

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ

УДК 681.3.06 (075.8)

Э. В. Лазарсон, кандидат технических наук, профессор
Пермский государственный технический университет

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ВЫБОРА

В статье рассматриваются характерные особенности задач выбора как объектов компьютеризации и особенности формализации знаний для задач указанного класса. Приводятся основные положения разработанной методики решения сложных неформализованных задач на примерах из сварочного производства. Описывается предлагаемая архитектура и функции гибридной экспертной системы, реализующей компьютерную поддержку принятия решений экспертом и конечным пользователем.

Различные аспекты теории решения задач являются предметом изучения в системном анализе, теории принятия решений, теории искусственного интеллекта и других науках. Известны попытки создания общей теории решения задач (рационалогия В. В. Власова [1], проблемология Л. М. Фридмана [2] и др.). Показано, что в основе принятия решений лежит процедура выбора одного из возможных вариантов решений или действий. Формально сущность задачи выбора можно записать в виде

$$\{X, V\} \rightarrow X^*,$$

где X – исходное множество возможных решений (альтернатив); V – принцип выбора (правило предпочтения); X^* – выбранная альтернатива (может быть не одна).

В каждой конкретной задаче альтернативы X и правило предпочтения V , а также алгоритм решения в принципе могут быть изначально известны или не известны, но в подавляющем большинстве задач какие-то элементы являются неизвестными. Конкретных задач выбора может быть сформулировано бесчисленное множество, значит, как правило, нельзя рассчитывать на существование готовых решений. В связи с этим на практике специалисты решают задачи, опираясь преимущественно на свои знания и опыт, что нередко приводит к принятию неоптимальных решений.

В настоящей работе рассмотрены некоторые актуальные вопросы теории задач выбора, в частности вопросы формализации используемых для решения знаний и компьютерной поддержки решений.

Особенности решения задач выбора

Изучение литературы по теории решения задач в разных предметных областях, опыт проектирования автоматизированных систем показывают, что задачи выбора имеют свою специфику. В частности, методика их решения принципиально отличается от таковой для задач расчетного типа. Это дает основание выделить задачи выбора в отдельный класс. Их основные особенности можно сформулировать следующим образом [3]:

- задачи выбора относятся к категории плохо определенных неформализованных;
- альтернативы, из которых необходимо производить выбор, во многих задачах не заданы условием, а как бы подразумеваются;
- альтернативы не могут быть выражены числовыми значениями целевой функции;
- в начальной постановке задачи имеется несколько неопределенных или неизвестных величин;
- задачи выбора, как правило, являются многофакторными;
- большинство знаний о соответствиях между значениями альтернатив и условиями их выбора получено опытным путем.

Из приведенных особенностей можно понять проблематику решения задач выбора. Во-первых, данных, приводимых в условии задачи, недостаточно для ее решения, и необходимо проводить работу по ее доопределению. Во-вторых, по совокупности признаков задачи выбора относятся к классу неформализованных, то есть задач, которые нельзя представить в числовой форме и решать численными методами, и точный алгоритм решения которых заранее не известен. Трудности решения задач выбора обусловлены также их исключительным разнообразием, необходимостью учета множества влияющих, но не всегда очевидных факторов, допустимостью нескольких вариантов решений и отсутствием однозначных рекомендаций.

На кафедре СПиТКМ Пермского ГТУ в результате многолетних исследований, проводившихся применительно к сложным неформализованным задачам сварочного производства, разработана новая информационная технология решения задач выбора, направленная на преодоление вышеуказанных проблем [3; 4]. В основу такого подхода положено гораздо более полное, чем в существующих информационных технологиях, извлечение имеющихся в источниках информации знаний, формализация и структурирование знаний и введение их в компьютер для последующего использования в практической работе. В новой технологии использованы методы автоматизированного проектирования, искусственного интеллекта и экспертных систем, теории принятия решений, системного анализа и теории нечетких множеств.

Известно, что решение любой задачи с помощью вычислительной техники проводится в несколько этапов, к которым можно отнести:

- 1) анализ задачи;
- 2) сбор дополнительной информации, необходимой для решения;
- 3) построение модели задачи;
- 4) выбор метода решения и разработка алгоритма решения;
- 5) составление и отладка компьютерной программы;
- 6) решение задачи на компьютере;
- 7) анализ полученных результатов.

Особенности задач выбора проявляются главным образом на этапах 2–4. Принципиальной новизной отличается подход к формализации знаний и построению моделей задач выбора.

Как отмечено выше, в постановке задач выбора всегда имеются неизвестные элементы. Например: типичной для сварочного производства является задача, когда для заданной сварной конструкции требуется назначить (выбрать) способ сварки и сварочные материалы; при этом не указывается, из каких способов и материалов и по каким соображениям следует выбирать. Необходимую дополнительную

информацию можно попытаться найти в литературе, но обычно неизвестно, где именно ее искать, и вообще есть ли такие данные в литературе.

Во многих случаях существенную, а иногда и решающую помощь могут оказать советы высококвалифицированных опытных специалистов, называемых экспертами. Часто эксперт может сразу предложить оптимальное или близкое к оптимальному решение, не вдаваясь в подробности его обоснования. Помощь за счет привлечения дополнительных знаний из литературы или индивидуальных знаний отдельных людей называют интеллектуальной поддержкой принятия решений, то есть использованием интеллекта других людей.

На практике редко предоставляется возможность воспользоваться советом компетентного специалиста. Также нереально рассчитывать на возможность решать сложные производственные вопросы, каждый раз занимаясь трудоемкой проработкой печатных источников информации. К настоящему времени в мире накоплено необозримое множество разнообразных знаний и их объем непрерывно и быстро возрастает. Но одновременно происходит резкое падение КПД использования имеющихся знаний. Единственным выходом из создавшейся ситуации признано введение в компьютер знаний высококвалифицированных специалистов для использования их рядовыми пользователями. Поэтому под интеллектуальной поддержкой принятия решений обычно понимают компьютерную поддержку.

Важной составляющей подхода к решению обозначенной проблемы является перевод знаний из печатных источников информации в компьютерные базы данных и знаний. Необходимость этого обусловлена тем, что основная часть знаний была получена в докомпьютерную эпоху и зафиксирована в литературе в текстовом виде. Чтобы обрабатывать такую информацию с помощью вычислительной техники, ее нужно определенным образом формализовать.

Вопросы формализации знаний занимают центральное место в теории искусственного интеллекта и экспертных систем. Им уделено внимание также в теории автоматизированного проектирования и информатике.

Применительно к задачам выбора в качестве формализмов знаний можно использовать таблицы соответствий и продукционные правила.

Использование таблиц соответствий

Таблицы соответствий (ТС), предложенные Г. К. Горанским [5], являются одним из видов таблиц решений, предназначенных для формализованного представления задач выбора. Общий вид и структура ТС изображены на рис. 1.

Как видно из рисунка, ТС представляет собой прямоугольную матрицу, разделенную на три части. В область прибытия ТС помещают возможные варианты решений (альтернативы), из которых производится выбор, в области отправления указывают условия (влияющие на выбор факторы) и их значения. При наличии соответствий между значениями условий и решениями в клетках матрицы проставляют единицы. Все перечисленные понятия кодируют с помощью цифровых и буквенно-цифровых кодов, понятных из рис. 1, б.

Следует иметь в виду, что каждая таблица является моделью не одной, а множества однотипных по условиям и целям задач, общее число которых равно количеству возможных вариантов задания условий выбора решений по ТС. Формальное решение конкретной задачи сводится к нахождению строки или строк, в которых для всех без исключения элементов заданного кортежа исходных данных в таблице указано наличие соответствий. Название соответствующей строки (строк) в области прибытия и есть решение задачи.

	Множество условий существования решений $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ (область отправления)
Множество возможных решений $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$ (область прибытия)	Связи между условиями и решениями (матрица соответствий)

a

Возможные решения	Условие 1 X_1				Условие 2 X_2					Условие n X_n			
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Решение 1 – Y_1		1	1					1			1	1	1
Решение 2 – Y_2	1					1					1		1
.					Значения соответствий								
.													
.													
Решение m – Y_m			1		1		1					1	1

б

Рис. 1. Общая структура таблицы соответствий: а – области ТС;
б – общий вид ТС, обозначения параметров и их значений

Извлечение и формализация знаний

В наших исследованиях форма таблицы соответствий принята как универсальная и основная для формализованного представления любой многоальтернативной задачи. В свою очередь, это определило и приемы текстологической обработки знаний, а именно, извлечение необходимых для решения задачи знаний из источников информации и приведение их к виду, удобному для формирования областей отправления и прибытия ТС.

Конкретно предлагается при детальной проработке каждого признанного полезным источника информации сначала делать черновые записи (выписки) сведений, в которых отражены связи между вариантами решений (альтернативами) и влияющими на них факторами. Затем зафиксированные сведения о влияющих факторах преобразуют в данные двух иерархических уровней, соответствующих двум строкам области отправления ТС. К первому (верхнему) уровню относят только названия влияющих факторов, часто объединяемые с помощью метапонятий, и присваивают им коды $X_1, X_2, \dots$ и т. д. Из остальных более конкретных данных формируют значения понятий первого уровня и тем самым определяют содержание второй строки области отправления ТС. После этого рисуют форму таблицы, заполняют ее области отправления и прибытия и в клетках матрицы указывают единицами наличие соответствий между значениями всех факторов и альтернативами. Для определения соответствий используют сведения из ранее сделанных записей, а также профессиональные знания составителей модели.

Приведенные приемы построения моделей задач предусматривают необходимость итерационных корректировок и требуют определенного навыка, но, как показывает опыт работы со студентами, осваиваются довольно легко. Более подробно методы построения ТС и алгоритма поиска решений по ним изложены в работах [4; 6].

Представление моделей задач выбора в форме ТС обладает многими достоинствами. Поскольку все атрибуты ТС кодируются с помощью цифровых и буквенных кодов, их язык приближен к машинному, что облегчает переход к обработке данных с помощью компьютера. При построении ТС из источников извлекается только минимально необходимая для решения задачи информация, а вся остальная сопутствующая информация отсеивается. Поэтому форма ТС как никакая другая приводит к сжатию исходной информации. Во многих случаях одна ТС способна концентрировать в себе информацию о сотнях и тысячах вариантов решения однотипных по постановке и целям задач. Таким образом, появляется возможность переводить огромные массивы знаний в компактную форму табличных моделей и алгоритмов решения типовых задач.

Наряду с отмеченными достоинствами традиционные ТС обладают рядом недостатков, связанных с указанием соответствий в таблицах с помощью значений булевой функции (1 или 0). Это часто приводит к ситуациям, когда некоторым вариантам исходных условий задачи соответствует не одно, а несколько возможных решений. В большинстве случаев неоднозначность рекомендаций, генерируемых моделью, не устраивает конечного пользователя.

Такое положение потребовало проведения специальных исследований и разработки методов и приемов, позволяющих решить проблему неоднозначности в моделях задач выбора [4]. К таким методам отнесены:

- включение в табличную модель дополнительных параметров-разделителей;
- декомпозиция табличной модели;
- декомпозиция свойств альтернатив и их оценка по главному критерию;
- комментарии эксперта;
- численная оценка точности решений в таблице соответствий;
- использование методов экспертных систем и теории нечетких множеств.

Решение задач с помощью экспертных систем

Другим упомянутым выше формализмом представления знаний в компьютерных системах являются продукционные правила, или продукции – высказывания формата ЕСЛИ – ТО. Известный американский специалист А. Ньюэлл доказал [7], что в такой форме можно изложить практически любые фактуальные сведения. Считается, что именно эта идея А. Ньюэлла позволила преодолеть наметившийся в 70-х годах прошлого века определенный скепсис в отношении возможностей практического использования методов искусственного интеллекта и открыла путь к созданию интеллектуальных систем, называемых экспертными (ЭС). В базы знаний (БЗ) таких систем в принципе можно вводить подавляющую часть имеющихся знаний, включая знания, изложенные в текстовом виде.

В настоящее время во многих промышленно развитых странах экспертные системы являются наиболее динамично развивающимся видом компьютерных систем. Их основное достоинство заключается в возможности использования для решения самого широкого круга производственных задач, в том числе сложных неформализованных задач выбора. Однако создание ЭС посилено только коллективам высококвалифицированных специалистов при наличии опыта работы со специальными программными средствами и требует больших трудозатрат. По зарубежным данным трудоемкость создания ЭС измеряется человеко-годами, а стоимость – от тысяч до сотен тысяч долларов [8].

Россия пока заметно отстает от передовых стран по масштабам применения экспертных систем для решения практических задач. В принципе сложные многоаль-

тернативные задачи можно решать с помощью отечественных ЭС оболочечного типа, таких, например, как НИК, САПР-эксперт, ИНТЕРЭКСПЕРТ, ЭМИ и др. [8; 9]. Но они тоже стоят не дешево, и главной проблемой их использования является наполнение баз знаний. Этот этап создания ЭС является чрезвычайно сложным и трудоемким и может быть выполнен только при совместной работе специалиста, хорошо знающего предметную область подлежащих решению задач (эксперта) и инженера по знаниям, умеющего создавать БЗ (когнитолога).

С точки зрения обсуждаемой тематики представляет интерес опыт разработки экспертной системы для выбора варианта сварки – в защитных газах, выполненной совместно специалистами НИИ управляющих машин и систем пермского НПО «Парма» и Пермского политехнического института [10].

Постановщиками задачи (сотрудниками ППИ) на основе подробного обзора литературы по сварке была построена табличная модель в форме ТС. В область прибития ТС поместили 62 разновидности сварки в защитных газах, в область отправления – 9 факторов с приписанными им значениями, которые по мнению разработчиков необходимо учитывать при выборе способа (материал сварного узла, толщина металла, тип сварного соединения, длина, конфигурация и пространственное положение шва, тип и условия производства и др.). Матрица таблицы имела размеры 62×42 и состояла из 2604 клеток.

К началу работы специалисты НИИУМСа, разработавшие экспертную оболочку САПР-эксперта с базой знаний производственного типа, не имели опыта работы с таблицами соответствий. Однако было замечено, что строки ТС легко трансформируются в производственные правила. Для этого при преобразовании строки необходимо в посылочной части продукции после слова «Если...» перечислить значения факторов, для которых в строке единицами указаны соответствия, а выводом после слова «то...» является решение, указанное в области опрвления.

Например, смысловое содержание первой строки ТС на рис. 1 можно изложить в виде следующего производственного правила:

Если условие X_1 принимает значения 2 или 3, условие X_2 принимает значение 4, ..., условие X_n принимает значения 1, 2 или 3, то возможно решение 1.

Используя такие правила, разработчики ЭС построили ее базу знаний, провели отладку системы и получили исследовательский прототип ЭС. Его тестирование на разных вариантах исходных условий задач показало, что однозначные решения удается получить лишь в редких случаях. Тогда в целях сокращения количества неразделяющихся альтернатив решили расширить базу знаний за счет введения в нее дополнительных правил, названных уточняющими. Было просмотрено большое количество литературы по сварке, в результате чего составили дополнительно 103 правила. Их введение в базу знаний ЭС позволило резко сократить количество вариантов условий, приводящих к получению неоднозначных решений, но одновременно значительно увеличило затраты времени на создание БЗ системы.

Сравнение таблиц соответствий и производственных правил

Углубленный анализ двух рассмотренных форм представления знаний стимулировал разработку предложений по совершенствованию методики и аппаратных средств решения задач выбора. Кроме вышеперечисленных методов и приемов преодоления проблемы неоднозначности решений, характерной для моделирования задач выбора с использованием таблиц соответствий, автором статьи предложен новый вид табличной модели – таблица соответствий со степенями принадлежности, введенными в теории нечетких множеств [4]. По сравнению с традиционными

ТС новый вид модели обладает большей информативностью, точностью и адекватностью и позволяет получать однозначные решения.

Очевидна необходимость, имея в виду сравнительные преимущества и недостатки таблиц соответствий и производственных правил, по возможности совместно использовать достоинства этих форм.

Таблицы соответствий превосходят производственные правила по компактности представления знаний и простоте моделей задач. Поэтому если все решения, относящиеся к решению конкретной задачи, удастся вложить в форму ТС, то выбор оптимального решения будет заключаться в поиске по ТС значения выходного параметра, имеющего соответствия с заданным кортежем исходных данных задачи. Алгоритмы автоматического поиска решений по ТС разработаны и приводятся в литературе [4–6]. Жесткая структура ТС позволяет унифицировать и упростить процедуру приобретения знаний системой, поэтому во многих случаях эксперт-разработчик может обойтись без помощи инженера по знаниям (когнитолога). Это означает, что ликвидируется одна из наиболее трудоемких и сложных стадий создания ЭС – стадия извлечения знаний из эксперта и связанные с ней проблемы.

Однако при увеличении количества альтернатив и учитываемых в задаче факторов быстро возрастают трудности построения и тестирования ТС. Оценка и корректировка моделей задач с помощью минимизированных граф-схем алгоритмов выбора решений, как это было предложено Г. К. Горанским [6], возможны только для относительно небольших по размерам моделей.

Другим недостатком работы с таблицами соответствий является необходимость обязательного указания в матрице модели соответствий между всеми решениями области прибытия и значениями всех параметров области отправления. Между тем многие соответствия разработчику могут быть неизвестны, из-за чего ему приходится ограничивать состав области отправления только наиболее важными и известными своим влиянием параметрами, а часть соответствий указывать в матрице ТС, руководствуясь субъективными предпочтениями.

Представление знаний о решаемых задачах с помощью набора производственных правил является более универсальным методом и имеет определенные преимущества перед близкими по тематике знаниями, зафиксированными в форме таблиц соответствий. В частности, в правилах могут быть указаны такие нюансы знаний, которые трудно отразить в ТС. В них допускается отсутствие сведений о соответствиях конкретного варианта решения с влияющими на выбор факторами, приведенными в других правилах. Отсюда становится очевидной желательность использования в моделях задач достоинств как таблиц соответствий, так и производственных правил.

Принципы создания гибридной ЭС

Исходя из этого были разработаны принципы компьютерной системы в форме гибридной ЭС, которые сводятся к следующему:

- 1) ЭС создается с использованием специального инструментального средства, ориентированного на класс задач выбора;
- 2) основа базы знаний в форме таблицы соответствий создается без участия инженера по знаниям в процессе диалогового взаимодействия эксперта (разработчика или квалифицированного пользователя) с программной средой;
- 3) информационное обеспечение системы для решения сложных задач формируется из трех элементов: табличных данных (ТС), дополнительных сведений в текстовой форме (производственные правила) и комментариев;

4) функции машины вывода сводятся к помощи эксперту в режиме приобретения знаний или адаптации и помощи конечному пользователю при выборе решений из конкурирующих.

В соответствии с этими положениями основными объектами (субъектами) взаимодействия в системе являются разработчик системы (эксперт), конечный пользователь и база знаний (рис. 2), а основными блоками разработанной системы являются таблицы соответствий, база знаний и механизм (машина) вывода [3].

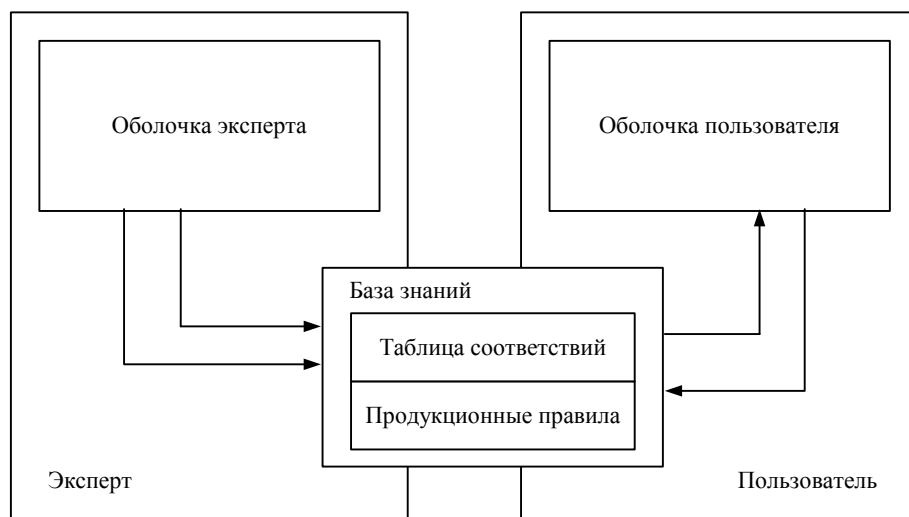


Рис. 2. Принципиальная структура системы и схема взаимодействия логических компонентов программы

Упомянутое в пункте 1 инструментальное средство выполняет функции оболочки для построения ТС и одновременно автоматически тестирует табличную модель на предмет наличия неоднозначных решений при определенных кортежах исходных данных.

ТС выступает в роли некоторого универсального узла, аккумулирующего наиболее важные знания о решаемой задаче. Поскольку признается реальным факт, что в большинстве случаев невозможно в рамках табличной модели учесть все тонкости важных для решения знаний, ТС дополняется базой знаний (БЗ) с относительно небольшим количеством правил, а также текстовыми комментариями произвольного вида. С помощью базы знаний решается проблема выдачи системой устраивающих пользователя рекомендаций (преимущественно однозначных).

В данной системе, в отличие от большинства экспертных систем, особое внимание уделено работе эксперта. Речь идет о развитии и «дружественности» интерфейса разработчика модели на этапах ее построения и адаптации. Средствами оболочки эксперта ему создаются условия для оперативной корректировки модели с целью преодоления неоднозначности решений или сужения альтернатив до приемлемого уровня. Для этого предусмотрено автоматическое тестирование табличной модели с выдачей на экран дисплея сообщений о неоднозначных решениях, генерируемых предложенным вариантом таблицы соответствий. Простота и наглядность интерфейса разработчика позволяют во многих случаях выполнять его

функции высококвалифицированному пользователю, по крайней мере на этапах построения и тестирования ТС. Поэтому разделение оболочек эксперта и пользователя, показанное на рис. 2, можно считать условным.

Первый вариант рассматриваемой компьютерной системы был разработан в 1993 г. на базе оболочки «САПР-эксперт». Была подтверждена возможность практической реализации вышеприведенных принципов создания специальных программ для решения задач выбора с помощью ЭС оболочечного типа. Показано удобство автоматического тестирования табличных моделей задач для выявления неоднозначных решений, генерируемых системой. Это особенно важно для разработчиков систем, так как позволяет значительно сократить трудоемкость работ по оптимизации моделей задач. Не случайно к данной разработке проявили большой интерес разработчики САПР из НИИ систем Сибирского отделения РАН и Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, которые опробовали данную систему применительно к решению своих задач.

Выше было отмечено, что для работы по технологии экспертных систем необходимы специальная квалификация персонала и сложные программные средства. Если в распоряжении конечного пользователя нет готовой ЭС, включая БЗ соответствующего назначения, такой вариант автоматизации решения задач не может быть рекомендован для использования рядовыми работниками производства.

В принципе более простой для пользователя представляется его непосредственная работа с таблицами соответствий на экране дисплея. Однако здесь также имеются определенные трудности. Приемлемую по качеству табличную модель удастся построить сразу лишь в редких случаях. Обычно требуется ее неоднократная корректировка, выполняемая за несколько итераций. Выяснить недостатки первоначально построенной ТС и наметить пути их устранения можно с помощью соответствующих граф-схем, но их построение возможно только для небольших моделей, а сам процесс построения таит большую вероятность ошибок и переделок из-за необходимости промежуточного построения множества частичных таблиц.

Компьютерная система для построения табличных моделей задач

Автором статьи совместно с К. Ю. Хомовым разработаны специальные программные средства, реализующие компьютерную поддержку работ, выполняемых разработчиками табличных моделей и их конечными пользователями. Программа позволяет создавать, редактировать или удалять таблицы соответствий. В качестве инструмента создания моделей и решения задач выбора с помощью ТС выбрана программа MS Excel.

Работа с программой отличается предельной простотой и наглядностью. В режиме «Редактирование» оператору предоставляется возможность с помощью простых средств управления построить на экране дисплея таблицу соответствий в таком же виде, как это производится вручную, без компьютера. Кодировать входные и выходные параметры необязательно, что удобно для эксперта-разработчика и для пользователя.

Далее следует этап тестирования построенной модели на примерах с разными условиями моделируемой задачи. Наглядность связей между значениями входных параметров и возможными решениями обеспечивается подсветкой ячеек перечисленных величин. Оператор последовательно указывает курсором значения входных параметров, намеченные в качестве исходных данных задачи, и при каждом таком указании осуществляется подсветка указанных значений и соответствующих им

возможных решений. По завершении ввода исходных данных становится видно, удалось ли прийти к единичному решению.

Понятно, что по мере ввода данных количество подсвеченных клеток в области отправления ТС возрастает, а количество подсвеченных ячеек решений может сокращаться или оставаться неизменным. Во втором случае оператору видно, какие решения при конкретных условиях не разделяются. Тогда он оценивает адекватность построенной модели и принимает решение, следует ли ее корректировать.

При работе с готовой табличной моделью в режиме «Решение» конечный пользователь только указывает курсором значения входных параметров из условия конкретной задачи и сразу видит на экране искомое решение.

В качестве иллюстрации к сказанному на рис. 3 показан вид экрана в условно упрощенной задаче выбора оптимального способа сварки из четырех заданных (ручной дуговой, механизированной в CO_2 , автоматической под флюсом и электрошлаковой) в зависимости от четырех факторов. На рисунке дан общий вид модели с областями распределения всех входных и выходных параметров, который может быть создан разработчиком или получен пользователем для работы. Если пользователя, к примеру, интересует рациональный способ сварки для сварного соединения из углеродистой стали толщиной 20 мм при длине шва свыше 1 м в вертикальном положении, то ввиду простоты модели в данном случае можно визуально проследить, что по мере ввода вышеуказанных условий количество возможных вариантов будет уменьшаться, и в итоге рекомендуется один способ – механизированная сварка в углекислом газе. Но если в условии приведенной задачи уменьшить длину шва, то однозначного решения не получится: система укажет возможность применения двух способов сварки – механизированной в CO_2 и ручной дуговой.

= Меню																										
А	В	С	Д	Е	Строка формул												И	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q	Т
Меню	Группа металла			Толщина металла, мм					Длина шва, мм				Положение шва													
Реш.	уг. ст.	лег. ст.	цв. мет.	до 2	10	11 20	21 60	св. 60	до 100	101 500	501 1000	св. 1000	Н	В	Г	П										
РДС	1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1	1										
Мех. в CO ₂	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Авт. п/фл.	1	1	1				1	1	1				1	1												
ЭШС	1	1						1			1	1			1											

Рис. 3. Вид экрана в модели выбора способа сварки

Разработанная компьютерная система по существу представляет собой оболочку для построения табличных моделей объектно ориентированных задач выбора независимо от их тематики, не имеет принципиальных ограничений по количеству учитываемых альтернатив, входных параметров и их значений и может быть использована для решения задач в разных предметно ориентированных областях.

Выводы

1. Задачи выбора ввиду их специфики и распространенности можно выделить в отдельный класс.

2. Основные трудности решения задач выбора связаны с недостатком информации в условии задачи и преимущественно неформализованным представлением знаний в источниках информации.

3. В качестве формализмов представления знаний в моделях задач выбора можно использовать таблицы соответствий и продукционные правила. Предложены методы извлечения и формализации знаний, содержащихся в литературе и необходимых для решения задач.

4. Разработаны принципы организации интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах выбора в форме гибридной ЭС. Программно реализована компьютерная система для моделирования задач выбора на основе таблиц соответствий, которая может быть использована для решения задач в разных предметных областях. Система отличается простотой и удобством работы для пользователей разного уровня.

Список литературы

1. Власов, В. В. Общая теория решения задач. (Радиология). – М. : Изд-во ВЗПИ, 1990. – 125 с.
2. Фридман, Л. М. Основы проблемологии. – М. : СИНТЕГ, 2001. – 228 с.
3. Лазарсон, Э. В. Развитие теории решения задач выбора // Вестник ПГТУ. – 2001. – № 4. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2001. – С. 66–71.
4. Лазарсон, Э. В. Модели представления и решения задач выбора на основе таблиц соответствий (с примерами из области сварки). – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2000. – 74 с.
5. Горанский, Г. К. Алгоритм поиска решений при функциональных, всюду определенных сюръективных соответствиях // Вычислительная техника в машиностроении. – Минск : ИТК АНБССР, 1966, октябрь. – С. 3–36.
6. Горанский, Г. К. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства / Г. К. Горанский, Э. И. Бендерова. – М. : Машиностроение, 1981. – 456 с.
7. Ньюэлл, А. GPS-программа, моделирующая процесс человеческого мышления / А. Ньюэлл, Г. Саймон // Вычислительные машины и мышление. – М. : Мир, 1967. – С. 283–301.
8. Убейко, В. М. В. Экспертные системы в технике и экономике / В. М. Убейко, В. В. Убейко. – М. : Изд-во МАИ, 1992. – 239 с.
9. Искусственный интеллект : справочник. В 3 кн. – Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / под ред. Э. В. Попова. – М. : Радио и связь, 1990. – 464 с.
10. Ярушкин, Б. И. Инструментальные средства «САПР-эксперт» и опыт их реализации для создания экспертной системы в области сварки / Б. И. Ярушкин, Л. А. Пермяков, Э. В. Лазарсон // САПР и микропроцессорная техника в сварочном производстве. – М. : МДНТП, 1991. – С. 40–42.
11. Танаев, В. С. Синтез граф-схем алгоритмов выбора решений / В. С. Танаев, М. П. Поварич. – Минск : Наука и техника, 1974. – 112 с.