем" (ДБ.84.ПЗ'94, замовник: Міністерство Освіти України, 1994-1995 р.р.);
- "Методи та алгоритми розв'язування оптимізаційних комбінаторних задач великої розмірності (на прикладі задач електроніки)" (ДБ.84.Б, замовник: Міністерство освіти України, 1991-1995 р.р.);

"Розроблення та дослідження математичних методів та алгоритмів для автоматизованого проектування топології великих інтегральних схем і конструкцій радіоелектронної апаратури" (Д0.84.1, замовник: Міністерство Оборони України, 1991-1996 р.р.).

Результати роботи впроваджені в навчальний процес при підготовці інженерів спеціальності "Програмне забезпечення обчислювальної техніки і автоматизованих систем", можуть бути рекомендовані для спеціальностей "Комп'ютерні системи проектування", "Спеціалізовані комп'ютерні системи", та спеціальностей радіотехнічних напрямків; а також рекомендуються для впровадження в проектні організації, які розробляють інтегральні схеми (в тому числі надвеликі), мікрозборки, друковані плати.

Розроблено пакет прикладних програм "Сканувальна область" для теоретичних та експериментальних досліджень оптимальних параметрів методу сканувальної області. ППП "Сканувальна область" використовується студентами, що вивчають методи дискретної оптимізації в курсах "Обчислювальні аспекти проектування НВІС", "Математичне та програмне забезпечення САПР", "Опрацювання експериментальних даних на комп'ютері". Розроблено цикл лабораторних робіт і опубліковано методичні вказівки.

З використанням ППП "Сканувальна область" розроблено пакет прикладних програм "Розміщення" для реального проектування конструкцій комп'ютерної та радіоелектронної техніки, який співпрацює з широкорозповсюдженою системою проектування PCAD.

Апробація. Основні результати дисертаційної роботи були подані на:

- 4-у Міжнародну науково-практичну конференцію "Укрсофт-94", м. Львів, жовтень 1994;

- Міжнародну наукову конференцію з генетичних алгоритмів в м.Одесі, квітень 1995р.;
- Міжнародну наукову конференцію з генетичних алгоритмів "MENDEL-95" в м. Брно, Чехія, вересень 1995р.;
- 5-у Міжнародну науково-практичну конференцію "Укрсофт-95", м.Львів, жовтень 1995р.

Публікації. Основні матеріали дисертаційної роботи відображено в 7-ми опублікованих роботах (5-ти статтях, тезах та методичних вказівках).

Структура та обсяг роботи

Дисертація містить вступ, чотири розділи, висновки, викладені на 130 сторінках друківаного тексту, 50 малюнків, 7 таблиць, бібліографію з 102 найменувань і додатки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність тематики дисертаційних досліджень, коротко описано структуру і зміст роботи, висвітлено зміст положень, які складають наукову новизну та її практичну цінність.

В першому розділі проведено критичний огляд відомих підходів та методів до розв'язування задачі оптимального розміщення елементів (вектора спаду, послідовної статистичної оптимізації, парних перестановок, силових функцій, послідовного зсуву елементів та інших), дана їх порівняльна характеристика, приведена оцінка переваг та недоліків. Вагомим недоліком більшості методів є недостатня точність та швидкодія, суттєва залежність часу роботи від розмірності задачі, яка часто є близькою до факторіальної. Тому вони не завжди є достатньо ефективними до задач великої і тим більше надвеликої розмірності.

Описано та обгрунтовано критерії оптимізації, сформульована постановка основної оптимізаційної задачі. На основі критич-

ного огляду методів зроблено висновок про доцільність дослідження методу сканувальної області, який підтвердив свою ефективність на задачах невеликої розмірності, про потребу його розвитку, розроблення на його основі нових алгоритмів та програмних засобів для задач великої та надвеликої розмірності.

Метою другого розділу є всестороннє дослідження властивостей методу сканувальної області, його вдосконалення, розвиток та розроблення нових ефективних алгоритмів для використання при великій розмірності задач.

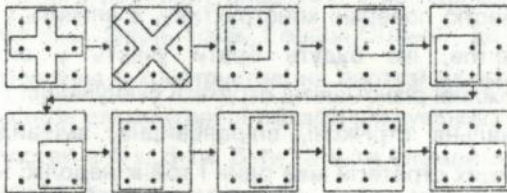
Суть методу сканувальної області полягає в тому, що поверхня G конструктиву, який містить певну множину місць для розміщення елементів: $Z = \{z_i\}$, $i = 1, 2, \dots, q$, де $q \geq n$ (n - потужність множини P елементів для розміщення), розбивається на деяку множину елементарних областей, що перекриваються: G_i , $i = 1, 2, \dots, k$, таким чином, щоб $G_i \cap G_j \neq \emptyset$, якщо G_i і G_j - суміжні і

$\bigcup_{i=1}^k G_{0i} = G$. Кожна елементарна область містить по q_0 позицій множини Z . Це число вибирається таким чином, щоб при розв'язуванні окремих часткових задач базовою оптимізаційною процедурою розміщення реальним було б застосування методів, які забезпечують необхідну точність. Пошук розв'язку виконується послідовним багатократним "скануванням" цією процедурою всієї поверхні конструктиву за обраною стратегією. У більшості випадків отримані результати є локально оптимальними - для кожної окремої елементарної області G_i одержується оптимальний результат.

Основними параметрами методу є: розміри і конфігурації елементарних областей G_i , стратегії сканування, методи знаходження розв'язку для елементарних областей G_i , критерії оптимізації та застосовані метрики. В дисертації досліджено вплив цих

параметрів на роботу методу, обґрунтовано оптимальний їх вибір та на цій основі запропоновано нові ефективні алгоритми реалізації методу.

Розмірність елементарні області. Для досягнення високої якості розміщення бажано розмір елементарної області G_i вибрати якнайбільшим. Проте факторіальна складність перебору варіантів розміщення елементів всередині елементарної області призводить до суттєвого збільшення обчислювальних затрат. Тому в ролі елементарних областей сканування обґрунтовано та запропоновано використовувати області наступних розмірностей: з двох елементів - "2-ка" (вертикальна, горизонтальна, права і ліва похилі); з чотирьох елементів (квадрат) - "4-ка"; з п'яти елементів - "5-ка" (хрестиком і зіркою); з шести елементів - "6-ка" (вертикальна і горизонтальна); з більшого числа елементів - 9, 12, 15, 16-ти елементів, які реалізуються послідовністю елементарних областей менших розмірностей - сканувальна область в сканувальній області (див. приклад на мал.1).



Мал.1. Приклад послідовності моделювання "дев'ятки", відповідно: "п'ятірка" хрестиком, "п'ятірка" зіркою, 4 "четвірки" та 4 "шістки".

Часові характеристики однієї ітерації методу сканувальної області для задачі Штейнберга (тестування проводилося на комп'ютері IBM PC 486DX4-120 PCI) такі: у випадку повного перебору "двійкою" час виконання однієї ітерації 0.09с., "четвіркою" - 0.44с., "шісткою" - 11.43с., а "дев'яткою" - вже 1 год. 4хв. 34.61с. Виходячи з цього використовувати повний перебір для областей великих розмірностей рекомендується лише в окремих випадках на швидкодіючих комп'ютерах.

Щодо послідовності застосування сканувальних областей рекомендується послідовно за ітераціями укрупнення їх розмірів. Якщо, наприклад, сканування будь-якими "двійками" не призводить до покращення критерію якості, то здійснюється перехід до "четвірки" і т.д. Такий підхід дозволяє уникнути утворення згустків елементів, які ніякими змінами розміру сканувальної області не можна розбити, значно зменшити час роботи методу.

Конфігурація області G_i може бути довільною. Але найдоцільнішою слід вибирати її форму у вигляді кола або наближену до нього, наприклад, квадрата. Така форма створює умови для найраціональнішого взаємного розташування групи суміжних елементів. На початкових ітераціях рекомендується використовувати "розірвану" сканувальну область, тобто розглядати не сусідні, а віддалені елементи, оскільки це скорочує загальне число ітерацій знаходження розв'язку.

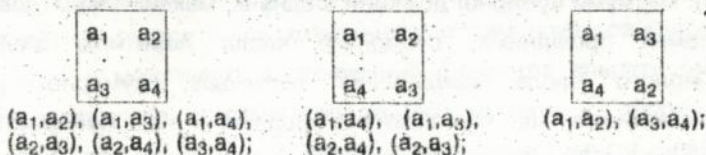
Стратегія сканування визначає напрямок обходу елементарною областю поверхні конструктиву, а значить і послідовність груп елементів, які будуть брати участь у оптимізаційному процесі. Можливі різноманітні стратегії сканування: горизонтальна або вертикальна стрічкові, спіралевидна, змієвидна, гвинтова і т.д. Кожна цих стратегій має один і той ж недолік: нерівноправне (щодо можливості переміщення по конструктиву у процесі сканування) становище елементів. Подолати цей недолік можна, наприклад, чергуванням різних стратегій сканування. Дослідження показали, що таке чергування слабо впливає на покращення критерію якості. Застосування послідовно різноманітних стратегій сканування у порівнянні до використання тільки однієї горизонтальної стрічкової стратегії лише для 11-ти (2%) з п'ятисот тестових прикладів дало покращення критерію якості в середньому на 0.8%.

Запропоновано і досліджено "розріджену" стратегію. Ітерація сканування проходить в декілька етапів: до одного етапу зі всієї множини елементарних сканувальних областей, якими буде проскановано конструктив, входять лише ті, які не перетинаються (не мають спільних позицій). Така стратегія ставить усі елементи в рівноправне положення.

Розріджена стратегія сканування у порівнянні до звичайної при тестуванні виявилася дещо повільнішою, - ті самі початкові варіанти розміщення при однакових інших параметрах роботи алгоритму і використанні розрідженої стратегії сканування збігалися до локального оптимуму на 2-3 ітерації повільніше, ніж при використанні щільної стратегії, зате, з другого боку, отримані результати були на 14% ближчі до найкращого розв'язку задачі.

Знаходження розв'язку всередині елементарних областей.
Використання точних методів вимагає на кожному кроці сканування повного перебору елементів i , як наслідок, - великих часових затрат. Складність однієї ітерації $O(m \times n!)$, де m - кількість областей сканування в конструктиві на протязі однієї ітерації, n - кількість елементів елементарної області сканування.

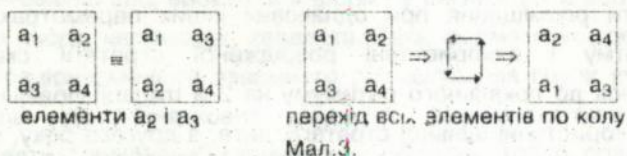
Для областей з 4-х, 5-ти, 6-ти та 9-ти елементів досліджено шляхи оптимізації базових процедур, тобто методів розміщення елементів всередині елементарної області сканування. У випадку області з чотирьох елементів при повному переборі необхідно розглянути $4! = 24$ варіанти розміщення і виконати $6 \cdot 4! = 144$ операції знаходження довжини зв'язків між елементами. При застосу-



Мал. 2.

ванні оптимізованої базової процедури достатньо розглянути лише три варіанти розміщення і виконати 12 таких операцій (мал.2).

Всі інші випадки розміщення зводяться до тих самих трьох розміщень, як випадок дзеркального відображення елементів, що лежать один навпроти другого по діагоналі або випадок переходу елементів по колу без зміни конфігурації розміщення (мал.3). При таких варіантах розміщення не буде спостерігатися зміни значення критерію якості всередині області.



Аналогічний виграш досягається і для інших елементарних областей, причому чим більша область, тим більше варіантів з однаковим значенням критерію можна відкинути, тим більше обчислень можна "закономити". Так, для елементарної сканувальної області з шести елементів при повному переборі необхідно переглянути $6! = 720$ варіантів розміщення і виконати $15 \cdot (6!) = 10800$ операцій, а при застосуванні оптимізованої базової процедури достатньо розглянути 60 варіантів і виконати 60 операцій знаходження довжини зв'язків. Підраховано, що такий підхід знижує обчислювальну складність задачі з $O(n!)$ приблизно до $O(\frac{n-1!}{2})$.

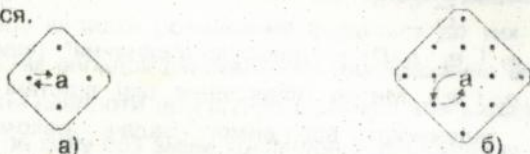
Критерії оптимізації. Для оцінювання якості розміщення використовуються різноманітні критерії оптимізації та метрики $F(p)$: мінімуми сумарної довжини з'єднань, максимальної довжини окремих провідників, сумарного числа перетинів з'єднань, сумарного числа міжшарових переходів, сумарної площі прямокутників, що охоплюють з'єднання, і т.д. Найпростішим, універсальним і найчастіше вживаним критерієм оптимальності є

мінімум сумарної довжини провідників - з'єднань між елементами схеми: $F_{opt} = \min \sum_{i,j} r_{ij} D_{ij}$, де r_{ij} - коефіцієнт зв'язності між елементами e_i і e_j , а D_{ij} - "довжина з'єднання" (відстань між елементами e_i і e_j). Метод обчислення цієї відстані визначає метрику. В залежності від вимог задачі рекомендується використовувати відповідні метрики: при необхідності прокласти найкоротший шлях між з'єднаними точками - вибирати евклідову, а для проведення, наприклад, провідникових або друкованих з'єднань по каналах і магістралях, що є паралельними до координатних осей, доцільніше використовувати ортогональну метрику.

Виведення з локального мінімуму. Одним з найбільш суттєвих недоліків методу сканувальної області, як і інших ітераційних методів, є отримання локального оптимуму, тобто попадання розв'язку в локальну "яму". У багатьох випадках ітераційний процес можна продовжити, якщо застосувати ефективні методи виходу з локального оптимуму. З цією метою досліджено декілька таких шляхів, зокрема, перехід до іншої сканувальної області; використання апарату генетичних алгоритмів - дії двох генних мутантів: випадкового (збурення в околі елемента) і спрямованого або з елементами селекції (перехід на іншу метрику). Перехід (хоча би на одну ітерацію) до сканувальної області більшого розміру також часто створює умови для продовження оптимізаційного процесу.

Передумови для продовження оптимізаційного процесу також вдається створити "розхитуванням" отриманого розміщення. Для цього є можливість застосування елементів апарату генетичних алгоритмів, а саме випадкового мутанта - "збурення" положення елементів. Кожен елемент випадковим чином міняють

позиціями з будь-яким з елементів околу (мал.4). Після проведення такого "збурення" оптимізаційний процес продовжується.



Мал.4. Збурення елемента в околі радіусом: а) $r \leq 1$, б) $r \leq 2$.

Тестування 500 розміщень показали, що найбільш ефективним є збурення елементів в околі $r \leq 2$: в 359-ти випадках (72%) критерій якості покращився в середньому на 24 одиниці для тесту Штейнберга (результат на 9% ближчий до оптимального), в 102-х випадках (20%) не відбулося покращення критерію якості (тобто подальша оптимізація привела до того ж самого локального розв'язку), і лише в 39-ти випадках (8%) оптимізація після збурення привела до "локальної ями" з гіршим критерієм якості.

Досліджено та рекомендовано також можливість застосування нелінійних метрик (наприклад, евклідової в квадраті або в кубі) як генного мутанта, що має елементи спрямованої селекції. Це підвищує вагу поодинокі їх віддалених зв'язків між елементами, оскільки можливою є ситуація, коли віддалені один від одного сильнозв'язані елементи не можуть наблизитися один до одного через те, що їх утримує велика кількість дрібних локальних зв'язків з іншими елементами. Тестування показали, що в 331-му з 500 випадків (66%) застосування евклідової в квадраті метрики дало покращення критерію якості в середньому на 22-і одиниці (на 8% результат ближчий до оптимального), лише в 20-ти випадках (4%) спостерігалось погіршення критерію якості, а в решті випадків - 149-ти (30%) подальша оптимізація привела до того ж локального оптимуму. Використання кубічної метрики вимагає застосування для підрахунку критерію якості комп'ютером чисел по-

двійної довжини, а це ч викликає значне збільшення необхідного розміру оперативної пам'яті комп'ютера та збільшення часових затрат, що не відповідає вимогам швидкого і ефективного відшукування розв'язку, але може бути рекомендованим для застосування в окремих випадках на високоефективних комп'ютерах.

Різногабаритні елементи. В основі базової процедури методу сканувальної області лежить принцип певного перебору варіантів розміщення елементів. Якщо елементи значно відрізняються розмірами, то може виникнути ситуація, коли такі елементи неможливо поміняти місцями через те, що більший елемент перекриє своїми межами інші елементи. Для застосування методу сканувальної області у випадку різногабаритних елементів рекомендується:

- використовувати спеціалізовані методи початкового розміщення, які забезпечать добрий "стартовий" варіант розміщення;
- визначати групи елементів, які незначно відрізняються розмірами та сканування здійснювати всередині таких груп (варіант розірваної області).

Таким чином, для ефективної роботи методу сканувальної області рекомендується послідовно збільшувати за ітераціями розміри сканувальної області від найменших (з двох елементів) до більших (в залежності від вимог точності і часу та продуктивності комп'ютера). Для великих областей з 9-16 елементів рекомендується здійснювати їх моделювання областями менших розмірностей; для елементарних областей доцільно застосовувати оптимізовану процедуру підрахунку критерію якості; для виводу з локального оптимуму - застосовувати почергово "збурення в околі" та перехід на метрику вищого степеня з наступним поверненням на початкову метрику.

Метою третього розділу є розроблення алгоритмів для вибору початкових умов, які забезпечують ефективний хід оптимізаційного процесу в методі сканувальної області, та їх дослідження.

Початкове розміщення елементів може вибиратися випадково або формуватися безпосередньо на основі інформації про схему, про зв'язки між елементами, або на основі додаткової інформації, зокрема дерева розбиття схеми. Запропоновано декілька алгоритмів для побудови дерева розбиття схеми. До них відносяться послідовний метод розбиття за зв'язністю, паралельний та ітераційний методи покращення розбиття. Досліджено декілька алгоритмів безпосереднього отримання початкового розміщення, зокрема ієрархічної багаторівневої декомпозиції та послідовного розміщення за зв'язністю. Як результат досліджень рекомендується застосовувати ієрархічну багаторівневу декомпозицію в парі з методом сканувальної області, оскільки вони використовують однакову базову процедуру.

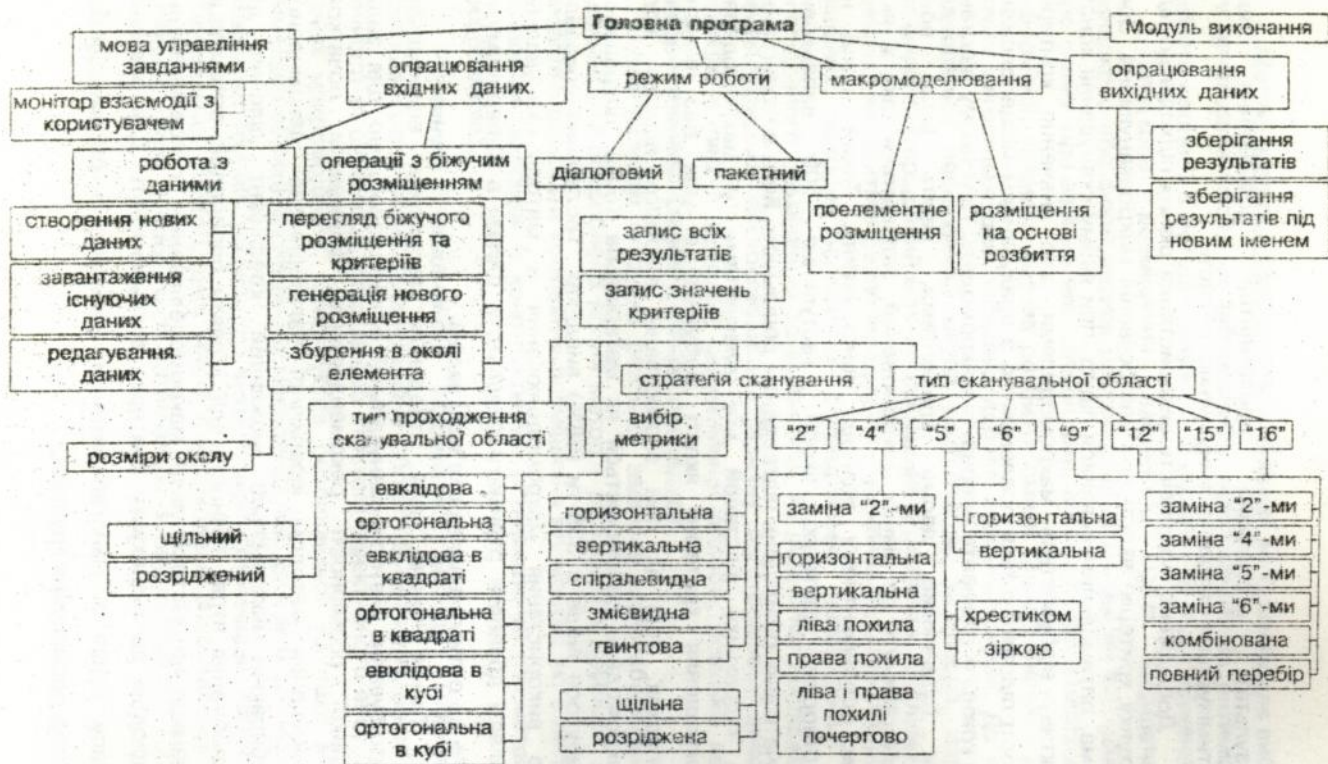
Для випадку складної реальної задачі з різногабаритними елементами розроблено новий метод - розміщення групами, що дозволяє отримати компактне розміщення елементів, які є групованими на основі їх конструктивних особливостей (геометричних розмірів).

Розвинуто можливості поєднання методу макромодельювання з методом сканувальної області з метою підвищення точності та швидкодії, досліджено стратегії ефективного використання макромоделей. Конструктив розбивається на таке максимально велике число (4-16) макромоделей, для яких ще можна отримати точний результат, виконується оптимізація методом сканувальної області, далі кожна макромодель розбивається на дрібніші, знову проводиться оптимізація, знову розбиття і т.д. В

результаті отримуємо поелементне розміщення, яке оптимізується методом сканувальної області.

Досліджено можливість використання різних підходів до підрахунку критерію якості при застосуванні макросканування. Зокрема, оптимальним виявився підхід, при якому сканування конструктиву відбувається макромоделями, але значення критерію якості підраховується поелементно з врахуванням місцеположення кожного елемента всередині макромоделі. При цьому відстань між будь-якими двома елементами, навіть якщо вони належатимуть до різних макромоделей, залишиться така ж як і при поелементному розгляді конструктиву. Такий підхід не спотворює критерію якості. Тестування 500 випадкових початкових розміщень підтвердили доцільність його використання до підрахунку відстаней між елементами у макромоделях. Покращення критерію якості відбулося в усіх без винятку випадках, тоді як при застосуванні відомого підходу, коли макромодель розглядається як матеріальна точка, покращення відбулося лише в 339-ти (68%) випадках. Тестування показали, що використання макромоделювання в методі сканувальної області дозволяє отримати результати ближчі в середньому на 19% до оптимального розв'язку задачі.

Таким чином, для створення передумов ефективного застосування методу сканувальної області особливо для задач великої розмірності рекомендується: формувати початкове розміщення методом ієрархічної багаторівневої декомпозиції, вибираючи максимально можливий коефіцієнт ділення для запобігання втрат точності; здійснювати попередню оптимізацію розміщення, застосовуючи макромоделювання з поелементним підходом до підрахунку критерію оптимальності. Для окремого класу задач з різногабаритними елементами рекомендується метод розміщення групами.



Мал.5. Структурна схема ППП "Сканувальна область"

Четвертий розділ присвячений практичній реалізації інструментальних систем з використанням розроблених алгоритмів. Розроблено два пакети прикладних програм: "Сканувальна область" і "Розміщення" для реалізації на персональному комп'ютері IBM PC. Розглянуто деякі можливості розпаралелювання обчислювального процесу для його реалізації на багатопроцесорних машинах.

У склад математичного і програмного забезпечення ППП "Сканувальна область" (мал.5) включено розроблені та досліджені в дисертаційній роботі методи і алгоритми.



Мал. 6. Структурна схема ППП "Розміщення".

На базі ППП "Сканувальна область" розроблено ППП "Розміщення" (мал.6), призначений для використання методу сканувальної області до реальних задач проектування конструкцій комп'ютерної та радіоелектронної техніки. В пакет вміщено комплекс алгоритмів, що здійснюють початкове розміщення елементів з подальшою його оптимізацією методом сканувальної області. Пакет реалізовано як додатковий модуль розміщення до відомої системи проектування PCAD.

Описано результати експериментальних досліджень розроблених алгоритмів при розв'язуванні тестових і прикладних задач. Експериментально досліджено точність та швидкодію методів. Приведено найкращі результати, а також представлено результати розв'язку реальних тестових задач.

ППП "Розміщення" написаний на мові програмування C++ і розрахований на розміщення до 250 елементів (такі обмеження системи PCAD) і вимагає 483 Кбайти оперативної пам'яті (ОП), збільшення розмірності задачі на кожен наступний $(n+1)$ -й елемент вимагатиме збільшення ОП на $(4n-2)$ байти (для 251 елемента, наприклад, об'єм ОП збільшиться приблизно на 1 Кбайт). У випадку задач великої та надвеликої розмірності необхідно використовувати принципово потужніші комп'ютери, а також робочі станції, оскільки вже для задачі розміщення 10000 елементів необхідно біля 96 Мбайт оперативної пам'яті.

В основі методу сканувальної області лежить багаторазове розв'язування однотипних задач, що створює широкі можливості для розпаралелювання обчислень. Окремі з таких можливостей розглянуто в дисертації. У випадку n -процесорної системи конструктив розбивається на n -суміжних областей, - кожен окремий процесор здійснює сканування в окремій області. При застосуванні розрідженої області сканування кожен етап сканування рекомендується до виконання окремим з паралельних процесорів, причому необхідно відслідковувати, щоб одні і ті самі елементи не попадали одночасно в різні області. Також рекомендується розпаралелити обчислення критерію якості, наприклад, розділити обчислення сумарної довжини зв'язків на три групи: зв'язки між елементами всередині сканувальної області, зв'язки елементів всередині області з елементами поза областю і зв'язки між елементами за межами сканувальної області.

В залежності від наявних технічних і часових ресурсів рекомендуються різноманітні стратегії реалізації методу, а саме:

- для комп'ютерів типу Pentium послідовно за ітераціями збільшувати розміри сканувальної області від найменших (з двох елементів) до максимально можливих (6-9 елементів);
- для робочих станцій послідовно збільшувати розміри сканувальної області від найменших до областей з 9-12 елементів, для областей з 15-16 елементів здійснювати моделювання областями менших розмірностей;
- для багатопроцесорних комп'ютерів здійснювати розпаралелювання при скануванні та підрахунку критерію якості;
- при формуванні початкового розміщення методом ієрархічної декомпозиції вибирати на кожному кроці розбиття розбиття максимально великий (в залежності від обчислювальних ресурсів та заданих потреб точності) коефіцієнт ділення (4-16).

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ.

Розроблено нові математичні та програмні засоби для розв'язування задачі квадратичного призначення - розміщення елементів. Досліджено та розвинуто метод сканувальної області з точки зору його ефективного застосування для задач високих розмірностей. Отримано наступні основні результати:

1. Розвинуто для методу сканувальної області ієрархічний підхід до процесу оптимізації розміщення елементів, при якому процес знаходження розв'язку задачі великої розмірності зводиться до певним чином організованої множини задач малої розмірності, які розв'язуються ітераційно.
2. Розроблено і обґрунтовано нові стратегії (схеми) застосування методу сканувальної області. Для забезпечення бажаних характеристик методу (точності і часу виконання) рекомендовано різні

послідовності проходження сканувальною областю конструктиву, досліджено вплив її розмірів і конфігурацій.

3. Розроблено нові алгоритми та засоби для виведення оптимізаційного процесу з локальних мінімумів, в тому числі застосовано елементи апарату генетичних алгоритмів - випадкові та спрямовані мутанти.
4. Розроблено новий алгоритм розміщення групами для формування початкового розв'язку задачі з різногабаритними елементами, який дає змогу отримати компактне розміщення елементів, що є погруповані на основі їх конструктивних особливостей.
5. Розвинуто і досліджено триетапну схему пошуку розв'язку задачі розміщення: на першому - здійснюється початкове розміщення елементів; на другому - виконується "груба" оптимізація розміщення засобами макромоделювання; і на третьому етапі проводиться оптимізація засобами методу сканувальної області. Дослідження підтвердили доцільність використання такої схеми.
6. Розроблено ППП "Сканувальна область" для теоретичних та експериментальних досліджень методу сканувальної області. На його базі розроблено ППП "Розміщення" для розв'язування задач проектування конструкцій комп'ютерної та радіоелектронної техніки, який співпрацює з системою PCAD. ППП "Сканувальна область" впроваджено в навчальний процес для вивчення методів дискретної оптимізації. ППП "Розміщення" рекомендується проектно-конструкторським організаціям, які проектують засоби нової комп'ютерної та радіоелектронної техніки.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ

1. *Базилевич Р.П., Телюк Т.М.* Деякі можливості застосування генетичних алгоритмів в САПР конструкцій електронної техніки. -


- Зб. доп. Міжнар. конф. з генетичних алгоритмів в м.Одесі (1995): Вид-во ОДУ, 1995, с. 217-218.
2. *Базилевич Р.П., Телюк Т.М.* Застосування генетичних алгоритмів для розміщення елементів ВІС та ДП на основі методів ієрархічної декомпозиції та сканувальної області. - Зб. доп.: 5-та міжнар. науково-практична конф. "УкрСофт-95" (м.Львів, 1995): Вид-во ДУ "Львівська політехніка", 1995, с.114-117.
 3. *Базилевич Р.П., Телюк Т.М.* Застосування "мутацій" як складової частини апарату генетичних алгоритмів для розміщення елементів ВІС та ДП на основі методу сканувальної області. - Львів: Вид-во ДУ "Львівська політехніка", Комп. вісник-95, 1995, с. 6-11.
 4. *Базилевич Р.П., Телюк Т.М.* Оптимізація арифметичних процедур в методі сканувальної області. - Львів: Вид-во ДУ "Львівська політехніка", Комп'ютерний вісник - 94, 1994, с. 5-10.
 5. *R.P. Bazylevych, T.M. Telyuk.* Application of mutants as operators of genetic algorithms for optimising VLSI and PCB elements placement at the basis of scanning area method. - Proc. Internat. Conf. on Genetic Algorithms and their Applications "MENDEL-95", Brno, Czech Republic, 1995, p. 25-28.
 6. *Телюк Т.М., Базилевич Р.П.* Програмне забезпечення методу сканувальної області для оптимізації розміщення елементів. - Зб. тез: Міжнар. конф. "УкрСофт-94" (м.Львів, 1994): Вид-во ДУ "Львівська політехніка", 1994, с.117-119.
 7. *Базилевич Р.П., Телюк Т.М.* Методичні вказівки до циклу лабораторних робіт "Дослідження методу сканувальної області для розміщення елементів конструктивних вузлів комп'ютерної техніки" з курсу "Математичне і програмне забезпечення систем автоматизованого проектування конструкцій комп'ютерної техніки" - Львів: ДУ "Львівська політехніка", 1995, - 12 с.

Особистий внесок автора у розроблення наукових результатів, що виносяться на захист є вирішальним.

Telyuk T.M. Mathematical and programming means for elements placement using scanning area method. Dissertation for candidate degree in technical sciences in speciality 05.13.09 - Mathematical and programme software for computer systems, - Lviv Polytechnic State University, Lviv, 1996. 7 scientific papers are defended, which include theoretical and experimental researches for placement optimising by scanning area method. The new approaches and strategies for effective for the large dimension problems method using in common with hierarchical decomposition method are elaborated. The new method for compact group initial placement is suggested. The new special CAD software is elaborated.

Телюк Т.М. Математические и программные средства для размещения элементов методом сканирующей области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.09 - математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем; Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1996г. Защищается 7 научных работ, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования метода сканирующей области, предназначенного для оптимизации размещения элементов. Разработаны новые подходы и стратегии эффективного его использования для задач большой размерности совместно с методом иерархической декомпозиции. Предложен новый алгоритм компактного группового начального размещения разногабаритных элементов. Разработаны программные средства для использования в САПР.

Ключові слова: дискретна оптимізація, задача квадратичного призначення, розміщення елементів, сканувальна область, генетичні алгоритми, програмні засоби.

автор 

Нідписано до друку 24.02.97. Формат 60x84/16. Папір друк. МІ.
Друк офсети. Умови друк. арк. 1,8. Умови фарб. відб. 1,8.
Обл.-вид. арк. 2,0. Тираж 100. Зам. 50.

Машинно-офсетна лабораторія Львівського держуніверситету.
290602 Львів, вул. Університетська, 1.

1850

425896

AB 37.189