

УДК 681.3

О.В. БОЙЧЕНКО

*Кримський юридичний інститут Одеського державного університету
внутрішніх справ, Сімферополь, Україна*

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Проаналізовано теоретичні та практичні питання проблематики оптимізації застосування складних ієрархічних систем для планування та управління виробничою діяльністю організації. Запропоновано комплексне застосування концептуальних рівнів опису складної ієрархічної системи з характерними ступенями абстрагування та деталізації, а саме методологічного, алгоритмічного та операційного рівнів. Визначено доцільність використання різних способів зведення завдань нечіткого математичного програмування до сукупності завдань інтервального програмування, а також до звичайних детермінованих завдань на основі методів і пакетів програм математичного програмування у сукупності методів оптимізації розгалужених управлінських ієрархічних систем.

Ключові слова: багаторівневі інформаційні системи, багатокритеріальні завдання, алгоритми координації, методологічний, алгоритмічний та операційний рівні оптимізації

Вступ

Стрімкий розвиток світового інформаційного суспільства, широке впровадження в діяльність організацій, установ та закладів інтегрованих управлінських інформаційно-телекомунікаційних систем, а також нагальна необхідність застосування оперативного та достовірного обміну даними в діяльності міністерств та відомств для планування та керування виробничою діяльністю потребує розробки заходів оптимізації складних та розгалужених ієрархічних систем управління.

Постановка задачі дослідження. Необхідність проведення наукового дослідження обґрунтована низкою обставин, що характеризують стан інформатизації суспільства, сучасним розвитком програмно-апаратних засобів інформатизації та необхідністю оперативного вирішення завдань управління діяльністю установи чи організації із застосуванням новітніх інтегрованих інформаційно-телекомунікаційних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні положення теорії багаторівневих ієрархічних систем були розроблені М. Месарович та Я. Такахага [1], які запропонували основні принципи декомпозиції системної цільової функції, а також обмеження на цільові функції та відповідні обмеження до окремих підсистем. Ю.І. Павловським розглянуто питання визначення числа рівнів в складних ієрархічних системах з формальною постановкою завдання вибору способу та побудови ієрархічної структури управління [2]. В.В. Шершковым та В.Ф. Шириковым запропоновано застосування теорії графів при декомпозиції інформаційної сис-

теми, що дозволяє здійснювати попереднє формулювання вимог до режиму системи, а також отримання нової сукупності завдань за рахунок зневаги деякими припущеннями [3]. В.С. Михалевичем, М. Брдісом та П. Робертом розглянуто завдання побудови багаторівневого регулятора для складної системи шляхом побудови локальних регуляторів для кожної з підсистем і подальшим вирішенням відповідної задачі для всього регулятора в цілому для систем із статичними взаємозв'язками [4, 5].

Вирішенню проблем оптимізації складних ієрархічних систем управління через застосування блоково-імпульсного перетворення до ієрархічного управління лінійними нестационарними системами, методів статистичної та динамічної оптимізації ієрархічних систем, алгоритмів формалізованого розподілу завдань в ієрархічних системах по елементах і рівнях системи управління присвячені роботи таких видатних фахівців, як Д. Вісмер, П. Петков, З. Димитров, М. Іванов, В. Кунцевич, М. Личак та інших [6 – 8].

Мета статті: розробка методів оптимізації інформаційних ієрархічних систем на основі класичним підходів теорії управління системами та вимогами до практики експлуатації інтегрованих інформаційно-аналітичних систем.

Основні матеріали досліджень

Описуючи процедуру функціонування розгалуженої розподіленої інформаційної системи на основі технології еталонної моделі взаємодії відкритих систем (ЕМВВС), слід зазначити, що кожна підсистема оптимізує свою цільову функцію, а верхній

рівень координує вирішення нижчих підсистем так, щоб досягався оптимум глобальної цільової функції. Процес координації здійснюється за допомогою деяких фіктивних змінних, які для нижчих підсистем є параметрами.

Завдання, критерії і фіктивні змінні підсистем різних рівнів при декомпозиції можуть не відповідати реальним функціям управлінських органів і диспетчерських служб цих підсистем. Тому застосувати процес декомпозиції в чистому вигляді для реальної системи представляється скрутним. Крім того, аналіз і синтез ієрархічних систем безпосередньо не зводиться до класичної теорії оптимальних систем, яка має справу тільки з однорівневими (одно цільовими) системами. Ієрархічні системи відносяться до класу багаторівневих і багатоцільових систем, у яких змінюється само поняття оптимальності, що вимагає пошуку адекватної математичної постановки завдань вирішення проблеми оптимізації розподіленої інформаційної системи.

Важливим чинником при вирішенні поставленого завдання є облік багатокритеріальності завдання управління складним багаторівневим технологічним комплексом. Тому правильно формалізоване представлення цілей системи значною мірою визначає практичну цінність отримуваних рішень.

Так, у простому детермінованому випадку під критерієм розуміється функціонал, визначений на множині можливих рішень, і при оптимізації необхідно знайти рішення, що забезпечує максимум цього функціонала.

При вирішенні багатокритеріальної задачі відшукується рішення, що забезпечує максимум кожного з приватних критеріїв. Проте, такий максимум досягається лише в ідеальному випадку, а в реальних завданнях потрібне компромісне рішення. Тому стає необхідним послідовне застосування критеріїв, а також відносна важливість приватних критеріїв.

Розглядаючи класичні методи оптимізації (принцип максимуму Понтрягіна, метод динамічного програмування Белмана), слід зазначити, що вони дозволяють вирішувати завдання тільки зі скалярним критерієм [9]. За наявності векторного критерію застосування цих методів оптимізації можливе тільки шляхом синтезу (найбільш часто адитивного) одного узагальненого критерію з приватних критеріїв або введенням всіх (окрім основного) критеріїв у якості додаткового обмеження або штрафних функцій.

Необхідність перекладу векторного критерію в скалярний критерій оптимізації привела до введення спеціальних функцій переваги рішень, тобто акцент все більше переноситься на проблему попереднього визначення переваги того або іншого рішення [10].

Найчастіше при вирішенні багатокритеріальних завдань застосовуються синтетичні показники

якості, такі як адитивні, мультиплікативні та мінімаксні критерії.

Зокрема, для визначення адитивного глобального критерію якості застосовується наступна формула

$$F(\bar{x}, \bar{u}) = \sum_{i=1}^n L_j f_j(\bar{x}, \bar{u}), \quad (1)$$

де n - число приватних критеріїв ефективності, причому в окремому випадку можуть використовуватися і додаткові умови нормування

$$0 < L_j < 1_i \quad \text{та} \quad \sum_{j=1}^n L_j = 1. \quad (2)$$

Числові коефіцієнти для приватних критеріїв підбираються суб'єктивно (на основі експертних оцінок) та з застосуванням методів об'єктивного визначення [11]. Основним недоліком адитивного критерію є можливість компенсації одного критерію за рахунок інших.

Зазначений недолік виключає мультиплікативний глобальний критерій, який має такий вигляд

$$F(\bar{x}, \bar{u}) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n L_j f_j(\bar{x}, \bar{u})}. \quad (3)$$

Мультиплікативний критерій не допускає компенсації, і якщо значення одного з приватних критеріїв рівно нулю, то глобальний критерій також рівний нулю.

Перевагами мінімаксного критерію є той факт, що для нього не відбувається зсуву оптимуму при додаванні нових неістотних критеріїв та при обов'язковому урахуванні погіршення чутливості глобального критерію

$$F(\bar{x}, \bar{u}) = \min(f_1(\bar{x}, \bar{u}), \dots, f_n(\bar{x}, \bar{u})). \quad (4)$$

При необхідності ранжування критеріїв по важливості для знаходження чисельного рішення нерідко застосовується метод послідовних наближень.

Такий метод є доволі прийнятним за умови невизначеності системи, коли завдання ухвалення рішення значно ускладнюється. Так, у разі статистичної невизначеності (при відомих розподілах випадкових параметрів) за наявності векторної цільової функції, рішення зазвичай характеризується не одним, а декількома числами і роль цільових функцій грають певні параметри розподілу.

Найбільш відомими прикладами зазначеної ситуації, коли моменти вищих порядків застосовуються рідко, є математичне очікування M і дисперсія D . На практиці іноді застосовуються і звичайні функціонали, визначені на множині рішень, проте ці критерії вже носять імовірнісний характер та означають вірогідність появи деяких подій (наприклад, вірогідність безвідмовної роботи устаткування і т. ін.).

Узагальнюючи існуючі алгоритми координації розбудови складних багаторівневих ієрархічних систем та вирішення багатокритеріальної задачі, доцільно також вказати на необхідність застосування деяких наближень через введення наступних понять:

1. Множина ефективних точок P^* або множина Парето (відзначаються властивістю неможливості поліпшення значення будь-якого приватного критерію для підсистеми в порівнянні зі значенням, що досягається цим критерієм в точці x , без погіршення значення хоч би одного з інших приватних критеріїв);

2. Множина напівнефективних точок R^* (відзначаються властивістю відсутності допустимої альтернативи, що поліпшує значення відразу всіх часткових критеріїв);

3. Множина допустимих значень критеріїв [12].

Для реальних систем характерна залежність вибору критерію (або групи критеріїв) від навколишнього середовища та ряду інших чинників. Залежно ж від ситуації повинен проводитися й вибір вектора критеріїв (або одного критерію) в процесі ухвалення рішення оптимальним чином, а не вводиться в систему жорстко. Особливо важливого значення набувають питання аналізу зони застосовності різних критеріїв і виявлення можливості вирішення однокритеріальних завдань в окремому випадку. Тому стає можливим об'єктивно провести вибір критеріїв за ступенем їх застосовності.

Істотною перевагою методу оптимізації можна вважати той факт, що зміна критерію оптимізації і перехід до векторної оптимізації (зміна обмежень) не призводить до переходу до абсолютно нового завдання і навіть до зміни методу рішення задачі.

Іншою перевагою вирішення багатокритеріальної задачі є той факт, що в результаті вирішення однокритеріальної задачі ми отримуємо рішення на межі якого-небудь обмеження. Така задача є «генератором» вузьких місць, які «хворобливо» відбиваються на поведінці реального об'єкту і значно знижують інші показники режиму роботи системи (надійність, оптимальність і т. ін.). Щодо багатокритеріальної постановки завдання, то вона відзначається більшою близькістю до реального завдання та меншою часткою абстракції [13].

В даний час найбільш прийнятним є такий підхід до постановок завдання, коли критерії ухвалення рішень не входять в модель і задаються людиною до початку рішення задачі на ЕОМ. У такому випадку суб'єктивізм вибору критерію є доволі великим, що знижує ефективність застосування методу вирішення оптимальної задачі по функціонуванню розподіленої інформаційної системи. Це визначено тим, що на практиці вибір того або іншого критерію повністю залежить від стану системи і зовнішнього середовища, а також ступеня невизначеності за різними показниками, параметрами і характеристиками системи.

Висновки

Підсумовуючи розглянутий матеріал, слід зазначити, що найбільш прийнятними методами оптимізації сучасних інтегрованих розподілених інформаційних систем є комплексне застосування концептуальних рівнів опису складної ієрархічної системи з характерними ступенями абстрагування та деталізації, а саме методологічного, алгоритмічного та операційного рівнів [14].

Так, застосування методологічного рівня на основі теорії стислих множин дозволяє адекватно відобразити завдання управління складним багаторівневим ієрархічним комплексом, провести декомпозицію цього завдання на ряд простіших ієрархічних взаємодіючих завдань з використанням основних операцій стислих множин [15].

Алгоритмічний рівень застосовується найчастіше за наявності в системі невизначеності при використанні детермінованих методів, або теорії нечітких, інтервальних або випадкових множин для ухвалення рішення і оптимізації функціонування системи в цілому [16]. Поряд із зазначеним, застосування теорії нечітких множин дозволяє побудувати конструктивні алгоритми для розрахунку, ідентифікації та оптимізації для кожного завдання за допомогою стислих множин [17].

Операційний рівень є завершальним етапом опису системи й застосовується для розрахунку та оптимізації на основі отриманих на другому рівні алгоритмів. При цьому використовуються аналітичні та чисельні методи операції з нечіткими та інтервальними величинами, методи вирішення завдань нечіткого і інтервального лінійного та нелінійного програмування, а також звичайні та диференціальні рівняння. Доцільним також є використання різних способів зведення завдань нечіткого математичного програмування до сукупності завдань інтервального програмування, а також до звичайних детермінованих завдань на основі методів і пакетів програм математичного програмування [18].

Література

1. Месарович М. *Общая теория систем: монография* / М. Месарович, Я. Такахара. – М: Мир, 1978. – 345 с.
2. Павловский Ю.Н. *Агрегирование сложных моделей и построение иерархических систем управления* / Ю.Н. Павловский // *Исследование операций*. – М.: ВЦ АН СССР, 1974, вып. 4. – С. 3–38.
3. Шериков В.В. *Математическое моделирование процессов в системах газоснабжения: монография* / В.В. Шериков, В.Ф. Шериков. – М.: Деп. ЦНИТЭИ, 1986. – 250с.
4. Михалевич В.С. *Алгоритм согласования решений в распределенной системе взаимосвязанных*

задач с линейными моделями / В.С. Михалевич // *Кибернетика*. – М., 1988. – №3. – С. 1–8.

5. Brdis M. *Optimal structures for steady-state adaptive optimizing control of large-scale industrial processes* / M. Brdis, P.D Roberts. // *Int. J. Syst. Sci.*, 1986. – №10. – P. 1449–1474.

6. Wismer D.A. *Distributed multilevel systems* / D.A. Wismer // *Optimization Methods for Large-Scale Systems*. McGraw-Hill, New York. – Chap.6. – P. 233–273.

7. Петков П.И. *Иерархические децентрализованные системы управления: монография* / П.И. Петков, З.И. Димитров, М.С. Иванов. – София: Техника, 1985. – 136 с.

8. Кунцевич В.М. *Синтез оптимальных и адаптивных систем управления: игровой подход: монография* / В.М. Кунцевич, М.М. Лычак. – К.: Наукова думка, 1985. – 245 с.

9. Carlsson C. *Fuzzy systems: basis for modeling methodology?* / C. Carlsson // *Cybernetics and Systems*. – 1984. – №3. – P. 361–379.

10. Мусеев Н.Н. *Элементы теории оптимальных систем: монография* / Н.Н. Мусеев. – М: Наука, 1975. – 528 с.

11. Грень Е. *Статистические игры и их применение: монография* / Е. Грень. – М: Статистика, 1975. – 176 с.

12. Алиев Р.А. *Методы и алгоритмы координации в промышленных системах управления: монография* / Р.А. Алиев, М.И. Либерзон. – М: Радио и связь, 1987. – 208 с.

13. Кричлоу Г.Б. *Современная разработка нефтяных месторождений – проблема моделирования: монография* / Г.Б. Кричлоу. – М: Недра, 1979. – 176 с.

14. Фельдбаум А.А. *Основы теории оптимальных автоматических систем: учебник [для студ. высш. учебн. завед.]* / А.А. Фельдбаум. – М: Наука, 1966. – 315 с.

15. Бакан Г.М. *Многозначные управляемые процессы с дискретным временем и задачи управления* / Г.М. Бакан // *Автоматика*. – 1979. – №2. – С. 22–29.

16. Заде Л.А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: монография* / Л.А. Заде. – М: Мир, 1976. – 165 с.

17. Шокин И.Ю. *Интервальный анализ: учебник [для студ. высш. учебн. завед.]* / И.Ю. Шокин. – Новосибирск: Наука, 1981. – 112 с.

18. Негойце К. *Применение теории систем к проблемам управления: монография* / К. Негойце. – М: Мир, 1981. – 179 с.

Надійшла до редакції 25.01.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри телекомунікаційних систем А.І. Семенко, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

О.В. Бойченко

Проанализированы теоретические и практические вопросы проблематики оптимизации применения сложных иерархических систем для планирования и управления производственной деятельностью организации. Предложено комплексное применение концептуальных уровней описания сложной иерархической системы с характерными степенями абстрагирования и детализации, а именно методологического, алгоритмического и операционного уровней. Определена целесообразность использования разных способов сведения заданий нечеткого математического программирования к совокупности заданий интервального программирования, а также к обычным детерминированным заданиям на основе методов и пакетов программ математического программирования в совокупности методов оптимизации разветвленных управленческих иерархических систем.

Ключевые слова: многоуровневые информационные системы, многокритериальные задания, алгоритмы координации, методологический, алгоритмический и операционный уровни оптимизации

METHODS OF OPTIMIZATION OF HIERARCHICAL CONTROL THE SYSTEM

O.V. Boychenko

The theoretical and practical questions of problems optimization of application of the difficult hierarchical systems are analysed for planning and management production activity of organization. Complex application of conceptual levels of description of the difficult hierarchical system is offered with the characteristic degrees of abstracting and working out in detail, namely methodological, algorithmic and operating levels. Expedience of the use of different methods of taking of tasks of the unclear mathematical programming is certain to the aggregate of tasks of the interval programming, and also to the ordinary determined tasks on the basis of methods and packages of softwares of the mathematical programming in an aggregate of methods of optimization of the ramified administrative hierarchical systems.

Keywords: multilevel informative systems, multicriterion tasks, algorithms of co-ordination, methodological, algorithmic and operating levels of optimization

Бойченко Олег Валерійович – канд. техн. наук, доцент, проф. кафедри оперативно-розшукової діяльності та спеціальної техніки Кримського юридичного інституту Одеського державного університету внутрішніх справ, Сімферополь, Україна, e-mail: bole61@mail.ru.