

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

В.Г. ТРЕГУБ, доктор технічних наук

Український державний університет харчових технологій

Сучасні комп'ютерно-інтегровані системи керування (КІСК) мають ієрархічну багаторівневу структуру, тому її визначення пов'язане з розв'язанням такої послідовності задач [1]: виділення ієрархічних рівнів робочих станцій (РС) та обчислювальних мереж (ОМ); визначення кількості РС та їхніх функцій. Враховуючи, що кожна РС може бути підімкнута до однієї чи до кількох мереж різних рівнів, кількість ієрархічних рівнів РС може збігатися з кількістю ієрархічних рівнів ОМ або бути більшою за неї.

Для вибору оптимальної структури КІСК можна використати один з двох підходів. За першим, комплексним підходом обрані критерії оптимізують, змінюючи як кількість ієрархічних рівнів РС і ОМ (ієрархічність), так і кількість РС (розподіленість) на кожному рівні. Другий підхід *декомпозиційний*, він зводиться до поетапного визначення спочатку ієрархічності системи, а потім її розподіленості. При цьому на другому етапі змінюють тільки кількість РС попередньо обраної раціональної ієрархічної структури КІСК. Обидва підходи можуть бути використані при створенні КІСК з допомогою як системної інтеграції, так і трансферу програмно-технічного комплексу (ПТК). Однак, враховуючи процедурні особливості останнього, використання комплексного підходу, мабуть, доцільніше в цьому випадку.

Розглянемо один з можливих методів розв'язання задачі вибору оптимальної структури КІСК при декомпозиційному підході. Будемо вважати визначення ієрархічності першою підзадачею вибору оптимальної структури, а визначення розподіленості — другою підзадачею. Припустимо, що ефективність вибору тієї чи іншої структури визначається вектором критеріїв

$$J = F(X, Y),$$

де $X = \{x_1, x_n\}$ — множина показників вибору, якими один з можливих варіантів розв'язання задачі відрізняється від іншого; $Y = \{y_1, y_m\}$ — множина умов вибору, тобто вимоги до вибору, що залежать

Розглянуто метод розв'язання задачі вибору оптимальної структури комп'ютерно-інтегрованої системи керування, декомповованої з виділенням двох підзадач: першої — з визначення оптимальної ієрархічності системи і другої — з визначення її оптимальної розподіленості.

Рассмотрен метод решения задачи выбора оптимальной структуры компьютерно-интегрированной системы управления, декомпозиция которой проведена с выделением двух подзадач: первой — определение оптимальной иерархичности системы и второй — определение ее оптимальной распределенности.

від стану оточуючого середовища і, насамперед властивостей об'єкта автоматизації.

Кожну множину показників вибору (ПВ) одного з варіантів можна розглядати як сукупність двох підмножин: *функціональної*, що описується словесно і не має числового визначення, і *числової*, що таке визначення має. Числові ПВ залежно від того, за скількима критеріями визначається найкращий варіант, іноді поділяють на *обмежувальні* та *порівняльні*.

До обмежувальних належать ті ПВ, які найчастіше не змінюються в процесі проектування (при переході від варіанта до варіанта) і використовуються в багатьох процедурах вибору для початкового зменшення множини варіантів, серед яких обирають найкращий. Обмежувальні ПВ можуть бути як негативними, так і позитивними. Зі зменшенням негативних обмежувальних ПВ поліпшуються споживчі властивості варіанта (наприклад, вартість, споживана потужність, час відновлення і под.). У позитивних обмежувальних ПВ поліпшення споживчих властивостей пов'язане зі збільшенням ПВ (наприклад, швидкість, об'єм пам'яті, тривалість безвідмовної роботи і под.). Негативні ПВ, як правило, мають обмеження зверху, позитивні ПВ — знизу. В той же час у деяких випадках вони можуть мати обмеження і знизу і з

причому як “жорстке”, коли вихід за обмеження зводиться, так і “м’яке”, коли вихід дозволяється при виконанні певної умови.

Порівняльні ПВ, як правило, змінюються в разі варіанта без урахування можливих “м’яких” зв’язків. Формування підмножини порівняльних зв’язків з множини числових ПВ значною мірою визначається від критеріїв (критерію) та алгоритму варіанта. Алгоритми, які застосовують для розв’язання задачі вибору залежно від використаних критеріїв вибору, поділяють на однокритеріальні та багатокритеріальні. Однокритеріальні, у свою чергу, можуть бути однопараметричними, коли тільки один ПВ використовується як критерій вибору, та багатопараметричними, коли з метою кількох ПВ формується згорток або іншими методами один комплексний показник. Зазначимо, що в разі використання одного однопараметричного критерію вибору всі числові ПВ, за винятком одного, належать до обмежувальних, що спрощує процедуру вибору, але не гарантує досягнення компромісу між вартістю та технічною ефективністю засобу. Найпоширенішими є однокритеріальні багатопараметричні та багатокритеріальні методи вибору, в яких для формування критерію (критерію) вибору використовують кілька порівняльних ПВ.

Перша підзадача вибору оптимальної структури. При переході до вибору ієрархічної структури ЛТТС враховуємо, що підмножина порівняльних ПВ в цьому випадку є сукупністю варіантів структур, поширеніші з яких наведені на рис. 1. На найнижчому з них (рис. 1, а) нижній рівень обчислювальних мереж (ОМ) утворюють “польові шини” (ПШ), до яких підмикають локальні технологічні ції (ЛТТС), вимірювальні перетворювачі (ВП) та навчальні органи (ВО). Середній рівень ОМ — це локальна обчислювальна мережа (ЛОМ), в якій, крім ЛТТС, працюють диспетчерська координуюча (ДКС) та операторські (ОПС) станції. Інформаційна мережа підприємства (ІМП) об’єднує не тільки ДКС, ОПС, а й організаційно-економічні станції (ОЕС), які використовують для автоматизованого керування бізнес-процесами. Інші з наведених варіантів структури мають наявність ПШ (рис. 1, в та 1, д) чи браку ПШ (рис. 1, б; 1, г та 1, е), а також наявність (1, б) чи браку (1, в; 1, г; 1, д та 1, е) ІМП при наявності ПШ у всіх варіантах.

Для вибору оптимальної ієрархічної структури можна використати один із методів парних порівнянь в задачах багатокритеріальної оптимізації, одним з яких належить і відомий метод ЕЛЕКТРА [2]. Застосовуючи, однак, більшу пристосованість до вибору ієрархічних структур методу аналізу ієрархій (МАІ) [3], зупинимось на особливостях його застосування у даному випадку. Структурна модель цього методу зображена на рис. 2. Кожному критерію вибору (КВ) ставлять у відповідність певну кількість альтернатив (А) ІС. Після побудови такої структури експерти встановлюють значущість критеріїв за

дев’ятибальною шкалою: дуже слабка — 1 бал, слабка — 2, посередня — 3, суттєва — 4, дуже суттєва — 5, сильна — 6, дуже сильна — 7, очевидна — 8 і абсолютна — 9. Після експертизи розраховують пріоритети критеріїв, а потім локальні пріоритети для кожної ієрархічної структури для кожного критерію. Далі локальні пріоритети ієрархічних структур перемножують на пріоритети відповідних критеріїв і підсумовують для кожної структури. Таким чином отримують значення глобального критерію J_1 для кожної структури, за яким обирають найкращу.

Друга підзадача вибору оптимальної структури. Підзадача вибору оптимальної розподіленості для РС одного рівня формулюється так: визначити питому виробничу площу (площа, що припадає на одну РС) з умов мінімізації сумарної вартості обладнання і ліній зв’язку:

$$J_2 = (C_{ст} + C_{сп} + C_{пр}) \rightarrow \min \Rightarrow s_{ст}^*, \quad (1)$$

де $C_{ст}$, $C_{сп}$, $C_{пр}$ — вартості відповідно робочих станцій, сервера, ліній зв’язку; $s_{ст}$, $s_{ст}^*$ — питома виробнича площа РС (ПВП РС — площа, що обслуговується однією РС), та її оптимальне значення. Враховуючи, що від кількості РС $n_{ст}$, а отже, і від $s_{ст}$ залежать тільки дві складові виразу (1), перепишемо його в такому вигляді:

$$J_2 = [C_{ст}(s_{ст}) + C_{пр}(s_{ст})] \rightarrow \min \Rightarrow s_{ст}^*. \quad (2)$$

При таких обмеженнях у разі визначення кількості ЛТТС

$$C_{ст} = C_{ст}^1 s_{пл} / s_{ст}; \quad C_{пр} = C_{пр}^1 s_{ст} / s_{пл}; \\ C_{пр}^1 = 0,25 (s_{пл} / s_{т.т})^2 \sqrt{s_{т.т} C_{пр}}, \quad (3)$$

де $C_{ст}^1$, $C_{пр}^1$ — вартості відповідно РС і її ліній зв’язку за умови, що всі термінальні точки підімкнено до однієї РС; $s_{пл}$ — виробнича площа, що обслуговується РС цього рівня; $s_{т.т}$ — питома виробнича площа термінальної точки (ПВП ТТ — площа, що припадає на одну ТТ); $C_{пр}$ — вартість 1 м ліній зв’язку. Вираз для $C_{пр}^1$ (3) записано з використанням формули І.М. Шенброта [4], яка отримана для наближеного обчислення довжини ліній, що з’єднують усі термінальні точки з однією РС.

Після підстановки співвідношень (3) у (2) дістанемо такий вираз цільової функції:

$$J_2 = C_{ст}^1 (s_{пл} / s_{ст}) + C_{пр}^1 (s_{ст} / s_{пл}). \quad (4)$$

Якщо прирівняти похідну цільової функції (4) до нуля, то дістанемо таку формулу: $s_{ст}^* = s_{пл} \sqrt{\gamma}$, де γ — співвідношення вартості однієї РС і 1 м ліній зв’язку, або з урахуванням (3)

$$s_{ст}^* = 2 \sqrt{s_{т.т}^{1,5} \gamma}. \quad (5)$$

Відповідно

$$n_{ст}^* = F \left[s_{пл} / 2 \sqrt{s_{т.т}^{1,5} \gamma} \right], \quad (6)$$

де $F[\dots]$ — функція “ціла частина від числа в [...]”.

Приклад розрахунку оптимальної розподіленості ЛТТС. Вихідні дані: загальна виробнича площа, що обслуговується РС цього рівня, $s_{пл} = 1000 \text{ м}^2$;

$$C_{np}^n = m^2 d C_{np} / 4n ; C_{np}^n = C_{np}' / n$$

$$C_{np}' = 0,25 d m^2 C_{np} = 0,25 (S_{nl} / S_{TT})^2 C_{np} \sqrt{S_{TT}} =$$

$$= 0,25 S_{nl}^2 C_{np} S_{TT}^{-1,5}$$

$$R^* = \sqrt{\frac{C_{np}'}{C_{CT}}} = \sqrt{\frac{S_{nl}^2 C_{np}}{4 \cdot S_{TT}^{1,5} C_{CT}}} = \frac{S_{nl}}{2} \sqrt{\frac{C_{np}}{S_{TT}^{1,5} C_{CT}}}$$

$$\frac{S_{nl}}{S_{CT}^*} = \frac{S_{nl}}{2} \sqrt{\frac{C_{np}}{S_{TT}^{1,5} C_{CT}}} = \frac{1}{2 \sqrt{S_{TT}^{1,5} \gamma}}$$

$$S_{CT}^* = 2 \sqrt{S_{TT}^{1,5} \gamma}$$

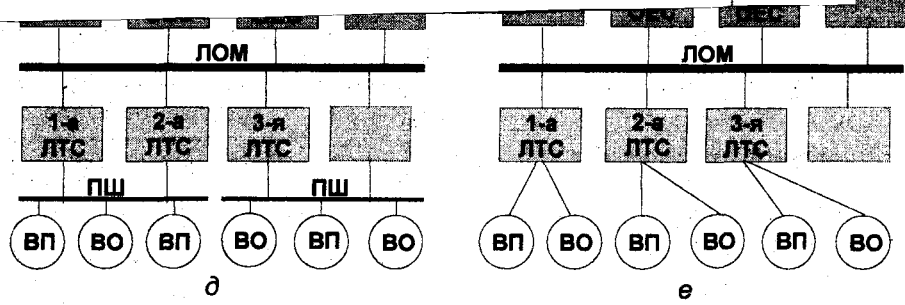


Рис. 1

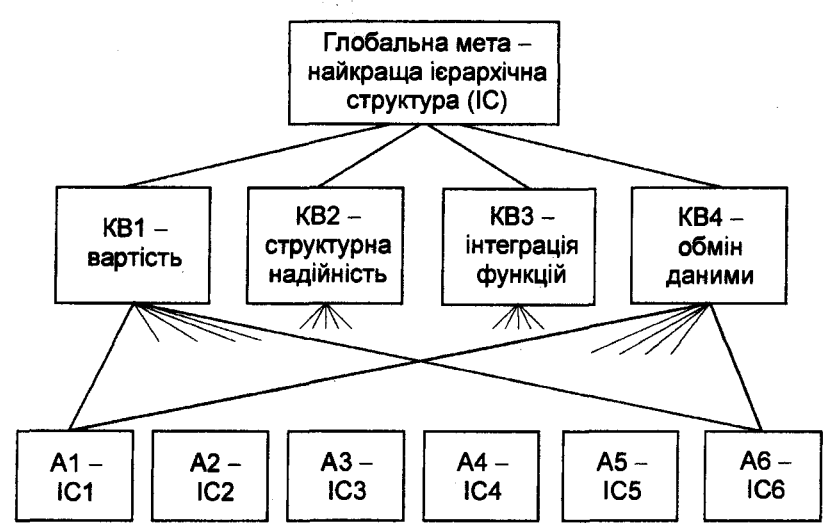


Рис. 2

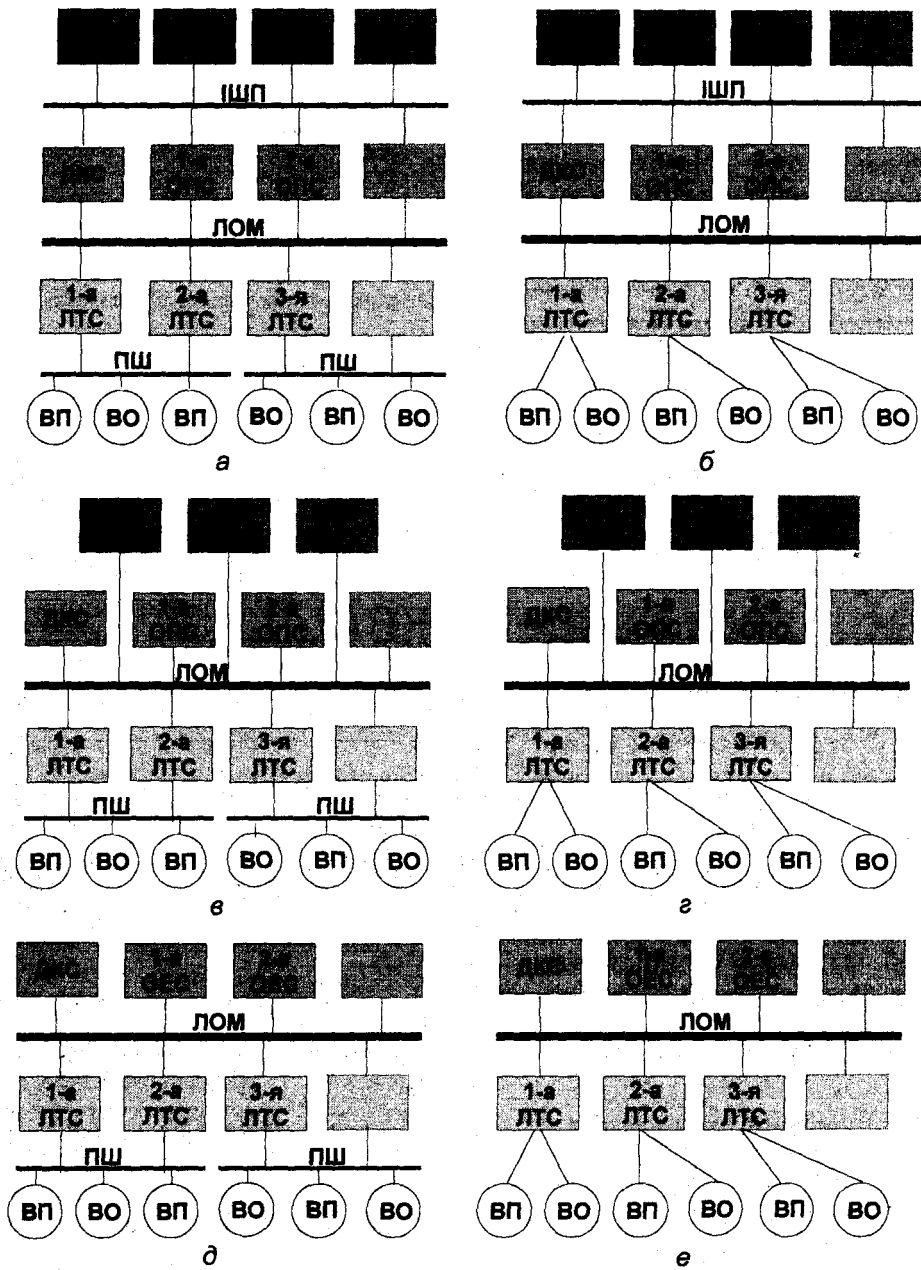


Рис. 1

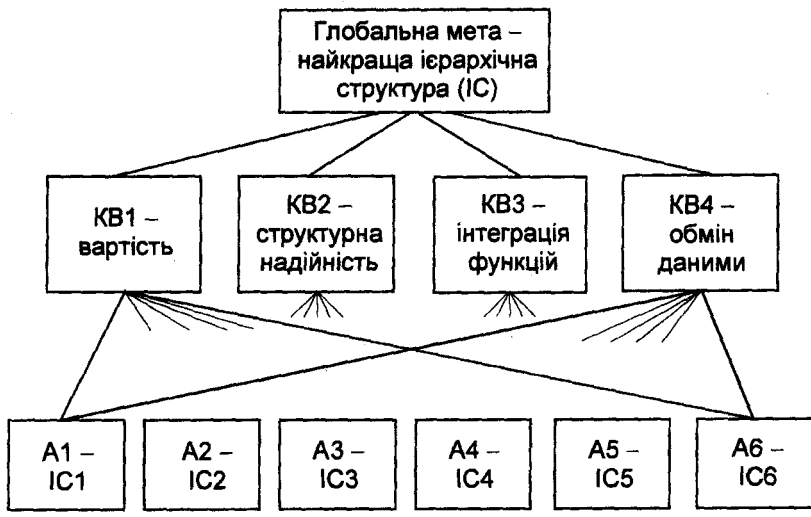


Рис. 2

кiсть ТТ $n_{\text{т}} = 100$, співвiдношення $\gamma = 1000$. Розв'язуємо ПВП ТТ: $s_{\text{т,т}} = 1000/100 = 10 \text{ м}^2/\text{шт.}$, тодi $2\sqrt{10^{1,5} \cdot 1000} = 355,6 \text{ м}^2/\text{шт.}$, а $n_{\text{ст}}^* = 1000/355,6] = 3$.

Заведений метод може бути використаний i для визначення оптимальної кiлькостi ОПС, якщо розглядати ЛТС як термiнальнi точки.

Висновок. При декомпозицiйному пiдходi до вибору оптимальної структури комп'ютерно-iнтегрованої системи керування спочатку вибирають оптимальну кiлькiсть iєрархiчних рiвнiв робочих станцiй i обчислювальних мереж, iм iї оптимальну розподiленiсть, тобто кiлькiсть а кожному iєрархiчному рiвнi системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Трегуб В.Г., Ладанюк А.П.* Структура проектних процедур при створеннi комп'ютерно-iнтегрованих систем управління // Информ. бюл. Schneider electric SAC. — 1998. — Вип. 5.
2. *Руб В.* Классификация и выбор при наличии нескольких критериев (метод ЭЛЕКТРА) // Вопросы анализа и процедура принятия решений. — М.: Мир, 1976.
3. *Грунина Г.С., Деменков Н.П.* Пакет программ, реализующий метод анализа иерархий // Приборы и системы управления. — 1996. — № 7.
4. *Шенброт И.М., Алиев В.М.* Проектирование вычислительных систем распределенных АСУТП. — М.: Энергоатомиздат, 1989.

Одержана редколлегією 14.03.2000 р.