

УДК 621.382.33:681

Казимира І.*, Близнюк М.

*НУ “Львівська політехніка”, кафедра ТРР
НУ “Львівська політехніка”, кафедра САПР

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДИКИ БАГАТОФАКТОРНОГО МАШИННОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ СИНТЕЗУ СПРОЩЕНИХ МОДЕЛЕЙ ІС

© Казимира І., Близнюк М., 2000

Розглянуто методику побудови спрощених моделей інтегральних схем на основі проведення машинних багатofакторних експериментів на повній моделі схеми. Проведено оцінку ефективності використання методики синтезу спрощених моделей на основі машинних БФЕ у процедурах оптимального проектування. Визначено область ефективного застосування ПФЕ 2^K , ДФЕ 2^{K-P} .

Вступ. Використання методики проведення машинних БФЕ у процесі автоматизованого проектування ІС

При розв'язанні оптимізаційних задач та задач синтезу в процесі автоматизованого проектування ІС значний інтерес становить отримання апроксимаційних функцій від параметрів оптимізації \mathbf{x}_{opt} (від внутрішніх параметрів схеми).

Проблеми пошуку найкращого розв'язку задачі багатокритеріальної оптимізації з перемінним успіхом вирішуються при розв'язанні стандартних задач математичного програмування. Для розв'язання задач оптимального проектування ІС можливість оцінки різних оптимально компромісних розв'язків стає проблематичною, практично неможливою. Це викликано тим, що в стандартних задачах математичного програмування критеріальні функції $q(\mathbf{x})$ і функції обмежень $g(\mathbf{x})$ явно залежать від \mathbf{x} , тоді як в задачах проектування ІС залежність цих функцій від параметрів елементів схеми виражається неявно через рівняння електричних кіл, що в більшості випадків дозволяє з великими часовими витратами отримати одиничну оцінку оптимально компромісного розв'язку, не кажучи вже про порівняльний аналіз таких оцінок, тобто, розв'язок задачі із змінними ваговими коефіцієнтами ($\mathbf{w}=\text{var}$).

У роботі [1] обґрунтовано, що на етапі пошуку оптимально компромісних розв'язків задачі векторної оптимізації тільки використання ефективних апроксимаційних макромоделей може забезпечити прийнятні часові витрати. Розроблений підхід до практичного розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації ІС, який базується на побудові спрощених моделей ІС – аналітичних макромоделей, що апроксимують вихідні параметри і характеристики схеми в задачах аналізу та частковій критерії оптимальності і функції обмежень в оптимізаційних моделях задач багатокритеріальної оптимізації [1]. Для автоматичної побудови аналітичних макромоделей запропоновано використання методики проведення машинних багатofакторних експериментів на повній (точній) моделі схеми. Авторами розроблена методика автоматичного синтезу спрощених моделей ІС в процесі автоматизованого схемотехнічного проектування шляхом використання машинних багатofакторних експериментів на повній моделі ІС на відповідних ієрархічних рівнях розв'язку задач аналізу, параметричної оптимізації та структурного синтезу [1–3]. Основним завданням

побудови аналітичних макромоделей на основі проведення машинного БФЕ на повній моделі ІС є спрощення оптимізаційної моделі шляхом апроксимації часткових критеріальних функцій $q_i(x) = f_i(x)$, $i = \overline{1, M_{\text{opt}}}$ і функціональних обмежень $g_{\phi_j}(x)$, $j = \overline{1, K_{\phi}}$:

$$q_i = \psi_{\text{appr}_i}(x), \quad i = \overline{1, M_{\text{opt}}}, \quad (1)$$

$$g_{\phi_j} = \psi_{\text{appr}_j}(x), \quad j = \overline{1, K_{\phi}}, \quad (2)$$

де ψ_{appr_i} – аналітична апроксимаційна функція, що апроксимує залежність критеріїв оптимальності і функціональних обмежень від змінних параметрів оптимізації x_{opt} .

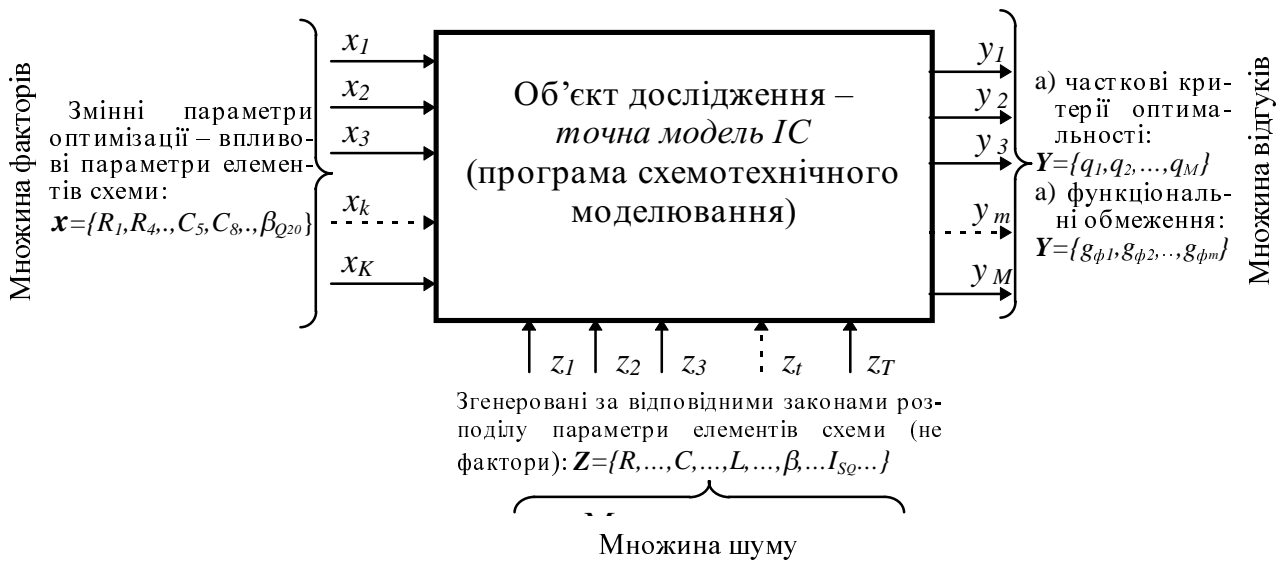


Рис.1. Повна модель ІС як об'єкта дослідження при проведенні БФЕ на ієрархічному рівні оптимізації

Схема використання повної моделі ІС як об'єкта дослідження при проведенні БФЕ на ієрархічному рівні оптимізації є така:

На основі проведення аналізу методик планування БФЕ, що використовують спеціальні плани, з точки зору застосування їх у процесі автоматичної побудови спрощених моделей ІС для забезпечення ефективності проектування пропонується для синтезу спрощених моделей на ієрархічному рівні оптимізації використовувати дворівневі повні факторні експерименти (ПФЕ 2^K) і дворівневі дробові факторні експерименти (ДФЕ 2^{P-K}), що дають можливість отримати білінійні і лінійні аналітичні макромоделі:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \tilde{x}_i + \sum_{i \neq j} b_{ij} \tilde{x}_i \tilde{x}_j + \sum_{i \neq j \neq g} b_{ijg} \tilde{x}_i \tilde{x}_j \tilde{x}_g + \dots + b_{ijq \dots k} \tilde{x}_i \tilde{x}_j \tilde{x}_q \dots \tilde{x}_k, \quad (3)$$

та експерименти на основі ортогональних центрально-композиційних планів (ОЦКП), що дають можливість отримати квадратичні макромоделі:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \tilde{x}_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} \tilde{x}_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} \tilde{x}_i \tilde{x}_j + \sum_{i \neq j \neq g} b_{ijg} \tilde{x}_i \tilde{x}_j \tilde{x}_g + \dots + b_{ijq \dots k} \tilde{x}_i \tilde{x}_j \tilde{x}_q \dots \tilde{x}_k. \quad (4)$$

Враховуючи те, що алгоритм синтезу спрощених моделей на основі постановки багатфакторних машинних експериментів не належить до класу ефективних алгоритмів, постає резонне питання оцінки ефективності застосування запропонованого підходу в процедурах оптимального проектування ІС.

Оцінка ефективності використання методики синтезу аналітичних макромоделей ІС на етапі схмотехнічного проектування

Ефективність використання синтезованих аналітичних макромоделей ІС на основі методики планування машинних багатofакторних експериментів підтверджується практичним застосуванням, особливо при розв'язанні задач багатокритеріальної оптимізації, коли необхідно оцінити оптимальні розв'язки задачі при різних значеннях вагових коефіцієнтів.

Постає резонне питання числової оцінки ефективності застосування методики побудови спрощених моделей шляхом постановки машинного БФЕ для розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації. Адже алгоритм синтезу спрощених на основі проведення БФЕ належить (так як і алгоритми оптимізації) до алгоритмів з експоненційною складністю. Наприклад, обчислювальна складність алгоритму синтезу моделі на основі ПФЕ 2^K оцінюється як:

$$O(K) = n_p 2^K \quad (5)$$

де K – кількість факторів, n_p – кількість паралельних дослідів у кожній точці факторного простору, визначеній згідно з планом експерименту.

Експериментальні дослідження обчислювальної складності алгоритмів оптимізації [1,4] вказують на експоненційну залежність обчислювальної складності алгоритму оптимізації від кількості змінних (факторів).

Порівнюємо ефективність процедур оптимізації з використанням точних моделей схеми та спрощених моделей, що синтезовані за допомогою машинного БФЕ, за критерієм кількості звернень до обчислення точної моделі схеми (кількості викликів програми схмотехнічного аналізу). При цьому часом, що витрачається на оптимізацію синтезованих аналітичних макромоделей ІС, можна знехтувати, оскільки він є набагато менший, ніж час, що витрачається на синтез самої моделі. На рис.2 наведені графіки залежностей кількості викликів програми аналізу схем у

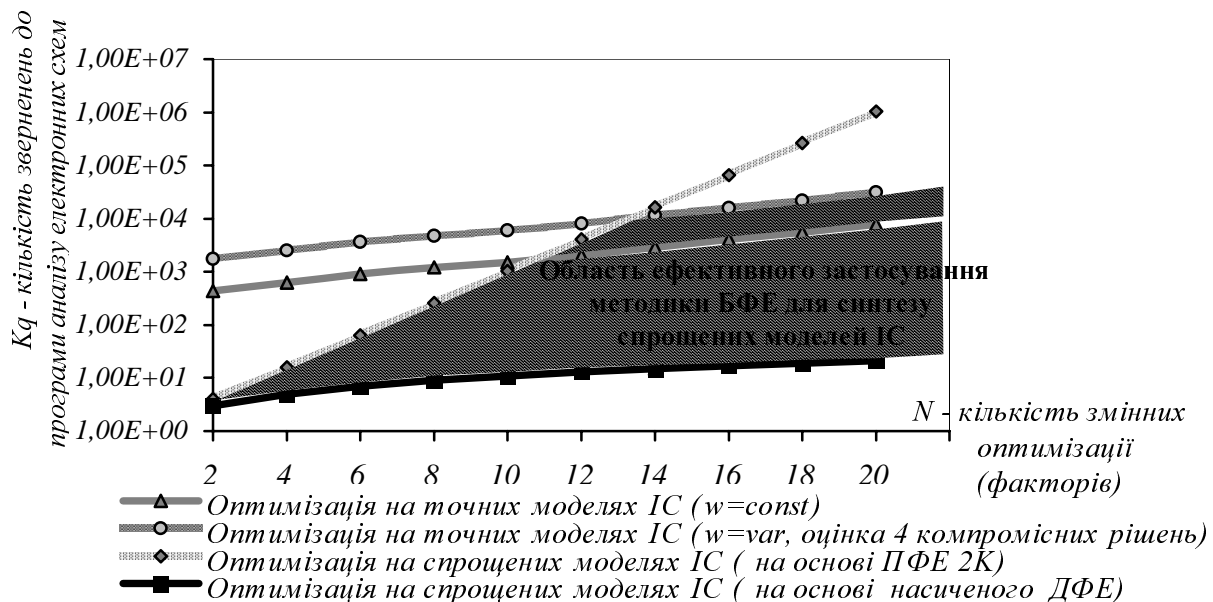


Рис.2. Оцінка ефективності застосування методики планування машинних БФЕ для синтезу спрощених моделей ІС у процедурах оптимального проектування

процесі параметричної оптимізації з використанням точних моделей та з використанням спрощених моделей, що будуються на основі проведення машинних БФЕ з використанням різних планів.

Висновки

Згідно з проведеними оцінками використання ПФЕ 2^K при кількості факторів $K > 11$ стає недоцільним (часові витрати на синтез спрощених моделей перевищують часові витрати на оптимізацію на точних моделях). Це при оцінці одного компромісного розв'язку задачі оптимізації. При бажанні оцінки декількох розв'язків ($w = \text{var}$) межа ефективності ПФЕ 2^K збільшується, що графічно ілюструє крива оцінки чотирьох компромісних розв'язків: експеримент не ефективний при $K > 14$.

У дійсності необхідності у проведенні ПФЕ 2^K при $K > 6$ немає через надлишковість – поліноміальні моделі, отримані на їх основі мають статистично незначущі коефіцієнти при взаємодіях вищих порядків ($q > 5$). Проведення ДФЕ 2^{K-P} збільшує межу ефективності застосування методики проведення машинних БФЕ. На графіку (рис.2) визначена область ефективності застосування методики БФЕ, яка обмежена кривою насиченого ДФЕ та кривою застосування точних моделей в процедурах оптимізації. Це область, в якій необхідно застосовувати розумний компроміс між точністю (чим більша репліка, тим нижча точність) та часовими витратами (чим більша репліка, тим менші часові витрати).

1. Казимира І.Я. *Методи та засоби забезпечення ефективності процедур оптимального проектування ІС на схемотехнічному етапі. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Львів, 1998.* 2. Koval V.A., Blyzniuk M.B., Kazymyra I.Y. *Simplified Models of IC's for the Acceleration of Circuit Design // Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, editors: A.Napieralski et al. – Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1998. P.149–155.* 3. Koval V.A., Blyzniuk M.B., Kazymyra I.Y. *ICs Circuit Design Using Two-Level Simulation Technique // Proc. of the 4th International Workshop “Mixed Design of Integrated Circuits and Systems” (MIXDES'97). Poznan, 1997. P.163–166.* 4. Kazymyra I.Y., Blyzniuk M.B., Lobur M.V. *Preliminary Estimation of the Efficiency of Optimization Problems Solution in Circuit Design. Proceedings of the 5th International Conference “Mixed Design of Integrated Circuits and Systems” (MIXDES'98). Lodz, 1998. P.143–146*

УДК 681.03.13

Нестор Н.І.

Львівський технічний коледж

ПАКЕТ ПРОЦЕДУР ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ ГІЛОК ТА ГРАНИЦЬ

© Нестор Н.І., 2000,

Розглядаються практичні аспекти реалізації методу гілок та границь. Наводиться структура пакета процедур для виконання основних операцій при розв'язанні оптимізаційних задач. Пакет спроектований як програмне ядро, яке може використовуватися для різноманітних задач вичерпного пошуку із поверненнями.

Формулювання задачі

Метод гілок та границь є відомим часто вживаним способом чисельного розв'язування комбінаторних задач, у тому числі і NP-повних. Цей метод є варіантом пошуку із повер-