

УДК 004.7-004.9

В.А. Артеменко,
А.И. Андрюхин (канд.тех.наук, доц),
Донецкий национальный технический университет
alexandruckin@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Рассматривается влияние структуры управления системы на эффективность ее функционирования. Выполнен анализ структуры базовых двухуровневых систем, которые являются основой для иерархических систем. Приведены результаты численного моделирования.

Ключевые слова: моделирование, структура, система, эффективность

Введение

Проблема определения оптимальной или рациональной структуры системы для повышения ее эффективности в различных режимах является известной и имеются различные методы ее решения [1-5]. Однако, невзирая на это, она является актуальной, о чем свидетельствуют работы [6-9] и др.

В настоящее время развитие информационных технологий и вычислительной техники обуславливает сближение позиций экономического и инженерного направлений при моделировании влияния структуры системы на эффективность ее функционирования.

Так работу менеджеров в организациях можно сравнивать с работой распределенных вычислительных систем при обработке информации и при моделировании организационных систем можно использовать терминологию и результаты из области вычислительной техники и информатики [8,9]. Более того, уже в какой-то мере существуют синтетические теории, объединяющие эти подходы и примерами являются теории активных систем, организационных структур [6,7].

В сущности, любая иерархическая система управления (техническая или экономическая) может быть представлена суперпозицией двухуровневых систем имеющих структуры I или II, примеры которых представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

В случае систем со структурой I мы имеем постоянное закрепление подсистем за определенными управляющими центрами, или иначе мы специализируем подсистемы за определенными типами выполняемых работ. Подобные структуры являются эффективными в условиях постоянства множества реализуемых системой функций.

Системам со структурой II при этом соответствуют изменяющиеся во времени распределения работ по подсистемам.

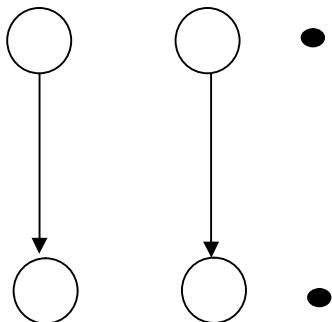


Рисунок 1 – Пример структуры I.

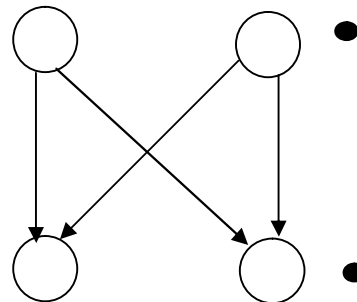


Рисунок 2 – Пример структуры II.

Эффективность этих структур на протяжении определенного временного интервала мы можем оценивать как математическое ожидание затрат на реализацию все выполняемых работ за рассматриваемый интервал.

В настоящее время в технических и организационных системах используются вариации этих структур, которые могут сменять друг друга во времени.

Отметим, что речь идет именно о типе структуры, так как задача синтеза оптимальной иерархической структуры в целом не рассматривается.

Исследование ограничивается анализом простейших двухуровневых «блоков».

Построение моделей

Задача поиска оптимальной структуры с математической точки зрения довольно сложна. Решение ее в случае больших значений m и n может оказаться чрезвычайно трудоемким. Поэтому упростим ее и будем предполагать, что c_{ij} - удельные затраты i -го агента по выполнению j -й работы постоянны.

Обозначим множество подсистем (агентов) через $N=(1,2,\dots,n)$, а множество управляющих центров через $M=(1,2,\dots,m)$. Будем считать, что любая работа может быть описана вектором $Q=(Q_1, Q_2, \dots, Q_m)$, где Q_j - объем работы j -ого типа контролируемый j -ым управляющим центром.

Модель минимизации затрат для структуры I

В этом случае задача поиска оптимального распределения одной работы между подсистемами превращается в стандартную бинарную (целочисленную) задачу о назначении

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} Q_j x_{ij} \rightarrow \min \quad (A)$$

при условиях $\sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, \sum_{j=1}^M x_{ij} = 1$, где $x_{ij} \in (0,1), i \in N, j \in M$.

В силу линейности целевой функции будем иметь тривиальное решение для задачи назначения работ. Весь объем работ j -го типа следует выделить тому агенту, который выполняет его с наименьшими удельными затратами.

Модель минимизации затрат для структуры II

Обозначим через w_{ij} -объем i -ой работы, которая выполняется i -ым агентом. Матрицу работ для всех подсистем обозначим $W = \{w_{ij}\}$, где $i \in N, j \in M$. Определим функцию затрат i -ого агента выражением

$$c_i(w_i) = c_{i1} w_{i1} + c_{i2} w_{i2} + \dots + c_{im} w_{im} = \sum_{j=1}^M c_{ij} w_{ij},$$

где $w_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im})$ есть вектор работ i -го агента.

Мы можем решать задачу минимизации затрат всех подсистем при условии выполнения объемов всех типов работ как стандартную задачу линейного программирования

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} w_{ij} \rightarrow \min \quad (B)$$

при условиях $\sum_{i=1}^N w_{ij} = Q_j$ для $j=1, M$.

При этом может быть, что один агент выполняет все работы. Такой случай обычно нереализуем на практике, хотя распределение работ будет оптимально по критерию затрат. В реальности имеем ограничения R_i на максимальный объем работ, которые может выполнять i -й агент, $i \in N$.

С учетом этих дополнительных ограничений задача синтеза оптимальной функциональной структуры превращается в стандартную транспортную задачу

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij} w_{ij} \rightarrow \min \quad (C)$$

при условиях $\sum_{i=1}^N w_{ij} = Q_j$ для $j=1, M$, $\sum_{j=1}^M w_{ij} \leq R_i$ для $i=1, N$.

Экспериментальные расчеты

Считаем, что эффективность работы подсистем определяются матрицами удельных затрат, элементы которых являлись случайными

числами с равномерным распределением в интервале (0,1). Было принято при статистических испытаниях объемы работ агентов ограничивать 1. Генерировался поток из $K=100$ проектов объемами (v_1, v_2) , которые равномерно распределены на интервале $N/2$ ($N=3,4$).

Средние значения целевых функций по использованным моделям статистического численного моделирования по всем 100 проектам приведены в таблице 1.

На рисунках 3-6 приведены жесткие структуры систем D1-D4. Им соответствуют данные в в последней строке таблицы.

Таблица 1. Средние значения целевой функции

Модель	2 центра, 4 исполнителя		2 центра, 3 исполнителя	
	1	2	3	4
A	0.218	0.218	0.1671	0.1671
B	0.3181	0.3181	0.2774	0.2774
C	0.6525	0.8542	0.2122	0.2212

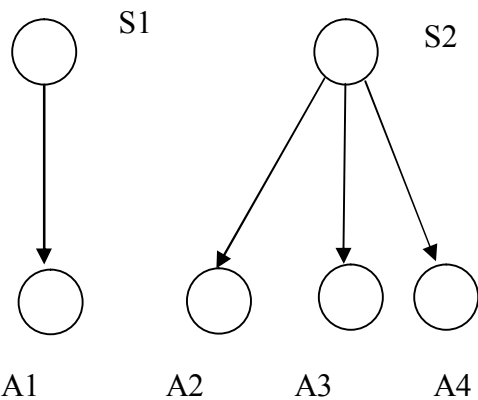


Рисунок 3 – Структура D1.

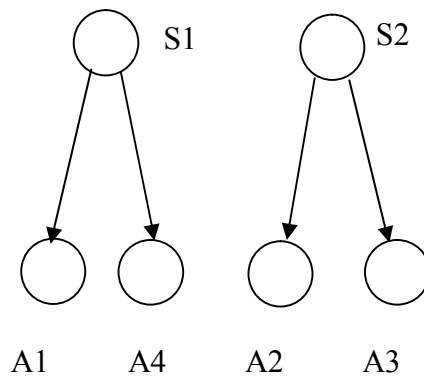


Рисунок 4 – Структура D2.

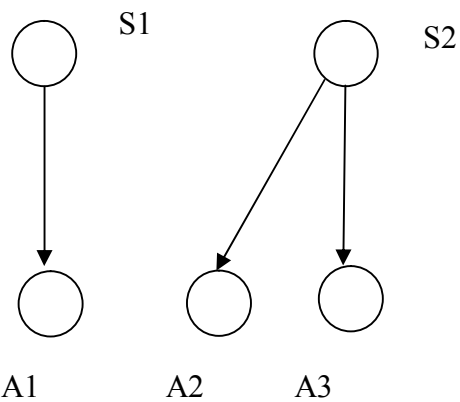


Рисунок 5 – Структура D3.

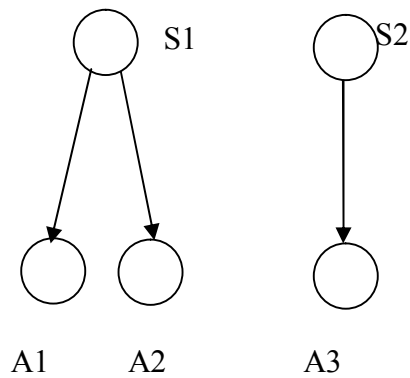


Рисунок 6 – Структура D4.

На рисунках 7-10 приведені графіки відношень значень цільових функцій для моделей С і В. Вони характеризують ефективність функціонування систем по відношенню до ідеального розподілу по моделі А, яке не враховує реальні обмеження по часу виконання і об'єму завантаження для виконавчих центрів.

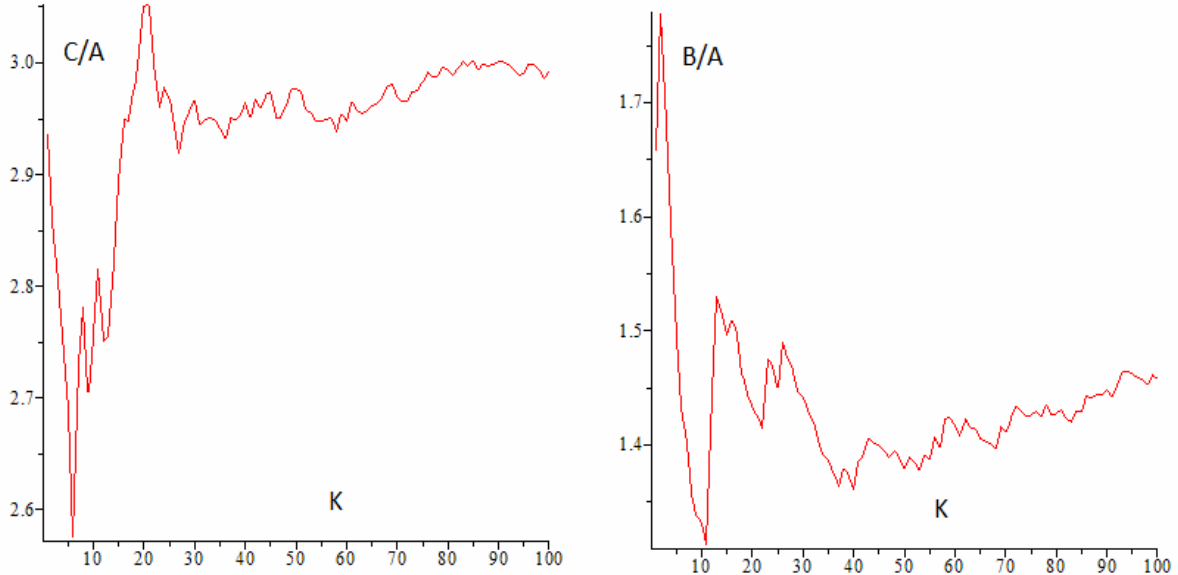


Рисунок 7 – Відношення С/А і В/С для структури D1.

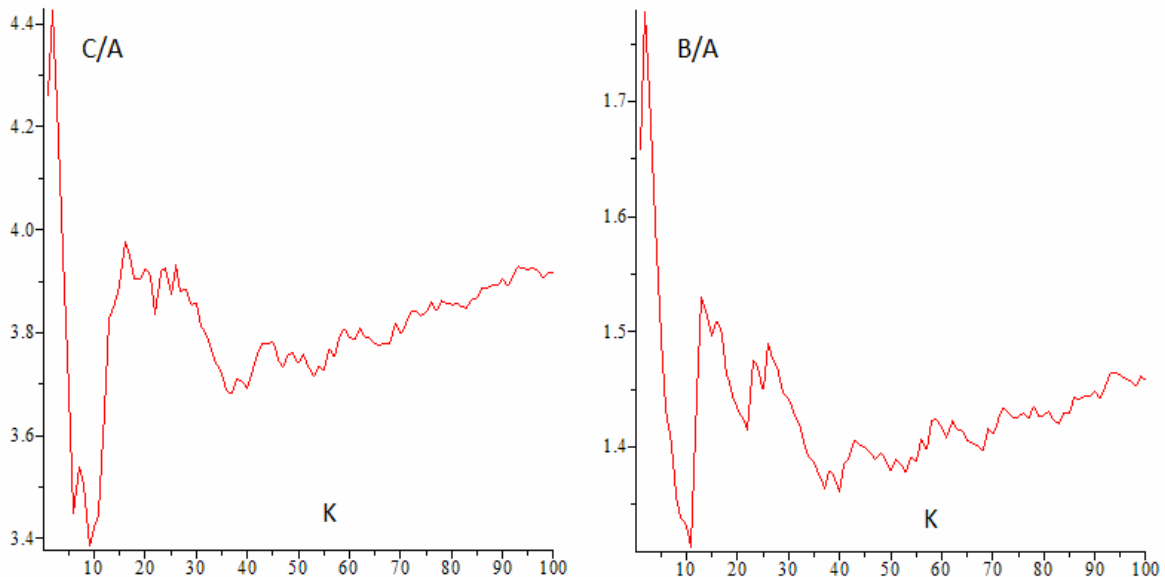


Рисунок 8 – Відношення С/А і В/С для структури D2.

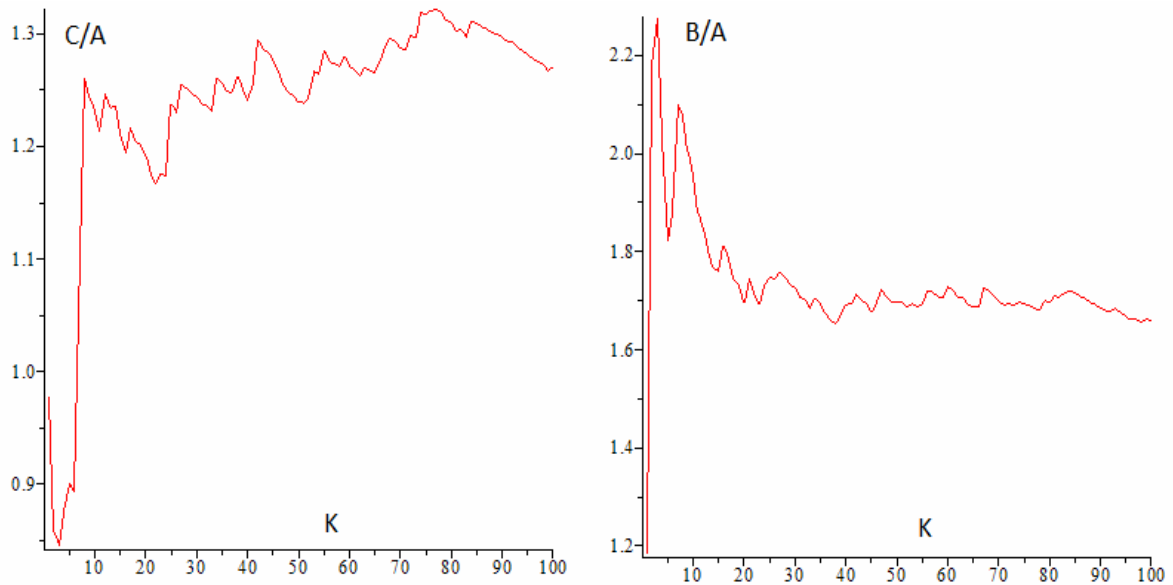


Рисунок 9 – Отношения C/A и B/C для структуры D3.

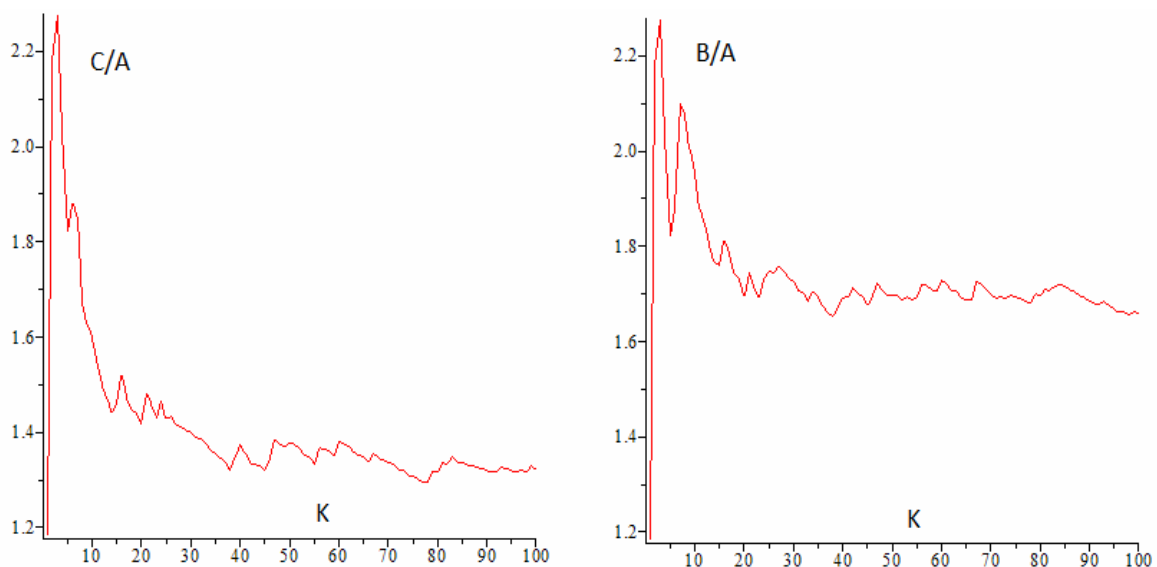


Рисунок 10 – Отношения C/A и B/C для структуры D4.

Заклучение

Таким образом, постановка и решение задач «назначения» при их различных модификациях позволяет оценивать эффективность различных структур и закономерностей их трансформации, осуществлять выбор оптимальной или рациональной структуры системы в зависимости от набора работ, которые должны быть выполнены ею.

Перспективными и практически важными для дальнейшего исследования является определение оптимальных границ возможной

загрузки для каждого исполнительного центра в зависимости от заданий управляющих центров.

Список литературы

1. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. Эффективность и надежность. М.: Советское радио, 1977, 216 с.
2. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. М.: Наука, 1982.
3. Подчасов Т.П., Лагода А.П., Рудницкий В.Ф. Управление в иерархических производственных структурах. Киев: Наукова думка, 1989.
4. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982.
5. Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973.
6. Dutta B., Jackson M.O. On the Formation of Networks and Groups // Networks and Groups: Models of Strategic Formation, Heidelberg: Springer-Verlag. 2003.
7. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005 –584 с
8. Хорошевский В.Г. Архитектурные концепции, анализ и организация функционирования вычислительных систем // Сборник трудов конференции Моделирование-2008, т.2, Киев, 14-16 мая 2008 г. с.15-24.
9. Андрухин А.И. Статистические оценки решений задач оптимизации в распределенных системах. I // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника. Выпуск 10(153), 2009 г., С.285 -290.

Надійшла до редколегії 24.09.2012 р.

Рецензент: канд.тех.наук, доц. Григор'єв О.В.

В.О.Артеменко, О.І.Андрухін

Донецький національний технічний університет

Моделювання впливу структури систем на ефективність їх функціонування. Розглядається вплив структури управління системи на ефективність її функціонування. Виконано аналіз структури базових дворівневих систем, які є основою для ієрархічних систем. Наведено результати чисельного моделювання.

Ключові слова: моделювання, структура, система, ефективність

V.A.Artemenko, A.I.Andruckin

Donetsk National Technical University

Modelling of the influence of the structure of systems on the efficiency of their functioning. The influence of control structure of a system on the efficiency of its operation is considered. Analysis of the structure of basic two-level systems is carried out. These subsystems are the basis for hierarchical systems. Numerical simulation results are presented.

Keywords: modeling, structure, system, efficiency