

МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ДЕКОМПОЗИЦИИ ЦЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ

НЕСТЕРЕНКО О.А.

(компьютерные науки)

В работе рассматриваются вопросы использования знаниеориентированных технологий в области принятия решений. Для поддержки лица, принимающего решение, в ходе структуризации проблемы выбора предлагается метод, обеспечивающий информационную и аналитическую помощь на основных этапах декомпозиции целей принятия решений. Результаты, проведенного исследования, получены на основании использования нового подхода к представлению базы моделей-оснований декомпозиции в виде классификационной модели описания альтернатив, приближенной к естественной классификации.

Общая концепция широко распространенных на практике задач многокритериального принятия решений (ПР) базируется на предположении, что носителем информации о предпочтительности альтернатив в той или иной проблемной ситуации является лицо, принимающее решение (ЛПР). Существенная нехватка объективной информации в слабо структуризованных проблемных областях (ССО), характеризующихся преобладанием качественной информации, и необходимость ПР на базе субъективных предпочтений ЛПР делает задачу разработки средств информационной и аналитической поддержки ПР особенно актуальной. Концептуальным в задачах ПР является этап структуризации проблемы выбора, в ходе которого на базе результатов анализ целей ПР осуществляют выбор множества критериев и формируют принцип выбора решения. С учетом этого анализ глобальной цели ПР и получаемое в результате ее декомпозиции дерево целей в значительной степени определяют эффективность принятия решения.

Применение компьютеров для структуризации проблем и декомпозиции целей ПР является одним из малоисследованных вопросов, традиционно эти этапы выполняются либо ЛПР самостоятельно, либо при участии опытного консультанта без использования ЭВМ. В последнее десятилетие широкое развитие получило направление по созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) [1] на базе объединения технологии экспертных систем с СППР. Такое объединение позволяет помочь ЛПР на основных этапах ПР на базе накопленных и формально представленных в ЭВМ знаний экспертов, а также оптимизационных и аналитических методов поддержки ПР. В работе предлагается метод поддержки декомпозиции целей ПР, использование которого в составе библиотеки методов структуризации в ИСППР позволит обеспечить эффективную поддержку ЛПР.

Рассмотрим возможность автоматизации процесса построения декомпозиционного дерева (ДД) целей ПР. Широкое использование в системном анализе метода декомпозиции привело к появлению целого ряда таких методик [2, 3], общим для которых остается то, что построение ДД осуществляется экспертами. С учетом этого качество автоматизированного построения ДД будет определяться следующими факторами:

- алгоритмом декомпозиции, заложенным в основу интеллектуальных средств и отражающим опыт проведения декомпозиции экспертами;
- глубиной и обширностью объективных знаний экспертов, заложенных в базу знаний (БЗ) ИСППР;
- качеством диалога и информационной поддержки ЛПР на основных этапах декомпозиции.

1. Разработка базы моделей-оснований декомпозиции

В общем случае предлагаемый алгоритм предназначен для последовательного разложения глобальной цели задачи до появления таких простых подцелей, на которых можно сформировать понятные ЛПР критерии оценки качества альтернатив. Декомпозиция целей проводится на базе некоторой модели-основания. Для автоматизации выбора соответствующей модели в заданной проблемной области (ПО) необходима база полных содержательных моделей (фреймов). В общем случае не существует однозначного соответствия между объектом анализа и моделью, на основании которой проводится декомпозиция. С учетом распространенной практики системного анализа было решено использовать в качестве моделей-оснований модели альтернатив ПР, как проблеморазрешающих систем [3].

В проблемных ситуациях выбора в ССО альтернативы ПР являются единственными системами, объективное описание которых можно заложить в БЗ интеллектуальной системы. Полученные от экспертов описания альтернатив могут составить объективную информационную основу поддержки процесса декомпозиции для целого класса задач ПР. С учетом требований к качеству деревьев целей модель описания альтернатив ПР должна:

- содержать описания всех альтернатив ПР в заданной ПО, т.е. являться моделью универсального множества A^U всех мыслимых альтернатив[3];
- содержать описания альтернатив в одном из приемлемых для моделей-оснований виде (модели "входов-выходов", состава или структуры);
- обеспечивать необходимый уровень детализации и информационной поддержки процесса декомпозиции.

Для задания такой базы моделей-оснований в работе была предложена классификационная модель описания альтернатив (КМОА), представляющая собой совокупность из:

- родовидовой классификации (РВК), связывающей описания альтернатив $a \in A^U$ и их функциональных назначений $B(a)$ в единую модель на базе родовидовых отношений; использование в качестве основания объединения РВК позволяет описать известные альтернативы в явном виде с помощью единичных понятий и задать гипотетически возможные альтернативы в неявном виде с помощью общих понятий о системах-классах;
- партитивных классификаций (ПК), задающих описания функционального состава $E(a)$, существенных свойств $P^S(a)$ и партитивной структуры $R(E(a))$ отдельных альтернатив $a \in A^U$.

В такой КМОА оказываются заданными все альтернативы из универсального множества A^U всех мыслимых альтернатив. Для обеспечения объективности задания описаний альтернатив было решено строить КМОА максимально приближенной к естественной классификации (ЕК) [4], которая является общепризнанной формой выражения знаний об объективных зависимостях, существующих в мире. С учетом этого, КМОА должна иметь единственное понятие-категорию, которое будет выступать в роли ее корня. В качестве такой системы предложено рассматривать наиболее общее понятие, отражающее множество A^U . Таким образом, КМОА может выступать в качестве информационной основы для решения подобных задач выбора разными ЛПР в различных ситуациях (например, классификация "Дипломных проектов" может быть использована для решения задач выбора заданий на дипломное проектирование в любых ВУЗах студентами любых специальностей и т.п.).

Использование в ходе разработки структуры КМОА системологического и классификационного подходов позволило:

- задавать соответствующие объективной реальности описания понятий об альтернативах ПР путем однозначного определения их места в РВК альтернатив и соответствующего видового отличия, отражающего функциональные назначения альтернатив;
- получать полное описание функционального состава произвольной альтернативы на базе существенных свойств, задающих содержание понятия об альтернативе;
- моделировать функциональный состав и партитивную структуру альтернатив в виде ПК;
- заложить в модель возможность учета в составе альтернатив, расположенных на разных уровнях РВК, однотипные (наследуемые с верхних уровней) и различной природы (появляющиеся на новых уровнях) функциональные элементы.

Для математического описания разработанной структуры использовался хорошо развитый и наглядный аппарат теории графов и зависимости, полученные для ЕК в [4]. Графовая модель A^U КМОА (рис. 1) представляет собой объединение следующих графов:

- графа A , задающего РВК альтернатив и их свойств (на рис. 1 граф задан на белых вершинах);
- совокупности графов $P(a_j^i)$, задающих ПК альтернатив ПР (на рис. 1 дуги этих графов обозначены тонкими линиями);
- совокупности графов, отражающих связи однотипных функциональных элементов в составах альтернатив (представлены на рисунке графами с серыми вершинами).

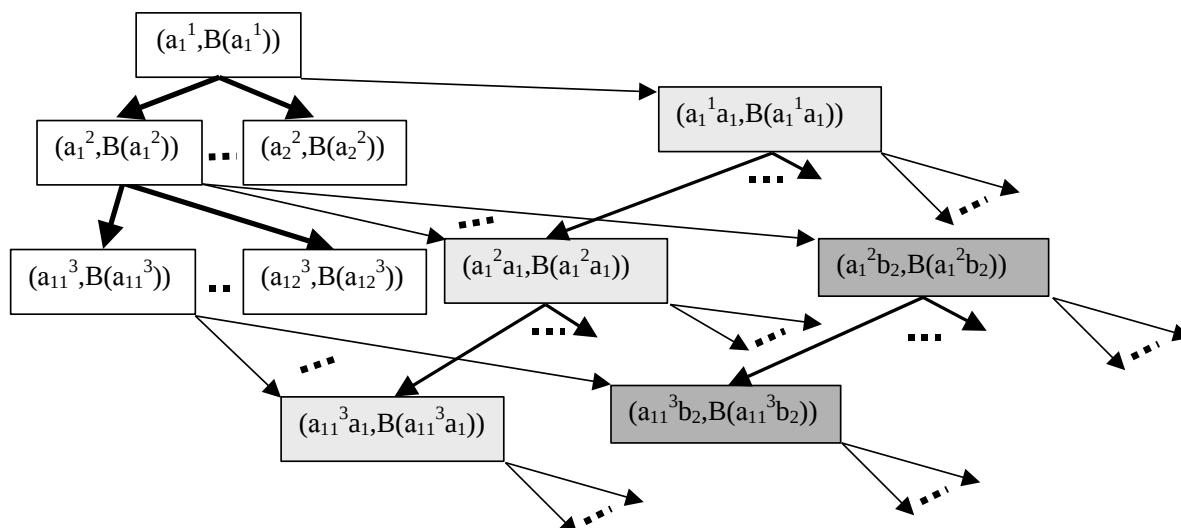


Рис. 1. Схематическое представление фрагмента КМОА

В графе A множество вершин VA является конечным множеством с разбиением $VA = \{A^i\}$, где $i = \overline{1, N}$, $A^i = \{(a_j^i, B(a_j^i))\}_{j=1}^{k_i}$ – подмножество объектов, соответствующих системам-классам i -го уровня иерархии с их функциональными назначениями (k_i – число элементов множества A^i ; $k_1 = 1$, т. е. на первом (верхнем) уровне иерархии находится только один объект $(a_1^1, B(a_1^1))$ (система-класс, описывающая понятие-категорию, или универсальное множество всех мыслимых альтернатив); $k_2 \geq 2$ и $k_{i+1} \geq 2k_i$ ($i = \overline{2, N-1}$) [4].

Множество EA дуг графа A , определяется критериями ЕК, и отражает родовидовые связи систем-классов. С учетом того, что любая система-класс имеет единственную надсистему-класс (у данного вида один род), для любого элемента $(a_r^i, B(a_r^i)) \in A^i$ ($i = \overline{2, N}$) существует единственный элемент $(a_{s_r}^{i-1}, B(a_{s_r}^{i-1})) \in A^{i-1}$, такой, что множество $EA((a_{s_r}^{i-1}, B(a_{s_r}^{i-1})), (a_r^i, B(a_r^i)))$ состоит из одной дуги; для всех остальных элементов $(a_s^{i-1}, B(a_s^{i-1})) \in A^{i-1}$ ($s \neq s_r$) оно пусто

$$EA((a_s^{i-1}, B(a_s^{i-1})), (a_r^i, B(a_r^i))) = \begin{cases} \{e_{s,r}^{i-1,i}\} & \text{при } s = s_r, \\ \emptyset & \text{при } s \neq s_r. \end{cases} \quad (1)$$

Рассмотрим графовую структуру $P(a_j^i)$, раскрывающую партитивное строение произвольной альтернативы a_j^i . Множество вершин $VP(a_j^i)$ графа $P(a_j^i)$ является конечным множеством с разбиением $VP(a_j^i) = \{E^l(a_j^i)\}$, где $l = \overline{1, NP(a_j^i)}$, $E^l(a_j^i) = \{(a_j^i \{x\}_r^l, B(a_j^i \{x\}_r^l))\}_{r=1}^{N^l(a_j^i)}$ (2) – подмножество вершин, соответствующих функциональным элементам l -го уровня партитивной структуры альтернативы, $N^l(a_j^i)$ – число элементов множества $E^l(a_j^i)$, $a_j^i \{x\}_r^l$ – сокращенное написание составного l -буквенного обозначения партитивных элементов альтернатив. На первом уровне партитивной структуры альтернативы рассматривается единственный элемент в виде самой альтернативы $a_j^1: E^1 = \{(a_j^1, B(a_j^1))\}$ ($N^1(a_j^1) = 1$).

Множество дуг $EP(a_j^i)$ графа отражает партитивные отношения, т.е. для любого элемента $(a_j^i \{x\}_r^l, B(a_j^i \{x\}_r^l)) \in E^l(a_j^i)$ ($l = \overline{2, NP(a_j^i)}$) существует единственный элемент $(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1})) \in E^{l-1}(a_j^i)$, такой, что множество $EP(a_j^i)[(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1})), (a_j^i \{x\}_r^l, B(a_j^i \{x\}_r^l))$ состоит из одной дуги, задающей вхождение элемента $(a_j^i \{x\}_r^l, B(a_j^i \{x\}_r^l))$ в элемент $(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i \{x\}_{s_r}^{l-1}))$ как части; для остальных элементов множество дуг является пустым

$$EP^E(a_j^i)[(a_j^i \{x\}_s^{l-1}, B(a_j^i \{x\}_s^{l-1})), (a_j^i \{x\}_r^l, B(a_j^i \{x\}_r^l))] = \begin{cases} \{p(a_j^i \{x\}_s^{l-1}, a_j^i \{x\}_r^l)\} & \text{при } s = s_r, \\ \emptyset & \text{при } s \neq s_r. \end{cases} \quad (3)$$

2. Метод поддержки декомпозиции целей принятия решений

Рассмотрим основные этапы метода поддержки декомпозиции целей задачи ПР, который позволяет автоматизировать основные этапы распространенных алгоритмов декомпозиции [2, 3] (укрупненная схема алгоритма представлена на рис. 2):

1-й этап: Этап связан с определением объекта анализа и целевой системы, является сугубо творческим и не поддается автоматизации. В многокритериальных задачах ПР носителем необходимой для этого информации является ЛПР, поэтому здесь рекомендуется придерживаться общепринятых подходов [2, 3].

2-й этап: Этап представляет собой автоматизированную процедуру, позволяющую на базе КМОА выбрать содержательную модель-основание для декомпозиции. Для множества $A^D \subset A^U$ допустимых альтернатив ПР может быть выделено описание минимально абстрактной альтернативы-класса, описывающей общие характеристики альтернатив из A^D . В качестве такой минимально абстрактной альтернативы-класса выступает ближайшее для всех альтернатив из A^D родовое понятие a_k^m . Математически, выбор такой альтернативы-класса a_k^m определяется с учетом дуг (1) исходя из условия минимальности путей, соединяющих a_k^m со всеми

альтернативами, входящими во множество A^D : если $\exists M(a_k^m, a_j^i)$ для $\forall a_j^i \in A^D$ и $\sum_{j=1}^{N^D} L(M(a_k^m, a_j^i)) \rightarrow \min$, то

a_k^m – ближайшее родовое понятие для множества понятий из A^D . Т.о. в качестве модели-основания ЛПР

может быть предложена ПК $P(a_k^m)$ (N^D – мощность множества A^D , $M(a_k^m, a_j^i)$ – маршрут (путь) между вершинами в дереве A , $L(M(a_k^m, a_j^i)) = j - m$ – длина маршрута).



Рис. 2. Укрупненная схема метода поддержки декомпозиции целей ПР

3-й этап: С этого этапа начинается построение ДД целей ПР $S = \{S^i\} (i = \overline{1, N^S})$, где $S^i = \{S_j^i\} (j = \overline{1, N^i(S)})$ – множество подцелей на i -м уровне дерева; S_j^i – j -я подцель дерева целей на i -м уровне дерева. Для формулировки глобальной цели выбора S_1^1 ($N^1(S) = 1$) ЛПР может быть предложена информационная помощь в виде заложенного в КМОА функционального назначения $B(a_k^m)$ системы-основания.

4-й этап: Операция декомпозиции предполагает выделение в цели S_j^i i -го уровня более элементарных целей (подцелей) $i+1$ уровня на базе модели-основания $P(a_k^m)$. Для поддержки этого этапа с учетом заданных партитивных отношений (3) в составе соответствующего элемента $a_k^m \{x\}_j^i$ i -го уровня могут быть выделены функциональные элементы $E^{i+1}(a_k^m)$ $i+1$ -го партитивного уровня альтернативы.

5-й этап: В соответствии с полученной детализацией модели-основания $E^{i+1}(a_k^m)$ (2) ЛПР может быть предложена информационная поддержка при формулировке подцелей $i+1$ уровня S^{i+1} . Полученное при этом множество партитивных частей является полным, т.к. учитывает все существенные свойства альтернативы.

6-й этап: Каждый из сформулированных фрагментов S_s^{i+1} модели целей анализируется на элементарность ЛПР, которое традиционно опирается на простоту и понятность рассматриваемой цели. Для лучшего понимания роли той или иной цели в задаче, ЛПР может быть предложена помощь в виде описания соответствующего существенного свойства альтернативы из $P^S(a_k^m)$, на базе которого становится понятным возможный критерий оценки качества альтернатив (см. рис. 3).

7-й этап: При условии, что все полученные фрагменты оказываются проанализированными, процесс декомпозиции можно считать окончанным и констатировать получение дерева целей S .

8-й этап: Если для ЛПР фрагмент S_p^{i+1} не является элементарным, может быть продолжена его декомпозиция при условии, что в используемой модели-основании $P(a_k^m)$ мы не достигли последнего уровня ее партитивного рассмотрения, т.е. $i+1 < NP(a_k^m)$.

9-й этап: Для проведения дальнейшей декомпозиции цели S_p^{i+1} в качестве нового объекта декомпозиции выбирается соответствующий функциональный элемент $a_k^m \{x\}_s^{i+1}$ альтернативы a_k^m .

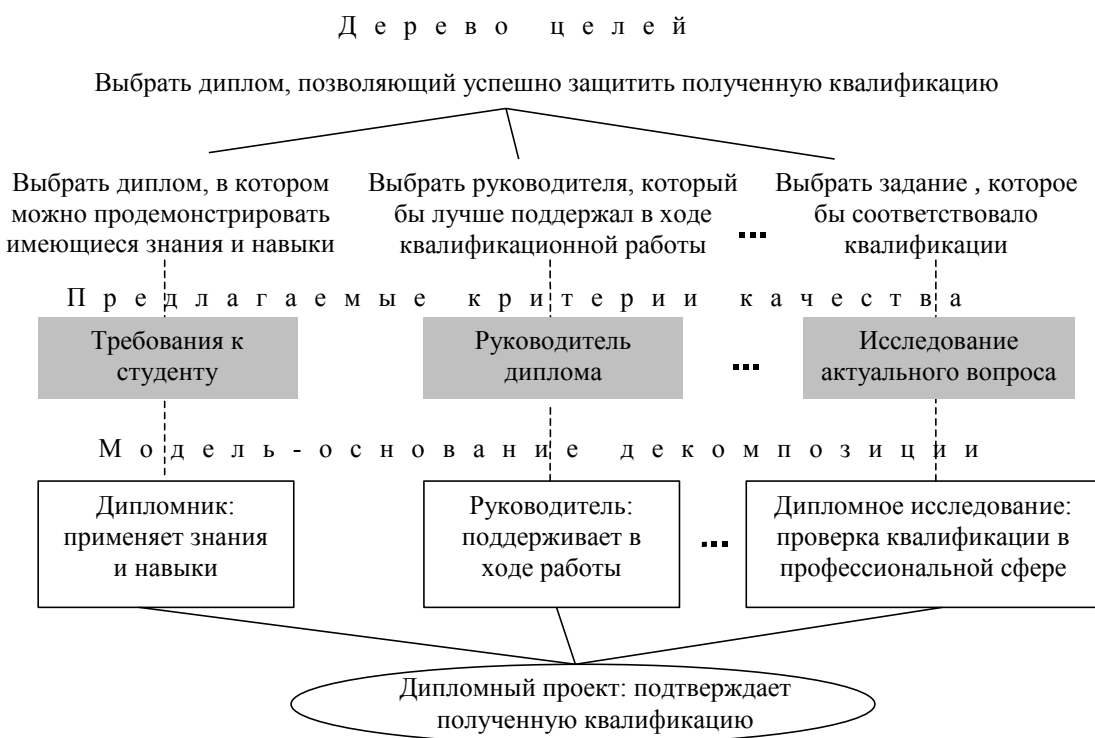


Рис. 3. Пример построения дерева целей для задачи выбора студентами дипломного проекта

Основные этапы процесса декомпозиции, которые удалось информационно или аналитически поддержать, т.о., сводятся к следующему:

- автоматизированный выбор модели-основания для проведения декомпозиции, в качестве моделей используются модели, отражающие функциональный состав и партитивную структуру альтернатив ПР;
- информационная поддержка формулировки глобальной цели и подцелей ПР на базе формулировок функциональных назначений (целей) альтернативы и ее элементов (см. рис. 3);
- аналитическая поддержка проведения декомпозиции целей на различных уровнях, обеспечивающая построение полного дерева целей.

Предложенный метод поддержки декомпозиции целей ПР можно рассматривать как один из основных методов библиотеки методов структуризации ИСППР. Реализованный совместно с БЗ, содержащей КМОА, предложенный метод подтверждает эффективность использования знаниеориентированных технологий в области ПР, в частности на этапах предварительного анализа и структуризации проблем выбора. Такие возможности ИСППР позволяют обеспечить ЛПР аналитической и информационной поддержкой ПР в тех областях, где привлечение экспертов и консультантов является невозможным.

Литература: 1.Петровский А.Б., Стернин М.Ю., Моргаев В.К. Системы поддержки принятия решений. Препринт. М.: ВНИИСИ, 1987. 42 с. 2. Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. Вводный курс.: Навч. посібник. Харків: ХТУРЕ, 1998. 252 с. 3. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: Учебн. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 1989. 367 с. 4. Соловьева Е.А. Естественная классификация: системологические основания. Харьков: ХТУРЕ, 1999. 222 с.

Поступила в редколлегию 08.06.01

Рецензент: академик, профессор, д.т.н., Каневец, Георгий Евдокимович

Нестеренко Оксана Алексеевна, аспирант кафедры Программного обеспечения ЭВМ. Научные интересы: разработка интеллектуальных средств в области принятия решений. Увлечения: научная фантастика и бардовские песни. г. Харьков, ул. Клочковская, 197-Б, кв. 73, тел. 15-95-22

УДК 007.52; 005:519.7;303.732

Метод підтримки декомпозиції цілей прийняття рішень на базі класифікаційної моделі описання альтернатив / О.О. Нестеренко.// АСУ та прилади автоматики. 2001. № 00. С.00-00

Розглядається питання використання комп'ютерів для структуризації проблем та декомпозиції цілей прийняття рішень. Для підтримки процесу декомпозиції запропонована об'єктивна інформаційна основа у вигляді класифікаційної моделі описання альтернатив. Новий підхід до організації бази моделей–основ декомпозиції, який враховує останні досягнення концептуального класифікаційного моделювання, дозволив запропонувати метод, що забезпечує підтримку на головних етапах процесу декомпозиції.

Іл. 3. Бібліогр.:4 назв.

UDC 007.52; 005;519.7;303.732

Method of making decision purpose decomposition supporting based on alternatives descriptions classification model / O.A. Nesterenko. // Management Information System and Devices. All-Ukr. Sci.Integred.Mag. 2001. № 00. P. 000-000.

Computers usage for problem structuration and making decision purpose decomposition is considered. Objective information base is proposed as alternatives descriptions classification model for decomposition process supporting. New approach to base of decomposition model-basis organisation is accounted model achievement of conceptual classification modelling and provided with support on base stages of decomposition process.

Fig. 3. Ref.: 4 items.