
Система поддержки принятия технических и управленческих решений

Токарев В.В.

Доцент ВолгГТУ, директор НП ЦСМИ «Аналитик»

Хмелев Н.Г.

Начальник группы САПР ОАО «Энергосетьпроект» РАО «ЕЭС России»

Абрамов А.В.

Магистрант ВолгГТУ



The authors of article tell about their experience in developing of supporting systems for technical and managerial decisions which provide obtaining of missing knowledge with minimum spends. The method authors offer is based on using of hierarchical AND-OR trees that are present expert knowledge of specific scientific or practical sphere. The description of created decision support system is given. Its effectiveness in practical experience and the lines of further improving are demonstrated.

При разработке проектных решений на ранних стадиях проектирования технических объектов в настоящее время достаточно широко используются системы поддержки принятия решений (в том числе экспертные системы). Известно

достаточно много концептуальных подходов, которые могут являться основой при разработке систем поддержки принятия решений – от использования аналитических моделей [7, С.46] и методов численной оптимизации [2, С.131] до эв-

ристических методов и экспертных систем [1; 5; 7, С.47].

Одним из достаточно распространенных методов поддержки принятия решений на ранних стадиях проектирования является метод морфологического синтеза на иерархических деревьях [3; 6], который был положен в основу программного комплекса «Система синтеза технических решений» (ССТР), разработанного в начале 90-х годов на кафедре САПР ВолГТУ. Опыт эксплуатации ССТР как в рамках учебного процесса, так и при решении практических задач, позволил сделать вывод о том, что, несмотря на достаточную перспективность и продуктивность использованных подходов, система обладает рядом ограничений, делающих невозможным ее широкое применение при решении практических задач. К числу таких ограничений относятся, в первую очередь, следующие:

- ССТР рассчитана на работу под управлением MS-DOS в режиме «командной строки». В настоящее время (при абсолютном доминировании графических оболочек) такой интерфейс критично неудобен для пользователя.
- Имеются ограничения на число вершин и требований, делающие невозможным использование системы при решении большинства задач синтеза сложных (имеющих большое число элементов и сложную структуру) систем.

- При оценке вершин по требованиям используется абстрактная шестибалльная шкала. Единственный способ проверки соответствия вершин высказанным требованиям – проверка условия «больше либо равно требованию» для каждого из элементов декартова произведения множества вершин и множества требований.

Наиболее серьезным из ограничений, очевидно, является последнее. Даже в тех предметных областях, где требования могут быть выражены в «хороших» шкалах и существует количественная мера соответствия свойствами вершин И-ИЛИ дерева, и требованиями, предъявляемыми к решению, системный аналитик вынужден искусственно «схлопывать» шкалу оценок с тем, чтобы его (или экспертов) представления о предметной области могли «уложиться» в жесткие рамки требований системы. Кроме того, использование столь «грубой» шкалы подчас приводит к тому, что ССТР при задании нежестких требований находит чрезвычайно большое число возможных решений. При незначительном ужесточении требований задания число допустимых решений сокращается до нуля, хотя, реально, для практических целей в исходном дереве имеется еще огромное число удовлетворительных решений.

С тем, чтобы компенсировать указанные недостатки и создать систему, достаточно удобную и эффек-

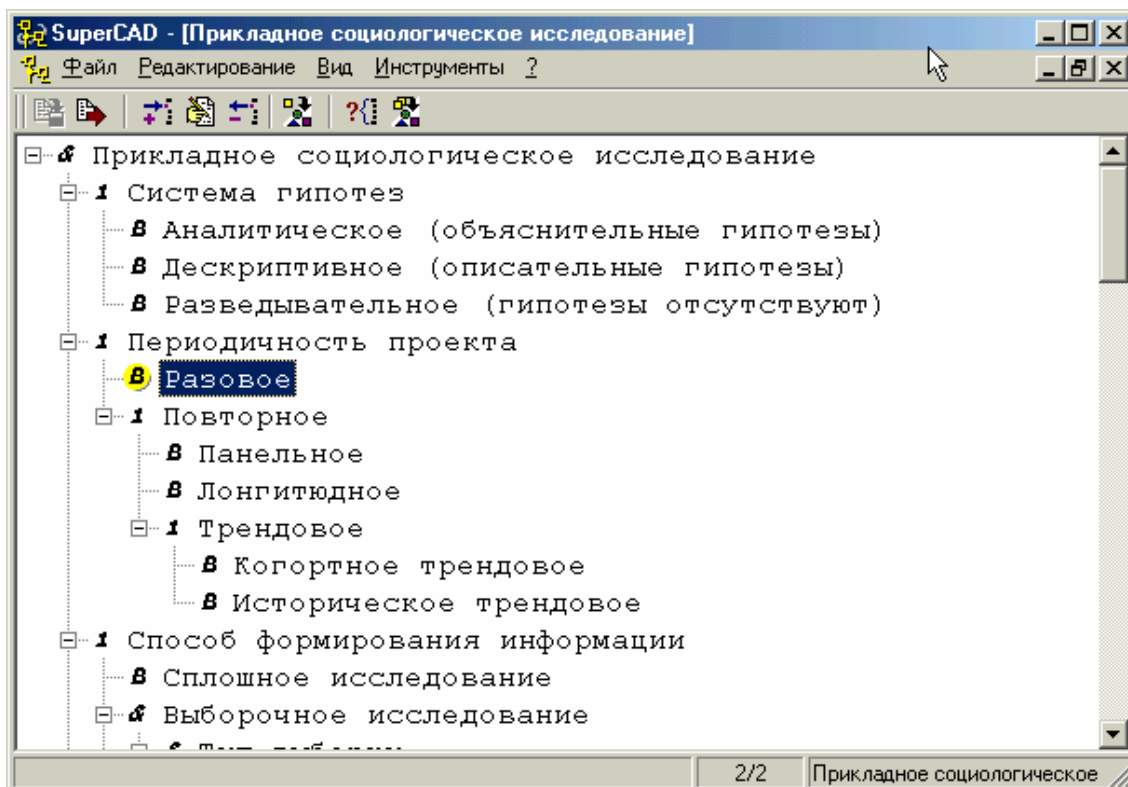
Система поддержки принятия решений

тивную при решении практических задач синтеза не только технических, но и управленческих решений, авторами была разработана и апробирована «И-ИЛИ ССР» - «Система синтеза решений на И-ИЛИ деревьях». В рамках этой системы применяются методы и алгоритмы, которые могут рассматриваться как развитие алгоритмов, разработанных ранее для ССТР. Основные отличия «И-ИЛИ ССР» от ССТР проявляются в следующем:

- Используется традиционный для Windows-приложений оконный интерфейс (рис. 1). Предусмотрена удобная система ввода и редактирования И-ИЛИ деревьев.

- Отсутствуют ограничения на число вершин И-ИЛИ дерева и число требований, предъявляемых к допустимым решениям.
- Использовано алгоритмическое обеспечение, специфика которого наиболее ярко проявляется в трех отношениях: а) предусмотрена возможность задания типов шкал, в которых представляются требования; б) развиты возможности формулировки задания на проектирование (подбор решений); в) введены критерии оценки качества возможных технических решений по интегральному признаку, представленному в шкале отношений.

Рис. 1. Общий вид экрана при работе в И-ИЛИ СТР



Кроме того, для хранения структуры И-ИЛИ дерева и матрицы соответствий «И-ИЛИ ССР» использует реляционную базу данных, доступ к которой осуществляется посредством BDE, в то время как в ССТР для этой цели использовалась система файлов специального формата. Следствием проведенных доработок стал тот факт, что в настоящее время «И-ИЛИ ССР» может эффективно использоваться не только при проектировании технических устройств, но при разработке управленческих решений (выборе рациональной структуры организации, решение задачи о назначениях [3, С.116-141], разработке креативных компонентов рекламной кампании и т.д.)

Для того, чтобы более полно представить возможности и характеристики «И-ИЛИ ССР», рассмотрим общую последовательность работы с системой.

Разработка информационной модели предметной области

На первом шаге строится иерархическая модель предметной области в виде И-ИЛИ дерева. Модель предметной области строится на основе анализа классификационной системы существующих технических и управленческих решений, апробированных технологий, известных структур. Так, на рис. 1 представлен фрагмент И-ИЛИ дерева, соответствующего предметной области «Прикладное социологическое исследование». В большинстве

практических задач И-ИЛИ дерево имеет весьма сложную структуру и включает в себя не менее трех уровней иерархии. По сути, иерархия структурирует представления системного аналитика (или экспертов) об основных закономерностях функционирования или существования предметной области.

Формулировка системы требований

В терминах «И-ИЛИ ССР» «требования» аналогичны критериям, по которым оценивается качество технического или управленческого решения. Система требований строится таким образом, чтобы достаточным образом описать возможные основания для предпочтения того или иного конкретного решения перед другими. В «И-ИЛИ ССР» существует возможность задавать требования, представленные в следующих видах шкал:

- Шкала наименований (классификационная или номинальная шкала), на которой определено отношение эквивалентности (принадлежности к классу). Примером требования, измеренного в номинальной шкале для предметной области «Прикладное социологическое исследование» является признак «Сфера применения» (шкальные значения - «Политические исследования», «Социально-психологические исследования», «Маркетинговые исследования» и т.д.)

Система поддержки принятия решений

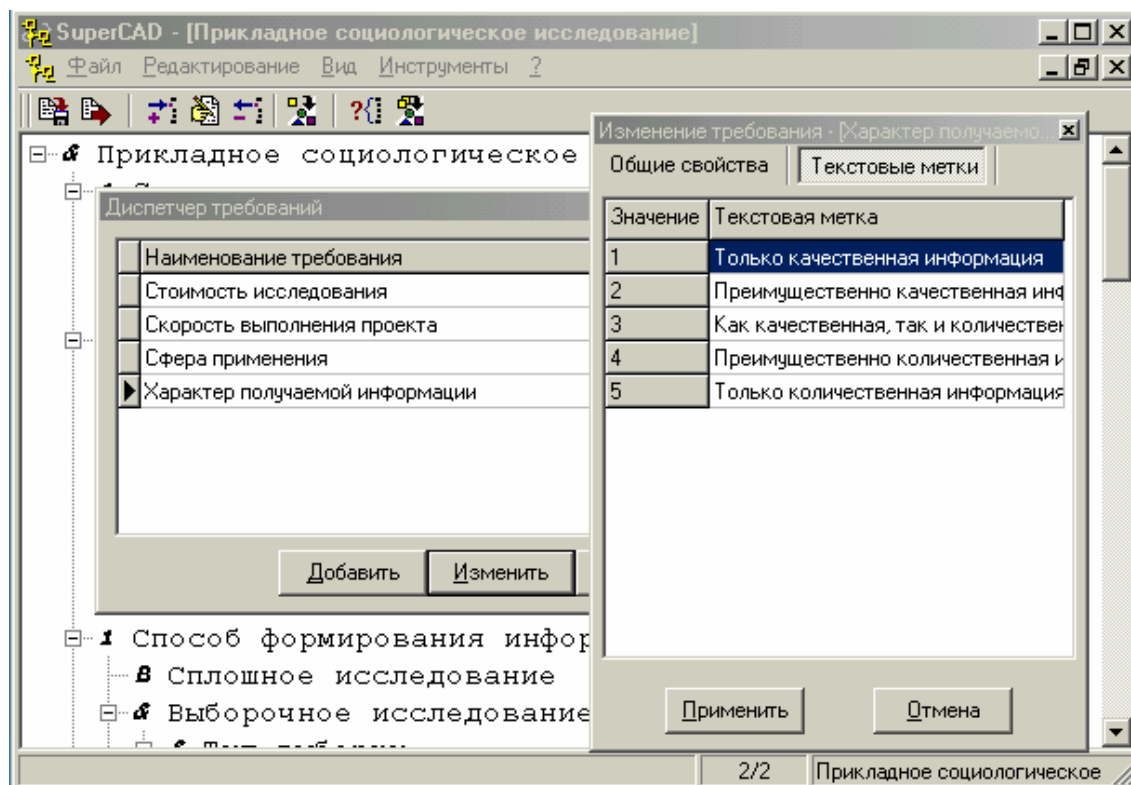
- Порядковая (ординальная, ранговая) шкала, на которой определены отношения вида «больше» или «больше или равно». Примером требования, представленного в шкале отношений, является требование «Стоимость исследования» (шкальные значения от «Очень низкая» до «Очень высокая»).
- Интервальная шкала, для которой допустимыми являются положительные линейные преобразования. Примером признака, представленного в интервальной шкале, может являться «год рождения (создания, разработки)».
- Шкала отношений, для которой допустимыми являются преобра-

зования подобия. В качестве примеров признаков, представленных в шкалах отношений, могут рассматриваться стоимость исследования (в рублях), срок исследования (в месяцах), погрешность результатов (в процентах), охват аудитории (в тыс. человек или в процентах).

Очевидно, наиболее удобными в работе являются шкалы отношений. К сожалению, далеко не всегда при решении практических задач удастся свести используемые требования к такому типу шкалы.

На рис. 2 приведен общий вид экрана компьютера в режиме задания требований.

Рис. 2. Общий вид экрана при работе в И-ИЛИ ССР в режиме задания требований



Построение матрицы соответствий

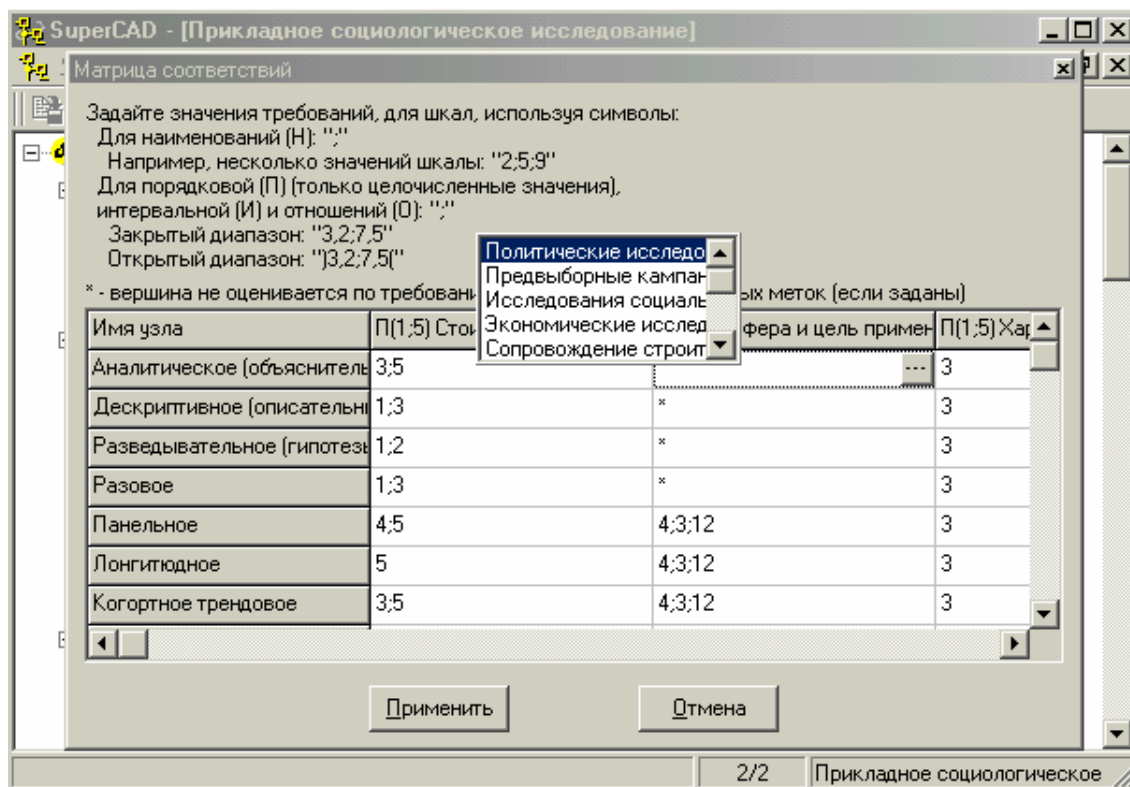
Матрица соответствий содержит оценки висячих вершин дерева решений по введенным требованиям (строки матрицы соответствуют висячим вершинам дерева решений, столбцы – предъявляемым требованиям).

По сути, матрица соответствий является основным элементом системы и определяет качество предлагаемых системой решений. От того, насколько полной и точной является информация, содержащаяся в матрице соответствий, зависит эффективность работы «И-ИЛИ ССР» в режиме синтеза решений. На

рис. 3 приведен общий вид экрана компьютера при работе в режиме заполнения матрицы соответствий.

Заполнение матрицы соответствий является последним шагом в описании предметной области. Совокупность И-ИЛИ дерева, списка требований и системы оценок «висячих вершин» дерева по требованиям представляет собой законченную информационную модель и может экспортироваться из системы для передачи пользователю (заказчику). Корректно построенная информационная модель имеет самостоятельную ценность и может применяться пользователями, которые не являются экспертами в данной предметной области.

Рис. 3. Общий вид экрана при работе в «И-ИЛИ ССР» в режиме определения матрицы соответствий



Система поддержки принятия решений

Синтез решения

Заданием на синтез решения являются значения (наборы или диапазоны значений) требований. В процессе поиска решения на дереве выделяются все возможные комбинации висячих вершин (и, соответственно, ветвей дерева, «ведущих» к этим вершинам), удовлетворяющие заданным требованиям.

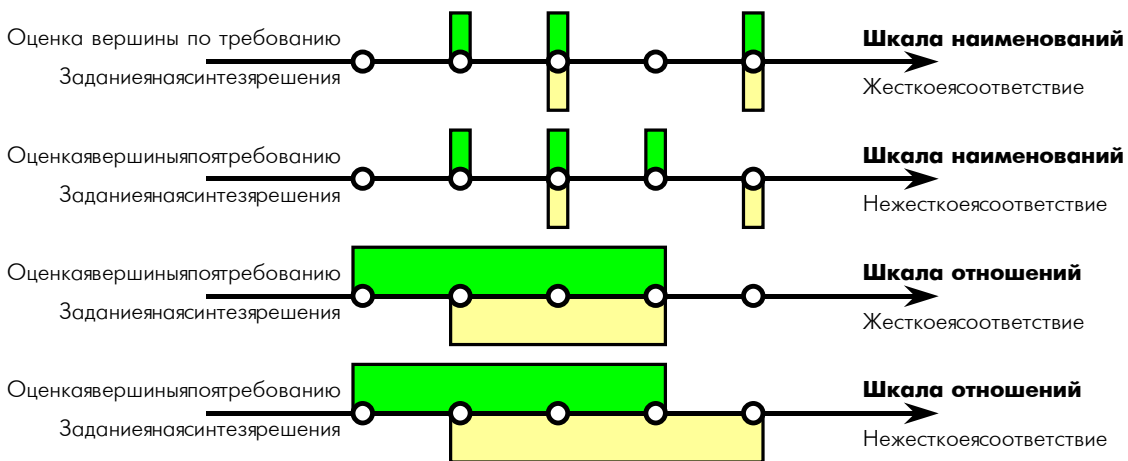
Возможность задания требований определяется используемым типом шкал. Так, например, на требованиях, представленных в номинальной шкале, допустимым является только отношение эквивалентности (на дереве отбираются вершины с определенным значением или значениями требования). На требованиях, представленных в ранговой и более высоких типах шкал, допускается задание «закрытого» или «открытого» диапазона значений.

С тем, чтобы обеспечить возможность более эффективного поиска

всех возможных решений, в ССР введены понятия «жесткого» и «нежесткого» соответствия вершины требованию. Удобнее всего проиллюстрировать эти понятия с помощью схемы, представленной на рис. 4. Общее «качество решения» оценивается с помощью коэффициента, который представляет собой отношение числа «жестких» соответствий к общему числу проведенных проверок (очевидно, это число равно произведению количества требований на общее число висячих вершин в дереве конкретного решения).

Опыт работы в системе синтеза позволяет сделать вывод о том, что чем более «чуткими» являются шкалы, в которых представлены требования, тем реже встречаются ситуации, в которых незначительное ужесточение требований приводит к значительному (от десятков и сотен до нуля) сокращению числа допустимых решений.

Рис. 4. Схема, иллюстрирующая понятие «жесткого» и «нежесткого» соответствия вершин требованиям



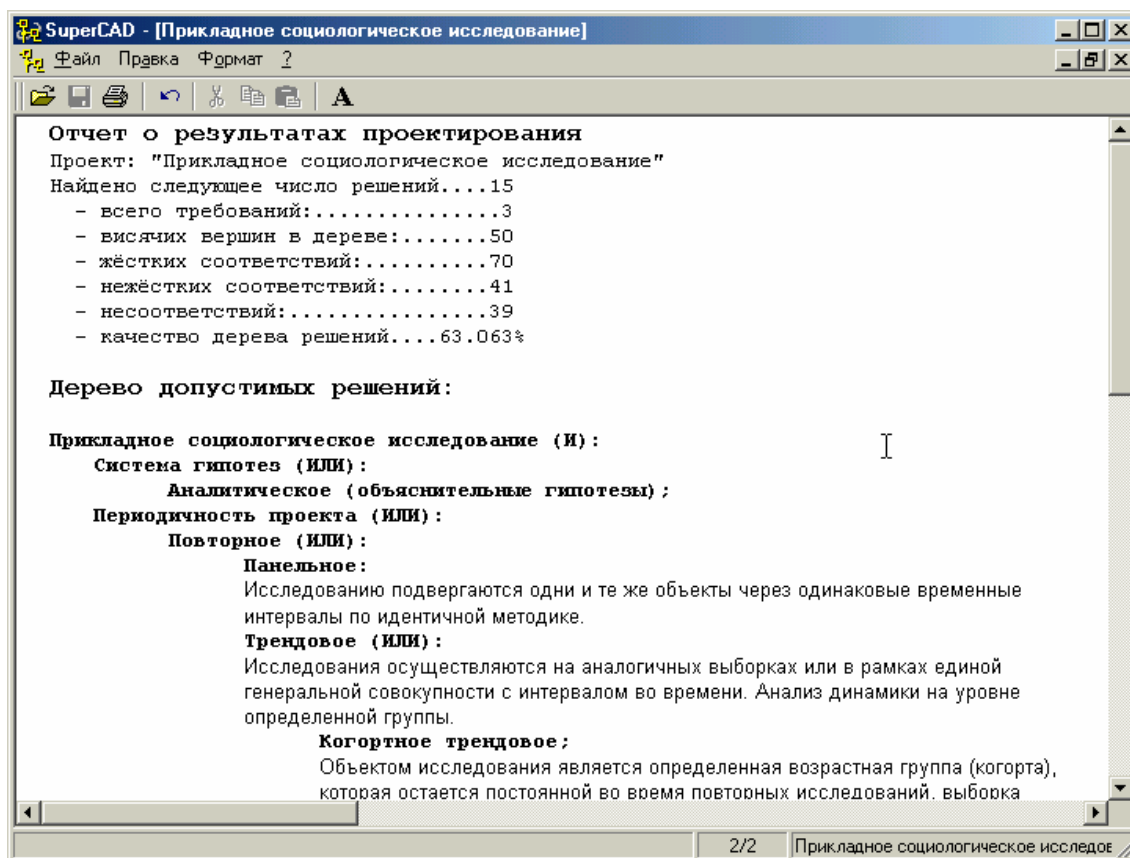
Система поддержки принятия решений

На рис. 5 приведен общий вид экрана компьютера при работе в «И-ИЛИ ССР» в режиме просмотра результатов синтеза. Можно отметить, что у разработчика системы имеется возможность сопровождать создание иерархической модели предметной области текстовыми комментариями, которые включаются в отчет о результатах синтеза и облегчают пользователю восприятие результатов работы системы.

В настоящее время проходит тестирование «И-ИЛИ ССР» в условиях реальной работы и в рамках учебного процесса. Тестирование проводится на примере двух предмет-

ных областей. Предметная область «Прикладное социологическое исследование» служит для тестирования работоспособности и эффективности системы при решении задач «гуманитарного проектирования». Кроме того, на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» ВолгГТУ проводится разработка СППР «Шпиндельный узел металлорежущего станка» на базе «И-ИЛИ ССР». Несмотря на то, что в настоящее время система подтвердила свою эффективность, очевидной стала необходимость дальнейших доработок алгоритмического и программного обеспечения «И-ИЛИ ССР».

Рис. 5. Общий вид экрана при работе в «И-ИЛИ ССР» в режиме просмотра решения



Система поддержки принятия решений

Наиболее актуальными направлениями дальнейшей разработки авторам представляются следующие:

- Дополнение «И-ИЛИ ССР» алгоритмами оптимизации на И-ИЛИ деревьях по упорядоченному множеству требований, представленных в «хороших» шкалах (ранговой, интервальной, относительной). Требования, представленные в номинальной шкале, при таком подходе рассматриваются в качестве параметрических ограничений.
- Введение в систему «кумулятивных» требований (например, «стоимость», «продолжительность», линейные размеры), которые определяются для конкретного решения как функция (например, сумма, среднее значение, медиана) оценок вершин дерева по этим требованиям.
- Разработка интерпретатора формального языка определения матрицы соответствий и постановки задачи проектирования. В настоящее время значения требований (как при создании матрицы соответствий, так и при формулировке задачи синтеза) могут задаваться лишь в виде открытого или закрытого диапазона. Для расширения возможностей системы необходимо ввести возможность определения требований с использованием логических операций и операций на множествах (принадлежность, включение, отрицание и т.д.).

- Разработка аппарата оценки допустимости присутствия в одном решении висячих вершин, находящихся в разных ветвях типа «И». Так, например в рамках одного решения в предметной области «Прикладное социологическое исследование» могут присутствовать вершины «социометрия» в ветви «метод исследования» и «случайный отбор» в ветви «способ формирования выборки». На практике же использование методов социометрии является корректным лишь при применении сплошного отбора. Таким образом, необходима разработка аппарата возможности одновременного присутствия вершин в синтезированном решении.
- Разработка экспертных методик создания моделей предметных областей (разработки И-ИЛИ деревьев и заполнения матриц соответствий). Имеющийся опыт позволяет предположить, что одним из наиболее эффективных способов преобразования экспертного знания в формальную И-ИЛИ структуру может являться итеративный метод экспертной оценки, известный как метод Дельфи [4, С.27-75].

Центром «Аналитик» накоплен некоторый опыт использования «И-ИЛИ ССР», свидетельствующий о ее эффективности. В частности, эта система применялась при разработке программы исследования «Концепция устойчивого развития Волгограда. Стартовые условия (компонент «Качество жизни населения»)».

Литература

1. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А.Гаврилова, В.Ф.Хорошевский - СПб: Питер, 2000. – 384 с.
2. Воинов Б.С. Информационные технологии и системы: Монография. В 2 кн. Книга 1. Методология синтеза новых решений. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 2001. – 404 с.
3. Воинов Б.С. Информационные технологии и системы: Монография. В 2 кн. Книга 2. Прикладные системные исследования. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 2001. – 272 с.
4. Мартино Дж. Технологическое прогнозирование – М.: Прогресс, 1977. – 591 с.
5. Половинкин А.И., Чумаков Г.С. Поисковое проектирование и конструирование станочных приспособлений: Учебное пособие – Волгоград: ВПИ, 1987. – 133 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: «Радио и связь», 1993. – 320 с.
7. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: Научно-практическое издание. Серия: «Информатизация России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.