

УДК 519.713

О. А. Нестеренко, Е. Ю. Глубокая, О. Н. Ледеха

МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КЛАССИФИКАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1. Введение

Принятие решений (ПР) занимает одно из ведущих мест в профессиональной деятельности человека и его повседневной жизни. Ввиду усложнения задач ПР и необходимости их решения в слабоструктурированных проблемных областях повысилась роль подготовительных этапов, которые во многом определяют качество принимаемых решений. Эффективным средством помощи являются интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР), позволяющие осуществлять информационную и аналитическую поддержку лица, принимающего решение (ЛПР), на основании информации, отражающей знания и опыт экспертов.

Конструктивное решение задач ПР с помощью компьютерных систем связано с формированием в ходе диалога с ЛПР некоторого принципа выбора наилучшего решения. На сегодняшний день широкое распространение получило применение принципов выбора, основанных на сведениях многокритериального выбора к однокритериальному на основании теории полезности. Для формирования такого принципа выбора от ЛПР должна быть получена информация о целях и критериях выбора, важности этих критериев. При отсутствии непосредственной помощи экспертов выполнение этих этапов является достаточно сложной задачей, что требует детальной проработки вопросов информационного обеспечения ПР, т. е. разработки такой модели проблемной области, которая бы позволила учесть существующие закономерности и достаточно объективно описать проблемную ситуацию.

В работе предлагается интегрированная концептуальная классификационная модель (ИККМ) альтернатив, которая обеспечивает повышение объективности описания альтернатив в слабоструктурированных проблемных областях: любую, в том числе достаточно высокую, степень детализации при анализе проблемы выбора: возможность учета существенных свойств альтернатив, существующих зависимостей и отношений на альтернативах, их составе и свойствах.

Анализ существующих средств классификационного моделирования — классификационной среды Protege и инструментария MISClass — показал их недостаточную эффективность для реализации ИККМ альтернатив. В работе предлагается новый, более подходящий для такого моделирования инструментарий, основанный на использовании принципов объектно-ориентированного подхода с использованием функциональности и мощи СУБД Oracle.

Целью исследования является повышение качества моделирования многокритериальных задач ПР за счет использования интеллектуальных программных средств классификационного моделирования.

Цель работы обуславливает следующие задачи исследования:

- для повышения качества моделирования многокритериальных задач принятия решений в слабоструктурированных проблемных областях на основании системологического подхода разработать концептуальную классификационную модель для описания класса однотипных задач принятия решений;
- провести анализ и рассмотреть пути усовершенствования программных средств информационной подготовки решений на основе использования концептуальных классификационных моделей альтернатив принятия решений.

2. Требования к моделированию

многокритериальных задач принятия решений

Процесс многокритериального ПР состоит из нескольких этапов информационной подготовки ПР и выбора наилучшего решения $A_0 = \{a_j, j \in \overline{1, n_a}\}$ на исходном множестве A^R альтернатив в соответствии с принципом выбора S . Достаточно популярным на сегодня является принцип выбора, основанный на аддитивной функции полезности $A_0 = \max_{a_j \in A^R} \sum_{i=1}^{N^{opt}} \alpha_i * K_i(a_j)$, где α_i — весовой коэффициент, задающий относительную важность критерия $K_i \in K^{opt}$, из кортежа $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N^{opt}}\}$; $K_i(a_j)$ — критериальная оценка альтернативы a_j ; $K^{opt} = \{K_i\}_{i=1}^{N^{opt}}$ — множество критериев. Использование аддитивной функции полезности требует проведения структурной идентификации, во время которой формируется множество критериев K^{opt} , и параметрической идентификации кортежа α . Выбор K^{opt} в значительной мере обуславливает эффективность ПР, но до сих пор является результатом использования знаний и интуиции экспертов. Повышение эффективности этого этапа требует: формализации требований (полноты, действительности и др.), выдвигаемых к K^{opt} : использования информации о пераприд критериев K , которая может быть построена как проекция дерева целей S на множество свойств P альтернатив. Значительные трудности все еще возникают у ЛПР во время определения коэффициентов из кортежа α . Повышение эффективности

этого этапа требует учета в α информации из иерархия критериев K (Т. Саати) и существующих отношений на свойствах P альтернатив.

Получение во время описания задачи ПР информации, которая позволит достичь максимальной эффективности решения, и ее оптимальное представление составляют суть информационной подготовки ПР. В отличие от принятого описания множества A^R для конкретных задач выбора, моделирование области ПР, точнее универсального (максимально широкого) множества альтернатив в ней $A^R (A^R \subset A^U)$, может обеспечить подготовку и эффективное решение всего класса $\langle A^L, C \rangle$ однотипных в такой области задач ПР. Вопросы информационной подготовки классов задач ПР исследованы недостаточно. В условиях сложности непосредственного привлечения к выбору специалистов по ПР такая подготовка требует учета информации об альтернативах и их свойствах, возможных целях и критериях, существующих зависимостях.

Таким образом, необходима модель описания многокритериальных альтернатив, которая должна:

- содержать описание всего требуемого для ПР множества альтернатив, т. е. являться моделью так называемого универсального множества A^L альтернатив в заданной проблемной области;
- содержать описание альтернатив в структурированном виде, позволяющем использовать их в качестве моделей-оснований для проведения декомпозиции целей и в ходе критериального описания задачи ПР;
- содержать описание существенных свойств альтернатив, на базе которых возможно достижение компромисса между полнотой и простотой критериального описания выбора;
- позволять получать действенные (содержательно возможные) объединения свойств альтернатив для минимизации критериального описания задачи;
- содержать экспертные оценки важности свойств альтернатив для поддержки ЛПР в процессе определения коэффициентов важности критериев;
- содержать описание альтернатив, опирающиеся на понятийную систему человека, которые будут одинаково хорошо понятны как эксперту, так и ЛПР.

3. Классификационные модели для описания многокритериальных задач принятия решений

Описание универсального множества A^L альтернатив проводилось на основании системологического классификационного анализа (СКА) [1], что позволило разработать ИККМ альтернатив [2], удовлетворяющую выше перечисленным требованиям. Разработка классификационной модели велась в направлении максимального ее приближения к естественной классификации [1], которая является общепризнанной формой выражения знаний об объективных зависимостях в проблемных областях. Для этого в качестве корня такой модели рассматривалось понятие-категория об универсальном мно-

жестве альтернатив, позволяющее определить весь класс альтернатив в области ПР. Благодаря использованию классификационного подхода такая модель позволяет задавать конкретные альтернативы с помощью единичных понятий. Возможность добавлять описания новых альтернатив без изменения структуры модели предоставляется благодаря заданию общих понятий об альтернативах-классах. В терминологии объектно-ориентированного подхода также альтернативы-классы должны являться конкретными, а не абстрактными классами с целью их дальнейшего описания на основании отношения «часть-целое».

Использование СКА, основанного на учете системного отношения поддержания функциональной способности целого, позволило получить основания для выделения существенных свойств альтернатив. Согласно системологии [1], под существенным свойством необходимо понимать такое, которое является поддерживающим для существования самой системы. Носителями таких поддерживающих свойств в системах являются их подсистемы (функциональные элементы), сформировавшиеся в составе систем для обеспечения соответствующих поддерживающих функций. Таким образом, задание существенных свойств альтернатив связано с описанием их функционального состава. Для этого в ИККМ альтернатив, наряду с классификацией, задающей родовидовые отношения между классами альтернатив, каждая альтернатива была описана партиципной классификацией [2], которая задает функциональные элементы в составе альтернативы и партиципные отношения между ними.

Для использования в ходе критериального описания проблемы выбора ИККМ альтернатив должна содержать описание не только существенных с точки зрения функционального назначения свойств альтернатив, но и тех, которые могут рассматриваться ЛПР как важные для учета других (не функциональных) аспектов. Такие свойства, в отличие от существенных, проявляются в результате взаимодействия нескольких функциональных элементов в составе альтернативы, которые могут располагаться на различных партиципных уровнях альтернативы. В связи с необходимостью учета взаимной зависимости свойств для критериального описания выбора предложено при описании несущественных свойств также задавать их взаимосвязь с функциональными элементами альтернатив. Использование таких производных свойств, заданных на нескольких функциональных элементах из состава альтернативы, позволит заменить группу критериев, сформированных на основании существенных свойств альтернатив, некоторым обобщающим критерием и тем самым минимизировать критериальное описание выбора.

Математическое описание ИККМ альтернатив A^L проведено на основании аппарата теории графов с использованием закономерностей построения

естественной классификации. Формализованных Е. А. Соловьевой [1]. Математическая ПККМ альтернатив получена в виде сложного графа:

$$A^U = A \cup \{E_k^m A_s^i\}_{m=1, n=1, t=1, s=1}^{N(a_s^i), N^m(a_s^i), N, N^i} \cup$$

$$\cup \{PK(a_j^i)\}_{i=1, j=1}^{N, N^i} \cup \{C_h^g(a_j^i)\}_{g=1, i=1, j=1}^{N(a_j^i)-1, N^g(a_j^i), N, N^i}$$

где $A = (VA, DA)$ — родовидовая классификация (РВК) альтернатив с множеством вершин $VA = \{ \langle a_j^i, B(E_j^1(a_j^i)) \rangle \}_{i=1, j=1}^{N, N^i}$, задающая альтернативы и их функциональные назначения $B(E_j^1(a_j^i))$ ($N^1 = 1$ — на первом уровне иерархии находится один объект a_j^1 — альтернатива-класс, который описывает универсальное множество альтернатив); DA — множество дуг, задающее отношение IS_A («род-вид»); на рис. 1 граф задан на белых вершинах и выделен жирными линиями; $E_k^m A_s^i = \{ \langle E_k^m(a_s^i), B(E_k^m(a_s^i)), r(E_k^m(a_s^i)), P_k^{Sm}(E_k^m(a_s^i)) \rangle \}_{i=1, j \in J_s}^N$ — множество ФЭ типа $E_k^m(a_s^i)$ из состава альтернатив a_j^i , являющихся видами альтернативы a_s^i ($j \in J_s$), где для каждого ФЭ $E_k^m(a_s^i)$ задано его функциональное назначение $B(E_k^m(a_s^i))$, соответствующее существенное свойство $P_k^{Sm}(E_k^m(a_s^i))$ и весовой коэффициент $r(E_k^m(a_s^i))$, который может быть выявлен на основании отношения «>» старшинства между существенными свойствами:

$$\sum_{k=1}^{N^m(a_s^i)} r(E_k^m(a_s^i)) = r(E_l^{m-1}(a_s^i)) \quad (k \in K_l)$$

$$r(E_k^m(a_s^i)) / r(E_n^m(a_s^i)) = k / n; \quad r(E_1^1(a_s^i)) = 1;$$

$DE_k^m A_s^i$ — множество дуг, которое задает отношения «род-вид» IS_A на ФЭ: родовидовые классификации ФЭ представлены на рис. 1 графами с серыми вершинами и дугами; $PK(a_j^i) = (VPK(a_j^i), DPK(a_j^i))$ — паритивная классификация (ПК) альтернативы a_j^i , где $VPK(a_j^i) = \{ \langle E_k^m(a_j^i), B(E_k^m(a_j^i)), r(E_k^m(a_j^i)), P_k^{Sm}(E_k^m(a_j^i)) \rangle \}_{m=1, k=1}^{N(a_j^i), N^m(a_j^i)}$ — множество вершин графа, задающее множество ФЭ альтернативы; $DPK(a_j^i)$ — множество дуг, задающее отношения «часть-целое» $PART_OF$ между альтернативой a_j^i и ее ФЭ: дуги совокупности графов $PK(a_j^i)$, задающих паритивные классификации альтернатив, обозначены на рис. 1 тонкими черными линиями; $C_h^g(a_j^i) = (VC_h^g(a_j^i), DC_h^g(a_j^i))$ — граф, задающий производное свойство альтернативы a_j^i на множестве вершин $VC_h^g(a_j^i) = VC_h^{g,1}(a_j^i) \cup VC_h^{g,2}(a_j^i)$, где множество $VC_h^{g,1}(a_j^i) = \{ P_h^{Cg}(a_j^i) \}$ описывает само производное свойство $P_h^{Cg}(a_j^i)$, а $VC_h^{g,2}(a_j^i) = \{ E_k^m(a_j^i) \}$ ($m \in [2, N(a_j^i)]; k \in [1, N^m(a_j^i)]$) задает подмножество функциональных элементов, на базе которых формируется производное свойство: $DC_h^g(a_j^i)$ — множество дуг графа; пример такого дерева представлен на рис. 1 пунктирными линиями.

Использование в ходе разработки структуры ПККМ альтернатив СКА позволило:

- повысить уровень объективности описания альтернатив в слабоструктурированных проблемных областях за счет использования в качестве основания ПККМ альтернатив родовидовой классификации, приближенной к естественной;

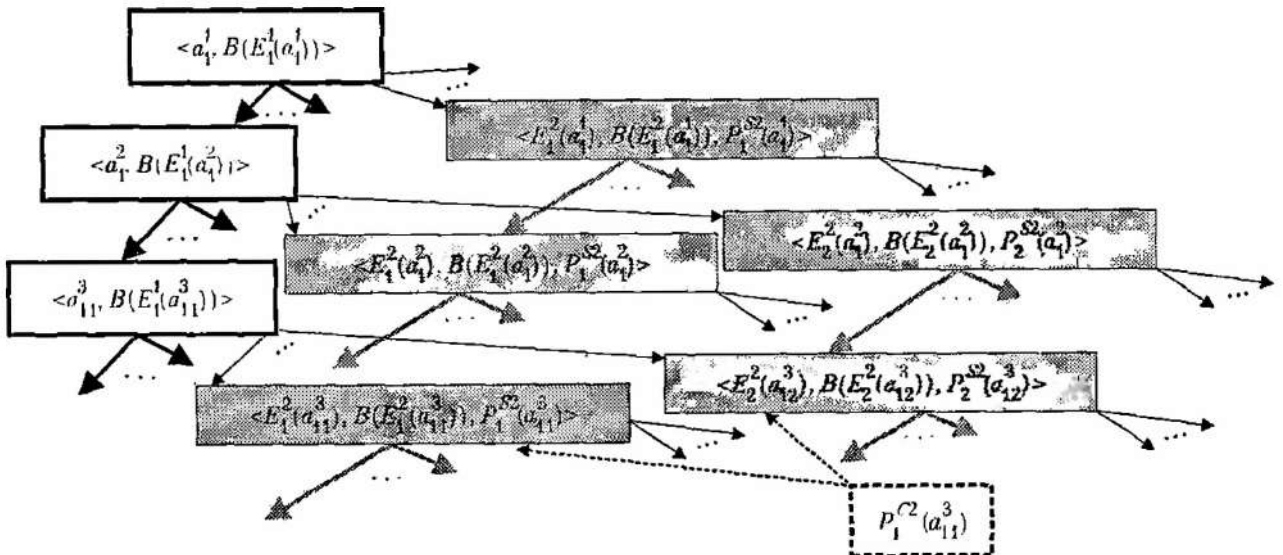


Рис. 1. Схематическое представление фрагмента ИККМ альтернатив

- обеспечить различный, в том числе достаточно высокий, уровень детализации при анализе проблем за счет задания функционального состава альтернатив в виде партитивных классификаций;
- учесть существенные свойства альтернатив;
- обеспечить возможность задания критериального описания выбора с учетом требований [3], выдвигаемых к обоснованному множеству критериев, за счет установления на существенных свойствах альтернатив иерархических отношений и задания несущественных (производных) свойств альтернатив на основании их функциональных элементов, что позволяет заменять группы существенных свойств некоторыми объединяющими свойствами;
- получать возможность задания экспертной информации о важности критериев с учетом объективных закономерностей, заложенных в ИККМ альтернатив [3].

4. Описание метода информационной подготовки многокритериальных решений

Для задания многокритериальных альтернатив в слабоструктурированных проблемных областях был предложен метод информационной подготовки многокритериальных решений на основании ИККМ альтернатив [3]. Создание такой модели, при необходимости, требует анализа не только определенных понятий, но и их описаний. Построение ИККМ альтернатив представляет собой итерационный процесс, что связано с необходимостью создания целого ряда классификаций. В связи с этим сами альтернативы, расположенные в вершинах партитивных классификаций, рассматривались как главная классифицируемая совокупность систем, в то время, как каждое множество выделенных одноименных функциональных элементов рассматривалось как дополнительная совокупность систем.

Таким образом, метод информационной подготовки многокритериальных решений включает следующие основные этапы:

- 1) построение родовидовой классификации альтернатив принятия решений;
- 2) выделение в составе альтернатив функциональных элементов и организация на их основании уровня в партитивных классификациях альтернатив из родовидовой классификации (на следующих итерациях алгоритма — выделение партитивного состава у подсистем альтернатив); задание на выделенных функциональных элементах отношения порядка с учетом их функциональной важности в составе альтернативы;
- 3) построение родовидовых классификаций функциональных элементов альтернатив, заданных на ранее выделенном уровне партитивных классификаций;
- 4) задание новых уровней партитивных классификаций альтернатив и построение родовидовых классификаций их новых функциональных элементов на этапах 2–3, а также коррекция с учетом новых

результатов полученных ранее классификаций, начиная с родовидовой классификации альтернатив;

- 5) задание с учетом функционального состава альтернатив их свойств.

Развитый с учетом системологического классификационного анализа [1] метод информационной подготовки многокритериальных решений может быть использован при создании концептуальных классификационных моделей проблемных областей произвольной природы, которые смогут составить надежную информационную основу для баз знаний систем ПР.

5. Анализ инструментальных средств классификационного моделирования

Классификационная среда Protege разработана лабораториями Stanford Knowledge Systems и Stanford Medical Informatics (Stanford University of USA) в 2001 году с целью объединить знания ученых в единую классификационную систему для дальнейшего использования в научных и образовательных целях [научный доклад Stanford University]. Среда Protege является фреймовой системой. Онтологии в Protege включают машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области, отношения между ними и представляются в интуитивно понятной человеку форме — деревом элементов (понятий).

Классификационная среда Protege имеет множество достоинств, которые могут помочь проектировщику классификаций в их разработке, а именно: декларативно описывает классификации, определяя явным образом, какова классовая иерархия и к каким классам принадлежат понятия (классы); описывает внутреннюю структуру понятий с помощью слотов; имеет возможность накладывать ограничения на слоты с помощью фадетов; имеет понятную, четко определенную структуру; поддерживает процесс итерационного классификационного моделирования; поддерживает разработку таких иерархических структур, как родовидовые или партитивные классификации.

Однако Protege имеет некоторые ограничения, не позволяющие полностью реализовать ИККМ альтернатив:

- не предоставляет общего шаблона проектирования, каждая онтология строится специфично, классификация понятий может приводиться на различных основаниях в зависимости от специфики предметной области и целей дальнейшего использования;
- не предоставляет проектировщику возможности задавать партитивные связи между понятиями разных классификаций явно, а только опосредовано (через слоты);
- отсутствуют средства моделирования специфических для ИККМ альтернатив элементов, например, весовых коэффициентов важности элементов альтернатив, системы параллельных РВК понятий и их функциональных назначений и т. п.

Программный инструментальный MISClass разработан в Харьковском национальном университете радиоэлектроники на кафедре программного обеспечения ЭВМ для реализации некоторых элементов ПККМ альтернатив [4]. Инструментарий позволяет:

- поддерживать разработку таких иерархических структур, как родовидовые и партитивные классификации, причем каждая моделируемая система участвует в структурах обоих видов (см. рис. 2);
- наряду с понятиями о самих системах-альтернативах и их элементах моделируются также понятия об их функциональных назначениях и родовидовые отношения в них;
- сущностные свойства систем представляются в инструментарии как пара, состоящая из формулировки свойства и его значения у того или иного объекта; свойства формируются автоматически с учетом структуры системы, однако в инструментарии отсутствуют средства задания производных свойств.

В составе инструментария также частично реализованы средства приобретения знаний, основанные на предложенном методе информационной подготовки принятия решений. Разработанные средства предоставляют эксперту следующие возможности в процессе построения ПККМ альтернатив:

1. Облегчена процедура задания новых ФЭ и организация на их основании нового уровня в ПК альтернатив: эксперту предоставляется структурированное описание родительской альтернативы, на основании которой путем уточнения ранее заданных ФЭ может быть задана структура новой альтернативы.

2. Эксперту предоставляется возможность добавления новых элементов в состав альтернатив на основании унаследованных от родительской альтернативы. Разработанные средства поддерживают организацию РВК о функциональных элементах при их добавлении в состав альтернативы.

3. При добавлении новых элементов в состав альтернатив эксперту предлагается расположить такой элемент с учетом отношения старшинства на соответствующих свойствах. Наряду с определением порядка ФЭ в составе альтернатив ему предлагается задать также и весовой коэффициент важности соответствующих ФЭ.

4. Параллельно с добавлением в РВК альтернатив описаний новых альтернатив происходит добавление их свойств. При этом сущностные свойства формируются автоматически с учетом формальной процедуры их формирования на основании формулировок соответствующих ФЭ.

База знаний по альтернативам принятия решений

База знаний Родовидовая классификация Партитивная классификация Работа со свойствами

<p>Родовидовая классификация</p> <p>Название системы-класса</p> <p>Стратегия дифференцирования</p> <p>Родительское понятие для системы-класса</p> <p>Конкурентная стратегия</p> <p>Видовые понятия системы-класса</p> <p>Стратегия дифференцирования продукта Стратегия дифференцирования услуг Стратегия дифференцирования имиджа Стратегия дифференцирования каналов распределения</p> <p>Функциональное назначение системы-класса</p> <p>Укрепить конкурентные позиции по качеству продукции и услуг</p>	<p>Свойства системы-класса</p> <p>Существенные свойства системы-класса</p> <p>Конкурентное преимущество</p> <p>Стратегическая зона хозяйствования Конкурентная позиция компании Конкурентное преимущество</p> <p>Значение существенного свойства</p> <p>Преимущество по качеству продукции и услуг</p> <p>Несущественные свойства системы-класса</p> <p>Желательный тип компании</p> <p>Требования относительно соответствия стратегии ситуации в Желательный тип компании Размер охватываемой стратегической зоны хозяйствования</p> <p>Значение несущественного свойства</p>										
<p>Партитивная классификация</p> <p>Понятие об элементе-классе</p> <p>Стратегия дифференцирования</p> <p>Понятие о целой системе-классе</p> <p>Понятия о частях элемента-класса</p> <p>Зона продвижения продукции и услуг Позиция, позволяющая улучшить качество продукции и услуг Преимущество по качеству продукции и услуг</p> <p>Функциональное назначение элемента-класса</p> <p>Укрепить конкурентные позиции по качеству продукции и услуг</p>											
<p>ТЕКУЩИЙ СЕАНС РАБОТЫ</p> <table border="1"> <tr> <td>Проблемная область</td> <td>Подобласть</td> <td>Версия</td> <td>Год</td> <td>Имя базы знаний</td> </tr> <tr> <td>Маркетинг</td> <td>Конкуренция</td> <td>4</td> <td>2002</td> <td>Стратегии</td> </tr> </table>		Проблемная область	Подобласть	Версия	Год	Имя базы знаний	Маркетинг	Конкуренция	4	2002	Стратегии
Проблемная область	Подобласть	Версия	Год	Имя базы знаний							
Маркетинг	Конкуренция	4	2002	Стратегии							

Рис. 2. Пример создания ПККМ маркетинговых стратегий в среде MISClass

6. Требования к программному инструментарию создания ИККМ альтернатив

Анализ ряда средств классификационного моделирования показал их недостаточную эффективность для реализации ИККМ альтернатив. Исходя из этого обстоятельства, предлагается разработать новый, более подходящий для классификационного моделирования ИККМ инструментарий. Для организации хранения такой структуры целесообразно выбрать средства, позволяющие многократно использовать созданные модели и достаточно простым и прозрачным образом преобразовывать их в структуру, необходимые для решения конкретных задач. Это обеспечит универсальность и расширяемость системы. С этой целью в основу программного инструментария должна быть положена СУБД, в частности, СУБД Oracle (фирмы Oracle).

Реализуемая в СУБД база данных должна иметь объектную модель представления. В этом случае возможность добавлять описания новых альтернатив без изменения структуры модели предоставляется благодаря заданию общих понятий об альтернативах-классах. В терминологии объектно-ориентированного подхода такие альтернативы-классы должны являться конкретными, а не абстрактными классами с целью их дальнейшего описания на основании отношения «часть – целое».

Помимо этого инструментарий должен быть многопользовательским, так как разработка отдельных РВК не требует согласованных действий различных экспертов. Таким образом, СУБД Oracle максимально подходит для решения данной задачи, а также для обеспечения расширяемости проектируемой системы.

Итак, основными требованиями к разрабатываемому программному инструментарию являются: поддержка всех особенностей ИККМ альтернатив; наличие удобного общего подхода к проектированию — реализация моделирования ИККМ на основании метода информационной подготовки решений [3, 4]; поддержка иерархических структур двух видов — родовидовой и партитивной; задание классификаций декларативным образом; реализация базы данных на основании объектно-ориентированного подхода; использование для реализации СУБД Oracle.

В ходе разработки нового программного инструментария могут быть внесены изменения и доработки, однако основные принципы и идеи, перечисленные выше, останутся неизменными.

8. Заключение

Во время исследования были получены следующие результаты:

1. Для моделирования однотипных многокритериальных задач принятия решений предложена интегрированная концептуальная классификационная модель универсального множества альтернатив, обеспечивающая структурированное описание альтернатив для однотипных в проблемных областях задач принятия решений за счет использования метода системологического классификационного анализа. Разработанная модель может быть использована как единая информационная основа многокритериальных задач принятия решений за счет более объективного и структурированного предоставления информации, необходимой на основных этапах процесса принятия решений.

2. Предложен метод информационной подготовки решений, позволяющий получать содержательные ИККМ альтернатив в произвольных слабоструктурированных проблемных областях.

3. Проведен анализ ряда средств классификационного моделирования и предложены требования к созданию нового программного инструментария для моделирования ИККМ альтернатив.

Список литературы: 1. Соловьева Е. А. Естественная классификация: системологические основания. — Харьков: ХТУРЭ, 1999. — 222 с. 2. Нестеренко О. О., Широкопетлева М. С. Застосування класифікаційних моделей в інтелектуальних системах // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 4/2(16). — С. 113–118. 3. Нестеренко О. А. Метод поддержки декомпозиции целей принятия решений на базе классификационной модели описания альтернатив // АСУ и приборы автоматики. — 2001. — № 116. — С. 70–77. 4. Нестеренко О. А., Соловьева Е. А. Применение системологического классификационного анализа при создании интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы бионики. — 2001. — № 54. — С. 88–95.

Поступила в редакцию 19.09.2006