УДК 004.891

И.В. Шостак

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ТИПОВЫХ БЛОКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

Предложен метод оценивания положения типовых блоков принятия решений в иерархической многоуровневой структуре управления по набору стратификационных признаков, представленных в виде точек дискретного информационного пространства, в рамках общей проблемы синтеза интегрированных систем поддержки принятия решений в иерархических структурах управления сложными организационно-техническими объектами. Предложены количественные оценки ранга любого из типовых блоков принятия решений в составе интегрированной системы.

Ключевые слова: *поддержка принятия решений, экспертная система, иерархия, стратификационный признак, иерархический ранг.*

Введение

До настоящего времени наиболее обоснованным методологическим подходом к синтезу систем управления сложными организационно-техническими объектами (СОТО) является создание иерархических многоуровневых структур (ИМС) [1].

На определенном этапе развития ИМС в их состав, помимо традиционных центров обработки информации, созданных с использованием аналитических моделей, начали включать экспертные системы поддержки принятия решений (ЭСППР) [2]. Применение ЭСППР в задачах управления СОТО обусловлена устойчивой тенденцией к их усложнению, которая проявляется в опережающем возрастании сложности взаимосвязей между элементами объекта по сравнению с количеством этих взаимосвязей и количеством элементов в составе СОТО. Указанная тенденция в развитии СОТО, а также необходимость применения ЭСППР для управления ими, на современном этапе привела к невозможности обеспечения необходимой эффективности функционирования сложных объектов за счет использования только традиционных, аналитических моделей и методов координации, известных в теории ИМС.

Таким образом, имеет место проблема создания единого информационного пространства в рамках сложного, топологически распределенного объекта принятия решений, где иерархически объединенные между собой ЭСППР образовали бы своеобразную среду для размещения в ней традиционных элементов ИМС [3].

Целью данной статьи является определение набора количественных характеристик положения типового блока принятия решений, представленного в форме ЭСППР, в иерархической многоуровневой структуре управления сложным организационно-техническим объектом.

Основная часть

Вопрос стратификации всегда подразумевает определение признаков, отличающих отдельные элементы или группы элементов, входящих в состав рассматриваемого объекта [1]. Используем для нумерации этих признаков индекс i, принимающий значения 1, 2, ..., M; тем самым мы вводим в рассмотрение M признаков неравенства между типовыми блоками принятия решений (БПР) в составе ИЭСППР [3]. Теперь необходимо решить, какое множество значений может принимать каждый признак неравенства i = 1, 2, ..., M и как разделить это множество на слои. Следующим вопросом является определение порядка ранжирования выделенных слоев принятия решений. Обозначим через X множество БПР, входящих в состав ИЭСППР. Назовем стратификацией по i-му признаку S_i упорядоченное разбиение множества X на подмножества (слои) $L_1^i, L_2^i, \ldots, L_{mi}^i$ такое, что любые два слоя разбиения не пересекаются, а объединение всех слоев дает множество X (m_i - число слоев в разбиении S_i, i = 1, 2, ..., M, где M – общее число признаков стратификации). Упорядоченность разбиения S_i означает, что нумерация слоев в нем определяется однозначно. Номер слоя, к которому принадлежит БПР x из множества X в стратификации S_i, естественно назвать его иерархическим рангом по признаку i. Набор рангов по всем стратификационным признакам определяет позицию в иерархии соответствующего БПР.

Поскольку стратификационные признаки могут принимать любые действительные значения; тогда позиция БПР x становится точкой обычного числового пространства R, размерность которого равна числу стратификационных признаков:

$$x = (x_1, x_2, \ldots, x_M) \in R^M,$$

где x_i – иерархический ранг БПР по признаку i, i = 1, 2, …, M.

© И.В. Шостак

В такой модели стратификация S_i представляет собой упорядоченное разбиение числовой оси:

$$S_i = \left(-\infty, x_1^i\right] \cup \left(x_1^i, x_2^i\right] \cup \ldots \cup \left(x_{mi}^i, \infty\right).$$

Приняв изложенную концепцию информационного пространства, мы полностью отождествляем в рамках модели типовой БПР с его модельным образом - позицией в этом пространстве. Предложенный подход к построению модели информационного пространства дает возможность в процессе анализа исходить из первичности БПР (точки) и определять информационное пространство (ИЭСППР) как совокупность всех возможных точек, а можно признавать наличие информационного пространства (ИЭСППР) и рассматривать различные точки (БПР), существующие в этом пространстве: получаемые при этом результаты будут инвариантными.

Дадим более детальную характеристику областей дискретного информационного пространства, опираясь на аналитическую трактовку понятия группы БПР в этом пространстве.

Элементарная группа БПР по i-му признаку - это множество позиций, имеющих одинаковый иерархический ранг j по этому признаку:

$$C\left(i^j\right) = \left\{x \in X : x_i = j\right\}.$$

Составная группа БПР по признакам $i_1, \ldots, i_k$ это множество позиций, имеющих одинаковые иерархические ранги $j_1, \ldots, j_k$ по указанным признакам:

$$C\left(i_1^{j1}, \ldots, i_k^{jk}\right) = \left\{x \in X : x_{i1} = j_1, \ldots, x_{ik} = j_k\right\}. \quad (1)$$

Дадим ряд определений для дискретного информационного пространства.

Высший уровень иерархии ИЭСППР по признакам $i_1, \ldots, i_k$ – это множество позиций БПР, имеющих наивысшие иерархические ранги по всем указанным признакам:

$$C\left(i_1, \ldots, i_k\right) = \left\{x \in X : x_{i1} = m_{i1}, \ldots, x_{ik} = m_k\right\}. \quad (2)$$

Соответственно, низший уровень иерархии ИЭСППР по признакам $i_1, \ldots, i_k$ – это множество позиций БПР, имеющих самые низкие ранги по этим признакам:

$$C\left(i_1, \ldots, i_k\right) = \left\{x \in X : x_{i1} = \ldots = x_{ik} = 1\right\}. \quad (3)$$

В качестве признаков $i_1, \ldots, i_k$ выберем три признака стратификации: когнитивный, эпистемологический и онтологический [3].

Введем понятие статусной несовместимости следующим образом: статусная несовместимость имеет место для позиции БПР $x \in X$, если найдутся такие признаки i, j = 1, 2, ..., M, что $x_i = 1$, $x_j = m_j$.

Социальная позиция представляет собой точку (вектор) на плоскости: в концентрированном виде социальная позиция характеризует полномочия, которыми располагает в информационном пространстве ИЭСППР занимающий эту позицию агент (БПР). В дальнейшем будем иногда отождествлять позицию и занимающего ее агента, помня о действительном различии этих понятий. Позиция БПР как точка на плоскости P = (x , y) имеет координаты x и y (компоненты вектора), по отдельности характеризующие влияние агента в соответствующих полях.

Иерархический статус – потенциал полномочий, приписываемый позиции с учетом экспертных оценок величины полномочий в отдельных полях. Определим его формулой

$$S = k_x x + k_y y, \quad (4)$$

где S – величина иерархического статуса для позиции (x, y); k_x, k_y – относительные веса компонент x, y соответственно. Будем считать, что $k_x > 0$, $k_y \geq 0$, $k_x + k_y = 1$. Компоненты $k_x + k_y$ суть экспертные оценки приписываемого позиции потенциала полномочий. Радиус полномочий – длина вектора позиции БПР, т.е.

$$l = \left(x^2 + y^2\right)^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где x, y – компоненты позиции БПР. Объем полномочий для любой позиции БПР определяется по формуле $q = xy$, где x, y – компоненты позиции.

Радиус полномочий характеризует «специализированность» позиции БПР: его величина тем больше, чем более выражен иерархический статус агента (БПР) в некотором поле по сравнению с остальными полями. Объем полномочий, напротив, является характеристикой «устойчивости» позиции БПР: он велик для тех позиций, иерархический статус носителей которых равномерно распределен в различных полях.

Зафиксируем последовательно одну из введенных характеристик s, *l*, q и выясним, какие значения могут принимать при этом две другие переменные. Эта задача естественно приводит к определению следующих множеств на плоскости: изостата уровня C, т.е. множество $S_c = \left\{P : s = C\right\}$; изонорма уровня C, т.е. множество $L_c = \left\{P : l = C\right\}$; изохора уровня C, т.е. множество $Q_c = \left\{P : q = C\right\}$. Анализ изостаты, изохоры и изонормы достаточно провести для первого квадранта; результаты же для остальных квадрантов легко получить с учетом симметрии.

Для конкретного слоя принятия решений с одноранговыми признаками изостата есть множество разных (но горизонтально сопоставимых) позиций БПР, соответствующих одному и тому же объему полномочий. Графическое моделирование подобных элементов статусной диспозиции наглядно демонстрирует следующее свойство многофакторной стратификации: из любых двух агентов (БПР) x^1 и x^2, обладающих примерно равными объемами полномочий, распределенными в «разных полях» (т.е. одноуровневыми позициями, что и отражает изостата), тот, который равномерно «активирован» в каждом своем поле

(x^1), оказывается «маломощным» по отношению к агенту со значительно более высоким иерархическим рангом только по одному «полю» (x^2).

Введем позиции БПР:

$$P^x = \left(\frac{C}{k_x}, 0\right);\ P^y = \left(0, \frac{C}{k_y}\right);\ P^{cp} = \left(\frac{C}{2k_x}, \frac{C}{2k_y}\right).$$

Тогда для всех точек изостаты уровня C имеют место следующие оценки: для $l_{cp} \le l \le l_{max}$ значение $l_{cp} = C\left(k_x^2 + k_y^2\right)^{1/2} \Big/ \left(2k_x k_y\right)$ достигается на векторе P^{cp}; на интервале $0 \le q \le q_{cp}$, значение q = 0 достигается на векторах P^x и P^y, а значение $q_{cp} = C^2 \Big/ \left(4k_x k_y\right)$ – на векторе P^{cp}.

Специфика совместного анализа иерархического статуса, радиуса и объема полномочий БПР состоит в следующем. В любом квадранте плоскости, представленной на рис. 1 (информационного пространства мерности 2) для заданного числа $C > 2$ существуют ровно две позиции БПР, которым соответствуют одинаковые значения радиуса и объема полномочий, равные C; значения статуса для данных позиций также одинаковы и равны большей по модулю проекции для любой из этих позиций. При C = 2 в каждом квадранте существует ровно одна позиция, у которой значения радиуса и объема полномочий одинаковы и равны C; при этом значения проекций также равны между собой и равны иерархическому статусу этой позиции. При $C < 2$ обладающие указанным свойством позиции БПР отсутствуют.

Для получения характеристики взаимодействия двух позиций (или занимающих эти позиции БПР) можно воспользоваться скалярным произведения векторов, при M = 2 определяемым формулой

$$I\left(P_1, P_2\right) = x_1 y_1 + x_2 y_2, \qquad (6)$$

где $P_1 = (x_1, y_1)$ $P_2 = (x_2, y_2)$ – две позиции БПР.

Таким образом, потенциал взаимодействия имеющих положительный статус и имеющих отрицательный статус агентов (БПР) как внутри указанных областей, так и между областями заведомо положителен, а потенциал взаимодействия позиций БПР с неопределенным статусом заведомо отрицателен.

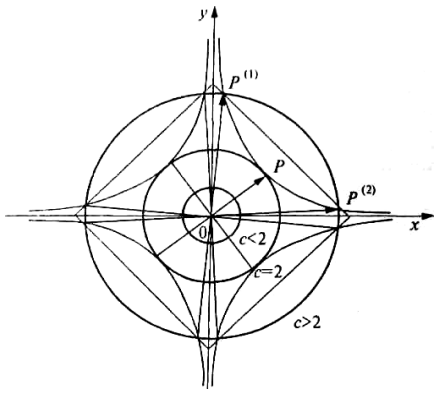

Рис. 1. Геометрическая интерпретация информационного пространства ИЭСППР

Выводы

Предложен метод оценивания положения типовых блоков принятия решений в иерархической многоуровневой структуре управления по набору стратификационных признаков. Единое информационное пространство интегрированной экспертной системы поддержки принятия решений интерпретировано как дискретное метрическое пространство, при этом БПР представлены точками метрического пространства (позициями). Изложен метод количественного оценивания положения типового БПР в структуре ИЭСППР с использованием аппарата аналитической геометрии. Направление дальнейших исследований – исследование возможных практических применений предложенного метода.

Список литературы

1. *Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973. – 344 с.*
2. *Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 624 с.*
3. *Шостак І.В. Проблема синтезу інтегрованих експертних систем підтримки прийняття рішень щодо управління складними організаційно-технічними об'єктами / І.В. Шостак // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 1 (28). – С. 156-161.*

Поступила в редколлегию 4.07.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Э.Г. Петров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТИПОВИХ БЛОКІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ІЄРАРХІЧНІЙ БАГАТОРІВНЕВІЙ СТРУКТУРІ УПРАВЛІННЯ

І.В. Шостак

Розглянуто метод оцінювання положення типових блоків прийняття рішень в ієрархічній багаторівневій структурі управління, які подані у вигляді окремих точок дискретного інформаційного простору, в рамках загальної проблеми синтезу інтегрованих систем підтримки прийняття рішень в ієрархічних структурах управління.

Ключові слова: *підтримка прийняття рішень, експертна система, ієрархія, ієрархічний ранг.*

A METHOD OF ASSESSING THE SITUATION OF MODEL BLOCKS OF MAKING A DECISION IS IN THE HIERARCHICAL MULTILEVEL STRUCTURE OF MANAGEMENT

I.V. Shostak

A method of assessing the situation of model blocks of making a decision is in the hierarchical multilevel structure of management is considered within the framework of general problem of synthesis of the integrated decision-making systems in the hierarchical management structures. The centers mentioned are described as separate points of discrete informative space.

Keywords: *support of decision-making, consulting model, hierarchy, stratification sign, hierarchical grade.*