

3.7. ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ (ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ)

Терелянский П.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы в экономике»

Волгоградский государственный технический университет

В статье рассматриваются программные системы поддержки принятия решений (СППР), которые были разработаны на кафедре «Информационные системы в экономике» Волгоградского государственного технического университета. На первом этапе исследований СППР не являлись самостоятельными программными продуктами, и встраивались в программные комплексы поддержки изобретательства. Анализ использования разработанных программных комплексов показал необходимость создания самостоятельных универсальных программных СППР для решения широкого круга социо-экономических задач. Были разработаны СППР поддерживающие основные методы теории нечетких множеств и все алгоритмы метода анализа иерархий. На сегодняшний день коллективом кафедры ведется постоянные исследования, направленные на улучшение характеристик СППР и выявления новых потребностей экспертов.

Начало разработкам программных систем поддержки принятия решений (СППР) в научной школе кафедры «Информационные системы в экономике» Волгоградского государственного технического университета было положено в работе А.В. Андрейчикова [10]. Программный модуль, реализующий попарную оценку альтернативных вариантов, предполагалось встроить в состав автоматизированной системы для усечения множества генерируемых решений. Позже эта задача была решена Д.Е. Декатовым [7, 20]. Автоматизированная СППР состояла из блока расчета векторов приоритетов альтернатив, подсистемы хранения информации о решаемых задачах и графического интерфейса, позволяющего моделировать в диалоговом режиме иерархическую структуру оценки критериев и альтернатив. Расширению функциональных возможностей данной подсистемы принятия решений была посвящена в частности работа Р.М.-Р. Бахмудова [19]. В этой работе с помощью подсистемы принятия решений осуществлялся выбор наилучших синтезированных технических решений. При этом экспертом могла разрабатываться система оценки вариантов на основе метода анализа иерархии, включающая характеристики повышающие конкурентоспособность изделия. В результате выполнения данной процедуры, на основе множества оценок альтернативных вариантов, рассчитывалась эффективность решений, по которой эксперт определял множество решений для дальнейшей работы с ними. Анализ применения данных автоматизированных систем, проведенный О.Н. Андрейчиковой [18], показал необходимость создания отдельных универсальных СППР, не являющихся составными или интегрированными частями других программных комплексов. Созданию универсальных СППР посвящены работы А.М. Шахова [41] и П.В. Терелянского [38]. Программная система А.М. Шахова базировалась на применении методов теории нечетких множеств. СППР представляла пользователю-эксперту удобный интерактивный инструмент для решения задач

оценки альтернатив на основе пересечения нечетких множеств, нечеткого отношения предпочтения, на основе ранжирования альтернатив с использованием правила нечеткого вывода, аддитивной свертки, позволяла осуществлять выбор на множестве лингвистических векторных оценок. Программная система П.В. Терелянского полностью реализовывала все теоретические основы метода анализа иерархий, включая методы попарного сравнения элементов иерархии, оценку на основе лингвистических стандартов, маргинальных приоритетов и метод линейного нормирования количественных величин, а также метод прогнозирования на основе динамических парных оценок, метод улучшения согласованности экспертов, методы анализа и поиска сходных задач в базе данных.

Первая серьезная проработка концепций построения СППР была осуществлена Декатовым Д.Е. [1, 2-4, 7, 8]. Предполагалось создать интегрированную систему, представляющую собой технологию автоматизированного проектирования виброзащитных систем (ВЗС). Для оценки конструктивной и экономической оптимальности синтезированных технических решений по показателям качества потребовалась разработка системы оценки P , в соответствии с принципами метода анализа иерархий. В результате выполнения данной процедуры, формировалась информация о приоритете альтернатив $I_{пр}$ и множество их оценок. Доработка полученного технического решения выполнялась на основе описания по конструктивно-функциональным признакам $K_{ФМС}$ и результатам экспертного анализа потребительских качеств P' .

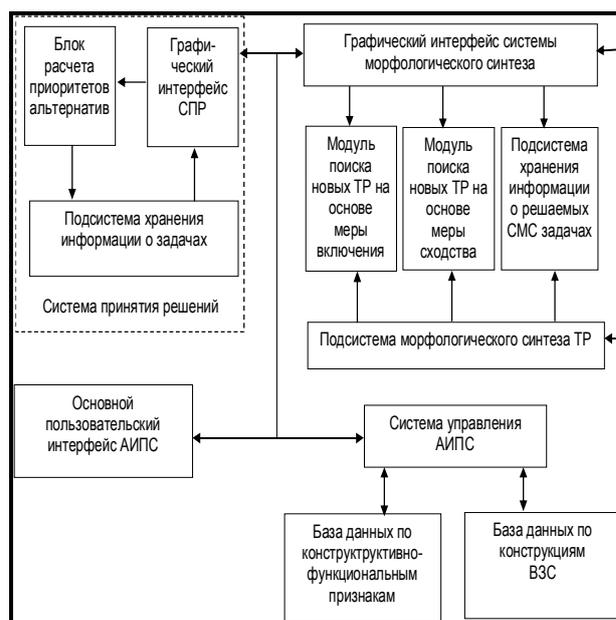


Рис. 1. Принципиальная модель программного комплекса¹

Разработанная Декатовым Д.Е. модель программного комплекса является развитием принципов технологической модели проектного процесса. На рис. 1 приведена принципиальная схема программного комплекса. Автоматизированная система принятия решений (АСПР) состоит из блока расчета векторов приоритетов альтерна-

¹ АСПР – автоматизированная система принятия решений; СМС – система морфологического синтеза; АИПС – автоматизированная информационно-поисковая система.

тив по методу анализа иерархии с различным числом альтернатив под критериями, подсистемы хранения информации о решаемых средствами данной системы задачах и графического интерфейса, позволяющего моделировать в диалоговом режиме систему оценки альтернатив, имеющую иерархическую структуру. АСПР, предложенная Декатовым Д.Е., является средством организации процесса экспертного оценивания и выбора рационального (с точки зрения множества экономических, конструктивных и эргономическо-эстетических показателей качества) варианта технического решения [15, 16]. АСПР реализует процедуры метода анализа иерархии [28, 29, 43]. Процесс функционирования АСПР, как средства обработки экспертной информации, можно представить в виде последовательности четырех процедур.

- Процедура 1. Данная процедура предполагает подготовку информации, необходимой для построения обобщенной оценки приоритета альтернативных вариантов технических решений (ТР). Предполагается, что в первую очередь будет разработана система показателей качества, а затем будет проведено сравнение ТР и оценка весомости показателей экспертным способом.
- Процедура 2. Вторая процедура предполагает расчет значений собственного вектора для всех матриц экспертных оценок элементов системы оценки – матриц сравнительной оценки альтернатив относительно показателей нижнего уровня иерархии и матриц сравнительной оценки для показателей, конкретизирующих показатель, относящийся к более высокому уровню иерархии.
- Процедура 3. Третья процедура предполагает расчет степени приоритета альтернатив на основе вычисленных, в процессе реализации второй процедуры, векторов приоритетов матриц сравнительных экспертных оценок.
- Процедура 4. Содержанием данной процедуры является представление информации о приоритете альтернатив, соответствующей их оценкам относительно показателя на высшем уровне иерархии, (он интерпретируется на этапе разработки модели оценки альтернатив как принципиальный критерий качества ТР, цель проводимых проектных исследований, которой в той или иной мере соответствуют анализируемые варианты решений).

Модель оценки альтернативных вариантов ТР имеет иерархическую структуру и принципиально определяется включаемыми ею уровнями иерархии, а также связями элементов системы оценки (показателей качества и альтернатив) в пределах одного уровня иерархии и связями с элементами смежных уровней.

Если представить все показатели, составляющие систему оценки в виде множества $P = \{P_i\}$, то принцип их организации, соответствующий этой системе, можно отразить множеством $H = \{H_{jk}\}$, где H_{jk} – номер показателя из множества P , находящийся на уровне j , а его порядковый номер в множестве показателей этого уровня – k . Если число иерархических уровней N_i , то каждому показателю $P_t \in P$, $t \in H' = \{H'_{jk}\}$, $j = 1, N_i - 1$, сложно поставить в соответствие множество подчиненных ему показателей $P^t = \{P_i^t\}$, находящихся на более низком уровне иерархий $j + 1$. Каждый показатель нижнего уровня иерархий $P_i \in P$, $i \in H'' = \{H''_{jk}\}$, $j = N_i$, связан с альтернативами из множества $A = \{A_j\}$. Каждому показателю P_i может поставлена в соответствие матрица экспертных оценок конкретизирующих его показателей M^{pi} , размерность которой $N_{sp}^{pi} * N_{sp}^{pi}$, определяется числом подчиненных P_i показателей. Для данной матрицы рассчитывается собственный вектор $V^{pi} = \{V_i^{pi}\}$, $i = 1, N_{sp}^{pi}$. Значение элемента этого вектора отражает весомость подчиненного показателя, которая будет учитываться в

процессе расчета приоритета альтернатив относительно всех показателей системы оценки. Каждому показателю нижнего иерархического уровня P_i , $i \in H'' = \{H''_{jk}\}$, $j = N_i$ можно поставить в соответствие матрицу экспертных оценок альтернатив M_A^{pi} , с которыми связан данный показатель. Для нее также рассчитывается собственный вектор V_A^{pi} . Значения его элементов отражают приоритет альтернатив относительно данного показателя.

Метод принятия решений на иерархии предполагает проведение расчетов, этапы которых соответствуют иерархической многоуровневой организации системы оценки. Определение приоритета альтернатив ведется относительно всех показателей каждого уровня иерархии, начиная с последнего. Результатом выполнения вычислительных процедур является вектор оценок альтернатив V_A^u относительно показателя высшего уровня иерархии U (цели выбора). Принцип его расчета может быть представлен формулой:

$$V_{Aj}^u = \sum_{k=1}^{N_{pi}} \left(\prod_{l=1}^{N_l} V_{il} \right) V_{Ajk}$$

где

V_{il} – значение элемента собственного вектора, соответствующее показателю, находящемуся на уровне иерархии l ;

N_l – число уровней иерархии в системе оценки;

N_{pi} – число показателей на последнем N_i уровне иерархии;

V_{Aj}^k – оценка приоритета альтернативы $A_j \in A$, относительно каждого нижнего уровня иерархии, с которым она связана, номер показателя на уровне иерархии $l - i$. Изменяется с учетом его взаимосвязи с показателями смежных иерархических уровней. Для двух смежных уровней l и $l + 1$, где $l \neq N_i$, $i_{l+1} < N_{sp}^{il}$, где N_{sp}^{il} – число показателей, конкретизирующих показатель с номером il , если в конструкцию $\prod_{l=1}^{N_l} V_{il}$ вошел показатель с номером i_{l+1} , то следующим, в нее войдет показатель с номером $i_{l+1} + 1$. Если показатели, подчиненные показателю с номером i_l исчерпаны, то с уровня $l + 1$ в множество произведений войдут показатели, подчиненные показателю с номером i_{l+1} . Если все показатели с номером $l + 1$ учтены в процессе построения обобщенной оценки приоритета альтернатив, то уровень l рассматривается как подчиненный уровню $l + 1$.

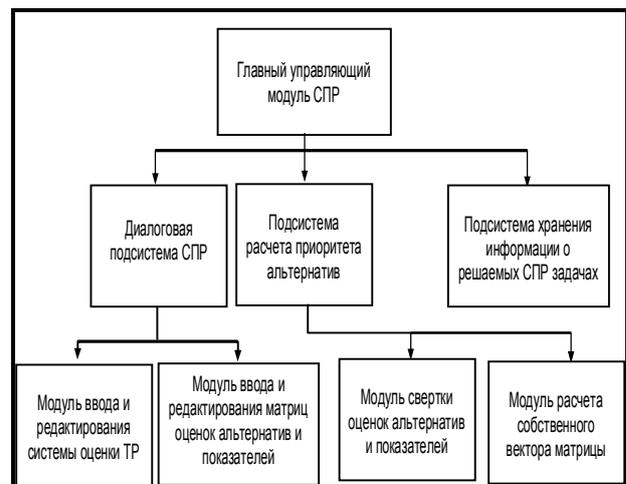


Рис. 2. Принципиальная структурная схема АСПР

Принципиальная структурная схема программной организации АСПР представлена на рис. 2. Автоматизированная система принятия решений была реализована на языке программирования Turbo C++ 1.0 для операционной системы DOS 5.0, Windows 3.11 for Workgroups и выше.

Исследования, проводившиеся под руководством д.т.н., проф. Андрейчикова А.В. сначала на кафедре «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» Волгоградского государственного технического университета [15, 16, 17], а затем и на кафедре «Информационные системы в экономике» [5, 6, 13], анализ смежных проводимых разработок [2, 4, 42], дали возможность Бахмудову Р.М.-Р. разработать методику поиска оптимальных технико-экономических решений с применением методов многокритериальной оценки [9]. На основе положительного опыта создания интегрированных программных средств, общей информационной базы, выделенные проблемы целесообразно было решать в рамках единой автоматизированной системы оценки и систематизации виброзащитных устройств (ВЗУ). Анализ решаемых с участием системы задач, входных и выходных данных, выполняемых прикладных функций, позволил сделать вывод, что автоматизированная система оценки и систематизации должна включать в себя информационные массивы, средства их наполнения и ведения, а также функциональные компоненты, являющиеся инструментами для решения задач.

Информацию (информационные массивы, данные), с которой работает автоматизированная система можно разделить на следующие типы:

- большие связанные массивы данных, хранящие сведения о предметной области, экспертные данные и т.п. – те, от которых зависит функционирование системы, и создание которых достаточно трудоемко, поэтому они должны храниться все время эксплуатации системы;
- данные, существование которых связано с эксплуатацией системы человеком, ведущим решение задачи;
- данные, существование которых определяется особенностями программно-алгоритмической реализации.

К этим данным относятся следующие массивы.

1. Пространство значений признаков (рис. 3). Каждое значение признака содержит уникальный номер, наименование значения признака, его тип (конструктивный, функциональный, без типа), текстовый комментарий и графическое изображение.
2. Семантическая сеть предметной области (рис. 4). Каждая вершина семантической сети содержит номер, название конструктивного или функционального признака, множество значений признаков и правил перехода на следующую вершину при выборе признака.
3. Массив технических решений ВЗУ (рис. 5). Каждое решение размещено под уникальным номером, описывается множеством значений конструктивных и функциональных признаков (поисковый образ), содержит сведения о соответствующем ему (решению) изобретении:
 - классификационный код;
 - страна;
 - номер авторского свидетельства;
 - год изобретения;
 - описание изобретения;
 - графическое изображение изобретения.
4. Список критериев качества. Каждый содержит уникальный для критерия номер, наименование, текстовый комментарий, если необходимо – графическое пояснение.
5. Массив данных экспертных оценок кластеров технических решений по критериям качества (рис. 6). По каждому критерию оценка представляет собой относительную значимость кластера технических решений, определяемого выбором значения признака в вершине семантической сети.

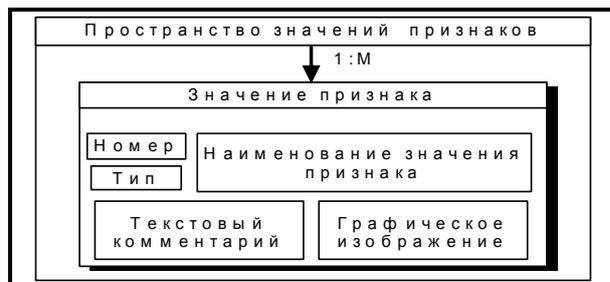


Рис. 3. Пространство значений признаков



Рис. 4. Содержание семантической сети

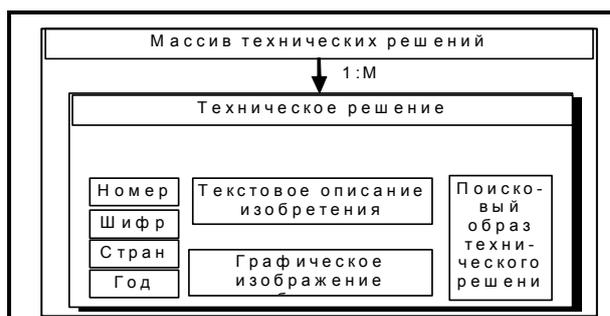


Рис. 5. Содержание массива технических решений

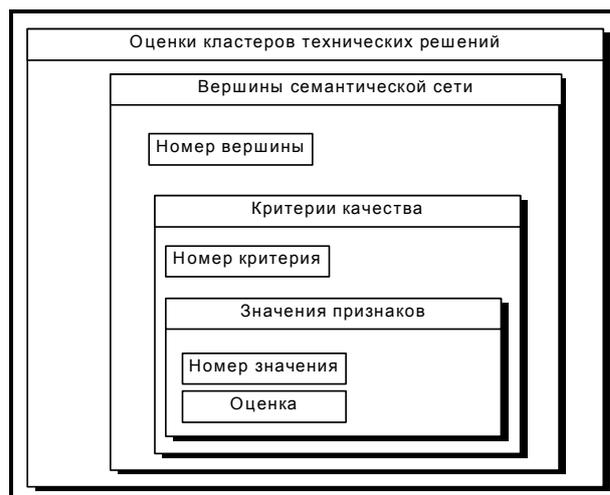


Рис. 6. Оценки кластеров технических решений

Исходя из того, что первичные информационные массивы системы являются ресурсом общим для многих пользователей, а процесс решения задачи каждым

пользователем состоит из нескольких сеансов, то система должна обеспечивать разделение и хранение результатов каждого пользователя от сеанса к сеансу. В системе можно выделить три комплексные процедуры для решения задач (рис. 7):

- процедуру составления запроса;
- процедуру поиска технических решений;
- процедуру выбора технических решений.

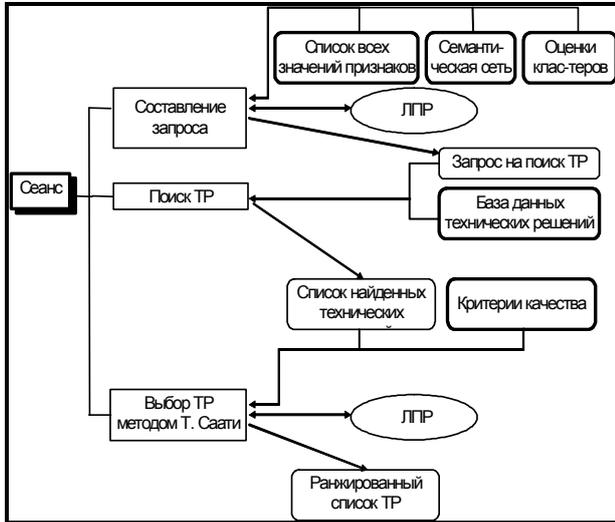


Рис. 7. Обобщенная схема связи процедур по данным

Согласно методике [19], запрос на поиск ТР включает в себя обязательное множество значений конструктивных признаков K , обязательное множество значений функциональных признаков F , множество значений конструктивных k и функциональных f признаков для поиска по мере сходства, весовые коэффициенты значимости конструктивной Ck и функциональной Cf запросной части. Каждое найденное в базе данных техническое решение представляет уникальный номер, поисковый образ, состоящий из значений конструктивных и функциональных признаков, и, обязательно, значение вычисленной меры сходства с запросом. В ранжированном списке технических решений, каждое представлено номером, наименованием и вычисленной оценкой, которая и позволяет судить о предпочтении данного ТР. Если рассмотреть процедуру составления запроса, то только множество значений признаков может быть составлено тремя способами: путем прямого указания значений признаков, выбором их в диалоге на семантической сети, в том числе с использованием системы принятия решений по выбору кластеров ТР. Для получения ранжированного списка ТР, также как и в предыдущей процедуре, необходимо активное привлечение экспертов, которые выбирают критерии, оценивают их значимость, выбирают альтернативы из списка найденных ТР, оценивают альтернативы по критериям качества. Для получения более полного представления о структуре системы, декомпозиция выполняемых функций представлена на рис. 8. Ведение основных данных согласно такой схеме заключается в работе с модулями редактирования списков значений признаков, вершин семантической сети, технических решений, критериев качества, оценок кластеров ТР.

Работа со списками во всех модулях полагает стандартные операции с записями БД:

- добавление записи (создание новой);
- удаление записи;
- редактирование полей.

Работа с системой определяется выбранной конфигурацией: ее областью данных и параметрами. К области данных конфигурации относится текущий составленный запрос, список ТР найденных по этому запросу, матрица выбора технических решений, также в область данных конфигурации входит информация о состоянии выбора на диалоговой сети, список критериев качества и их значимость относительно цели.

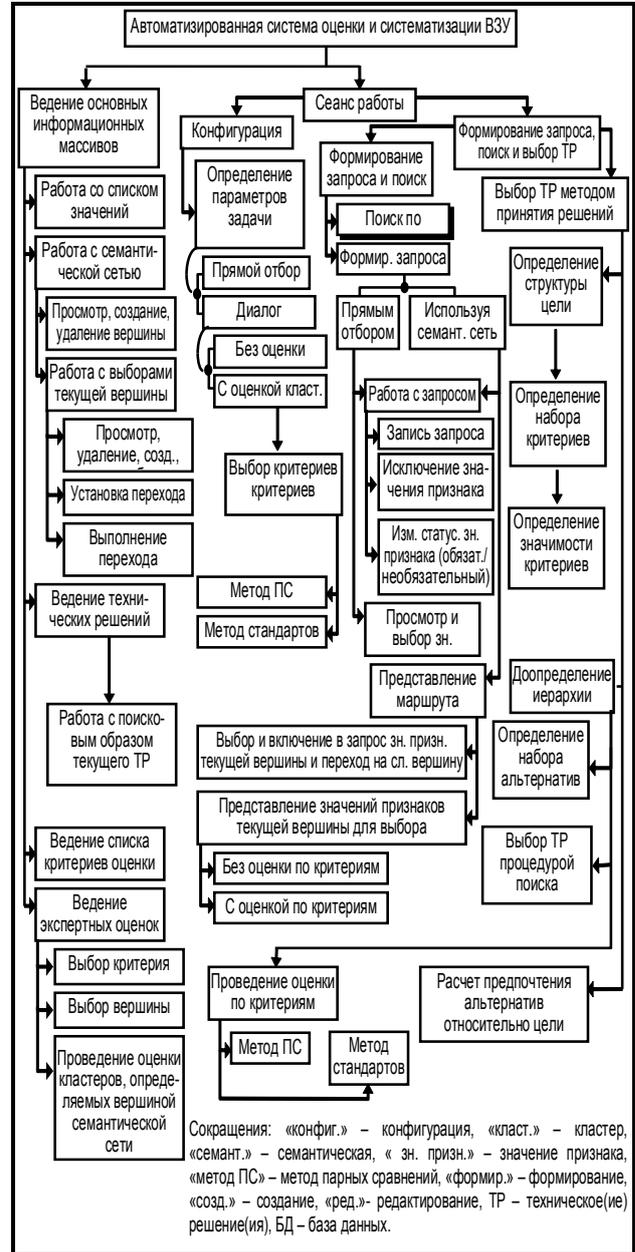


Рис. 8. Схема декомпозиции функций автоматизированной системы (фрагмент)

Для модуля выбора ТР оказалась необходимой информация о наборе критериев качества и их оценок относительно цели, наборе альтернатив ТР и их оценок относительно критериев. Эти относительные оценки вносятся методом стандартов или получаются в ре-

зультате обработки матриц парных сравнений (МПС), что предполагает их ввод, хранение и обработку специально структурированных данных (рис. 9). В разработанной методике предлагается проводить поиск ВЗС путем пошагового принятия решений при выборе значений признаков из семантической сети, включения их в обязательную часть поискового предписания, и предоставления результатов поиска. Основу выбора значений признаков из семантической сети составляет предварительно проведенная многокритериальная экспертная оценка. Цель выбора формулируется позже в виде относительной значимости критериев. На основе оценок относительно критериев и критериев относительно цели для каждого значения признака вычисляется интегральная оценка, согласно которой производится выбор. В качестве метода принятия решений используется метод анализа иерархий Т. Саати [28]. Критерии, по которым ведется оценка кластеров технических решений, определяются экспертом в начале этапа оценки. За основу берется перечень групп показателей рекомендуемые А.И. Половинкиным [26, 27]. Программное обеспечение автоматизированной системы оценки и систематизации реализовано в соответствии с «М-технологией», технологиями объектно-ориентированного проектирования, событийно-управляемого интерфейса. Модули обработки данных, функции реакции на события пользователя реализованы на 4GL языке «М» стандарта ANSI X11.1-1990. Внешний вид интерфейса реализован с использованием интегрированных структур MWAPI стандарта. В состав общесистемного программного обеспечения входит операционная платформа предоставляющая WAPI интерфейс, соответствующая платформе «М»-система с MWAPI (GUI) расширением. Данная версия разработана в системе фирмы Micronetics Inc. MSM 4.0.11 с MSM-GUI 1.0 на платформе Windows-95.

Разработанная А.М. Шаховым [40] программная система предназначена для автоматизированного оценивания большого количества альтернатив, хранящихся в базах данных, по заданной пользователем информации об окружении задачи и предпочитаемой стратегии выбора. Особенностью данной системы является то, что она реализована как самостоятельная компьютерная система поддержки принятия решений, не привязана к какой-либо предметной области и не входит в состав автоматизированных систем проектирования и поиска конструкторских решений. Основные математические методы, на основе которых осуществляется принятие решений и ранжирование альтернатив – это методы теории нечетких множеств [21, 23, 35].

Входные и выходные массивы этой программной системы можно условно разделить на следующие категории:

1. Данные о предметной области:
 - списки альтернатив и критериев;
 - экспертные оценки альтернатив относительно критериев и важности критериев;
2. Данные, вводимые пользователем для настройки системы на требования задачи:
 - список используемых при выборе критериев и информация о важности критериев;
 - подмножество альтернатив из БД;
3. Результаты работы программы, представляющие собой векторы приоритетов альтернатив.
4. Первичный анализ входной и выходной информации позволяет изобразить обобщенную схему программной системы автоматизированной оценки и выбора технических решений (рис. 9).

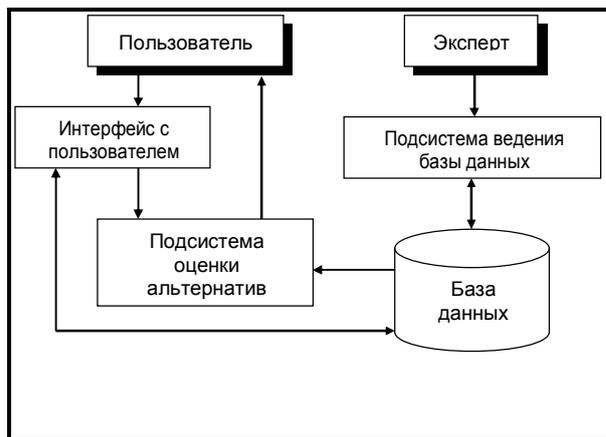


Рис. 9. Обобщенная схема программной системы

База данных представляет собой отображение предметной области с учетом постановки задачи принятия решений и включает в себя следующую информацию:

- данные о множестве альтернативных вариантов;
- данные о критериях выбора; данные о предпочтениях экспертов;
- данные об окружении задачи.

Различие в постановках задач различных методов принятия решений определяет естественное разбиение базы данных на фрагменты, содержащие информацию, достаточную для применения, по крайней мере, одного метода в рамках одной задачи (при этом под задачей как информационным объектом понимается не сеанс работы пользователя с системой, а совокупность критериев выбора и альтернатив, объединенных одной предметной областью, контекстом и целью выбора). Этих фрагментов, как и задач, может быть как угодно много, однако число типов таких фрагментов (т.е. типов задач) соответствует количеству используемых методов принятия решений с различной постановкой задачи. Можно выделить следующие типы задач.

1. Задачи, использующие для ранжирования альтернатив максимальную свертку (пересечение нечетких множеств) или нечеткое отношение предпочтения. Оценки альтернатив по критериям задаются с помощью функций принадлежности нечетких множеств, определенных экспертами. Важность критериев задается с помощью коэффициентов.
2. Задачи, использующие для ранжирования альтернатив нечеткий вывод. Оценки альтернатив по критериям задаются с помощью функций принадлежности нечетких множеств, определенных экспертами. Отношения между критериями задаются правилами, содержащими лингвистические альтернативы.
3. Задачи, использующие для ранжирования альтернатив аддитивную свертку. Альтернативы оцениваются с помощью лингвистических переменных, термы которых представляются нечеткими *L-R* числами треугольного вида. Важность критериев также оценивается лингвистическими переменными.
4. Задачи, использующие для ранжирования альтернатив отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок. Альтернативы оцениваются лингвистическими переменными с термами произвольного вида.

Необходимо отметить одинаковое описание альтернатив в первом и втором типах задач, а также совместимость оценок альтернатив третьего типа задач с четвертым (но не наоборот). Такая совместимость позволяет обеспечить автоматизированный экспорт части информации из задачи одного типа в задачу со-

вместимого с ним типа для использования различных стратегий выбора. Учитывая разбиение базы данных и анализируя используемые методы принятия решений, можно определить структуру информационных массивов. Ниже приведено описание основных понятий, на которых построена программная система поддержки принятия решений.

1. Задача

Задача (рис. 10). Содержит имя задачи, метод решения задачи, а также информацию об альтернативах и критериях, структура которой определяется методом, используемым для решения задачи.

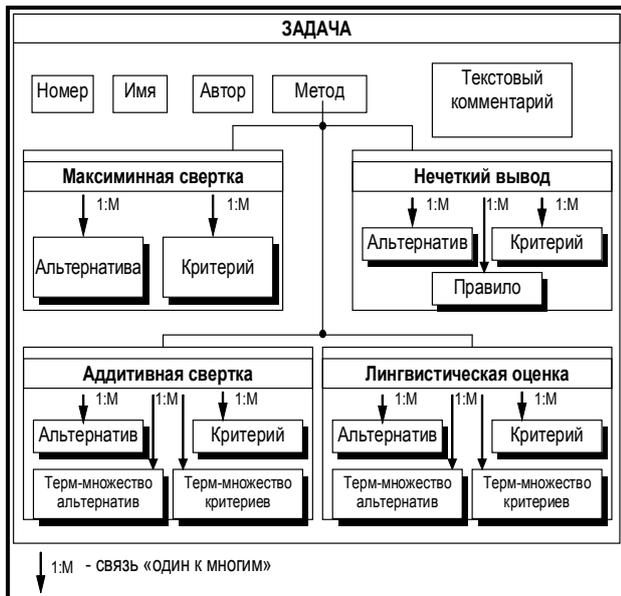


Рис. 10. Содержание понятия «задача»

2. Критерий выбора

Содержит имя критерия и экспертную информацию о его важности. Для задач, использующих аддитивную свертку или метод ранжирования альтернатив на множестве лингвистических векторных оценок, важность задается термом (рис. 11, а). Для задач, использующих нечеткий вывод, максиминную свертку и нечеткое отношение предпочтения, для критерия дополнительно определяются функция принадлежности нечеткой переменной и единицы измерения, а важность задается с помощью коэффициента важности (рис. 11, б).



Рис. 11. Содержание понятия «критерий выбора»

3. Альтернатива

Содержит имя альтернативы и ее оценки по всем критериям задачи (значение в области определения критерия для задач, использующих нечеткий вывод,

максиминную свертку и нечеткое отношение предпочтения (рис. 12, а), или терм для аддитивной свертки и метода ранжирования альтернатив на множестве лингвистических векторных оценок (рис. 12, б));

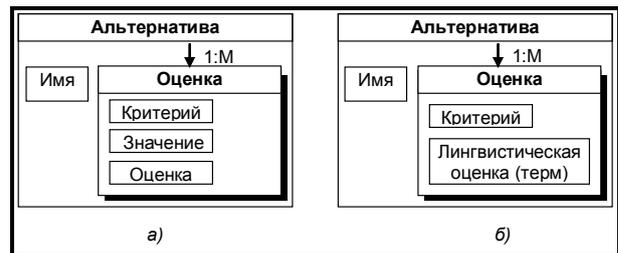


Рис. 12. Содержание понятия «альтернатива»

4. Терм-множество

Содержит лингвистические оценки (термы), используемые для оценивания альтернатив. Терм-множество определено только для аддитивной свертки и метода ранжирования альтернатив на множестве лингвистических векторных оценок.

5. Терм

Терм (лингвистическая оценка). Содержит имя термина и функцию принадлежности термина.

6. Функция принадлежности

Функция принадлежности (рис. 13). Содержит границы области определения, множество координат точек функции (абсцисса – число из области определения, ордината – число из единичного интервала) и способ интерполяции или аппроксимации функции по точкам.



Рис. 13. Содержание понятия «функция принадлежности»

7. Правило

Содержит список критериев и значений соответствующих им лингвистических переменных из фиксированного терм-множества, функции принадлежности нечетких переменных которого задаются аналитически, а также значение лингвистической переменной «Удовлетворительность», принимающей значения из того же терм-множества (рис. 14).



Рис. 14. Содержание понятия «правило»

Анализ связей сущностей, приведенных выше, позволяет предложить реляционную схему для разрабатываемой информационной модели. На рис. 15 приведена структура базы данных информационной системы. Для однозначной идентификации одноименных экземпляров информационных объектов в них был внесен атрибут «Номер», принимающий уникальные для каждого экземпляра объекта значения.



Рис. 15. Структура базы данных

Учитывая итерационный характер алгоритма принятия решений и возможность доопределения данных на всех этапах решения задачи, целесообразно не фиксировать жестко в системе порядок этапов по ее решению. Это позволяет упростить функциональные связи в системе и сделать работу пользователя с системой максимально удобной и простой. Для реализации такого подхода требуется связать реализующие этапы решения задач процедуры по данным, так как результат выполнения одной процедуры является частью входных данных для других процедур. На рис. 16 приведена обобщенная схема связи процедур по данным для задач, использующих аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок. Процедуры работы с различными информационными объектами (альтернативами, критериями, термами) включают в себя функции ввода,

отображения и корректировки массивов соответствующих объектов. Входными данными для процедуры работы с множествами альтернатив, критериев и терм-множества, а также процедуры оценивания альтернатив по критериям являются данные, определенные решающим пользователем (лицом, принимающим решения). Для задач, решаемых с помощью аддитивной свертки, элемент терм-множества представляется с помощью абсцисс трех точек функции принадлежности: левой и правой грани и вершины треугольного нечеткого числа. Для задач, использующих отношение порядка на множестве лингвистических векторных альтернатив, функция принадлежности терма представляется как множество пар чисел:

$$a/\mu(a),$$

где

a – элемент базового множества терма;

$a \mu(a)$ – значение функции принадлежности для этого элемента. Задачи, использующие аддитивную свертку, содержат два терм-множества:

- одно для оценки альтернатив;
- другое – для представления информации о важности критериев.

В таких задачах входной информацией для процедуры ввода критериев кроме экспертной информации является и терм-множество критериев.

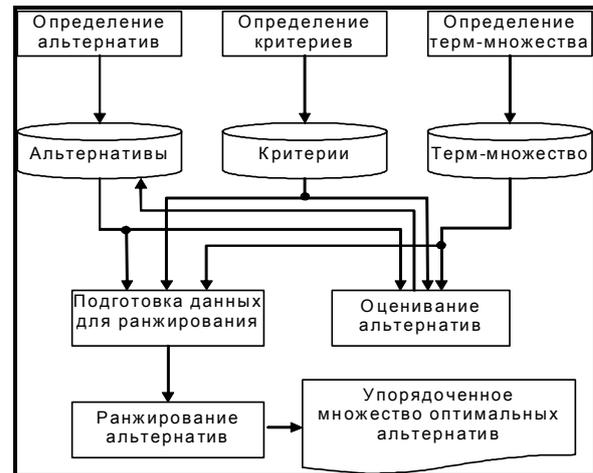


Рис. 16. Схема связи процедур по данным для задач, использующих аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок

Входными данными для процедуры экспертного оценивания альтернатив является множество самих альтернатив, множество критериев, по которым происходит оценка, и терм-множество, элементы которого используются для лингвистической оценки альтернатив. В соответствии с используемыми моделями оценки альтернатив по критериям содержат нечеткие переменные, а точнее – ссылки на соответствующие элементы терм-множества.

Входными данными для процедуры ранжирования альтернатив являются оценки альтернатив по критериям и информация о весах критериев (для аддитивного метода). Эта информация извлекается процедурой подготовки данных для ранжирования из всех фрагментов базы данных, содержащих сведения об альтернативах, критериях и терм-множествах, причем

пользователь может определить подмножество альтернатив и критериев, используемых для ранжирования. Выходной информацией процедуры ранжирования альтернатив является список наименований альтернатив и сопоставленных им оценок, упорядоченный по убыванию этих оценок.



Рис. 17. Схема связи процедур по данным для задач, использующих для ранжирования альтернатив максиминную свертку, отношение предпочтения и нечеткий логический вывод

На рис. 17 приведена обобщенная схема связи процедур по данным для задач, использующих для ранжирования альтернатив максиминную свертку, отношение предпочтения и нечеткий логический вывод. В отличие от предыдущей схемы, в рассматриваемой схеме нет процедуры оценивания критерия. Функцию экспертного оценивания принимает на себя процедура работы с критериями, где происходит построение функции принадлежности для понятия «предпочтительность» каждого из критериев. Оценка альтернативы по соответствующему критерию происходит либо автоматически при вводе ее значения и в последствии отображается на функции принадлежности, либо вводится на самой функции принадлежности. Как указывалось ранее, различие в используемых для ранжирования моделях предопределяет различие в реализации выполняющих схожие функции процедурах для каждого из методов. В первом приближении для всех моделей необходимо реализовывать каждую процедуру в виде отдельного набора модулей. Однако анализ сценариев работы и структур данных, используемых для каждой из моделей, и выявление общих черт позволяет объединить функции одноименных процедур некоторых методов. На основе анализа связей процедур, входящих в алгоритм принятия решений, была разработана обобщенная функциональная модель, отражающая организацию процедур для решения задач принятия решений. Эта модель представлена на рис. 19 в виде ориентированного графа, в котором множество вершин P соответствует процедурам решения задачи принятия решений, а множество дуг формально отражают возможные последовательности выполнения этих процедур.

Обозначения вершин соответствуют следующим процедурам:

- P_{CH} – процедура выбора задачи, с выполнения которой начинается работа с системой;
- P_A^q – процедура ввода информации об альтернативах в задачах, использующих для ранжирования альтернатив

аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок;

- P_C^q – процедура ввода информации о критериях в задачах в задачах, использующих для ранжирования альтернатив аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок;
- P_T^q – процедура определения терм-множества задачи;
- P_E^q – процедура оценки альтернатив по критериям в задачах в задачах, использующих для ранжирования альтернатив аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок;
- P_R^q – процедура подготовки информации для ранжирования альтернатив в задачах в задачах, использующих аддитивную свертку и отношение порядка на множестве лингвистических векторных оценок;
- P_A^n – процедура ввода информации об альтернативах в задачах, использующих для ранжирования альтернатив максиминную свертку, отношение предпочтения и нечеткий логический вывод;
- P_C^n – процедура ввода информации о критериях в задачах, использующих для ранжирования альтернатив максиминную свертку, отношение предпочтения и нечеткий логический вывод;
- P_U^n – процедура ввода правил, определяющих отношения между критериями в задачах, использующих для ранжирования альтернатив нечеткий вывод;
- P_P^n – процедура подготовки информации для ранжирования альтернатив в задачах, использующих максиминную свертку, отношение предпочтения и нечеткий логический вывод;
- P_{R1}^n – ранжирование альтернатив на основе максиминной свертки;
- P_{R2}^n – ранжирование альтернатив на основе отношения предпочтения;
- P_{R3}^n – ранжирование альтернатив на основе нечеткого вывода;
- P_{R4}^q – ранжирование на основе аддитивной свертки;
- P_{R5}^q – ранжирование на основе отношения порядка на множестве лингвистических векторных оценок;
- P_M – работа с функцией принадлежности.

Работа системы начинается с выбора задачи из списка задач, хранящихся в базе данных. Вызовы других процедур доступны зависимости от типа задачи. Все процедуры кроме $P_{R1}^n - P_{R5}^q$ имеют также связи с системой управления базой данных. Исходя из наличия общей функции отображения и выбора альтернативы в процедурах P_A^q (работы с альтернативами) и P_E^q (оценивания альтернатив), эта функция была оставлена только в процедуре P_A^q , при этом вызов процедуры P_E^q производится из процедуры P_A^q с передачей номера выбранной для оценивания альтернативы в качестве параметра. Еще одна общая функция – ввод и отображение в графическом виде функции принадлежности – была выделена в отдельную процедуру P_M из процедур ввода термов P_T^q и работы с количественными критериями P_C^n .

Функция принадлежности представляется в памяти ЭВМ в дискретном виде. Система позволяет вводить как угодно много значений функции в любых точках области определения, однако увеличение числа точек приводит к расходованию памяти ЭВМ и при этом не дает гарантии, что функция будет определена в любой из потребовавшихся в дальнейшем точек. Для того чтобы иметь возможность работать с введенной функцией как с непрерывной, производится аппроксимация функции. В зависимости от выбора пользователя могут применяться кусочно-линейная интерполяция или аппроксимация методом наименьших квадратов со степенным базисом. Аппроксимация производится при построении функции по точкам на экране ЭВМ, при

вводе новой альтернативы с количественными критериями (для расчета значения предпочтительности), при ранжировании на основе отношения порядка на множестве лингвистических векторных оценок.

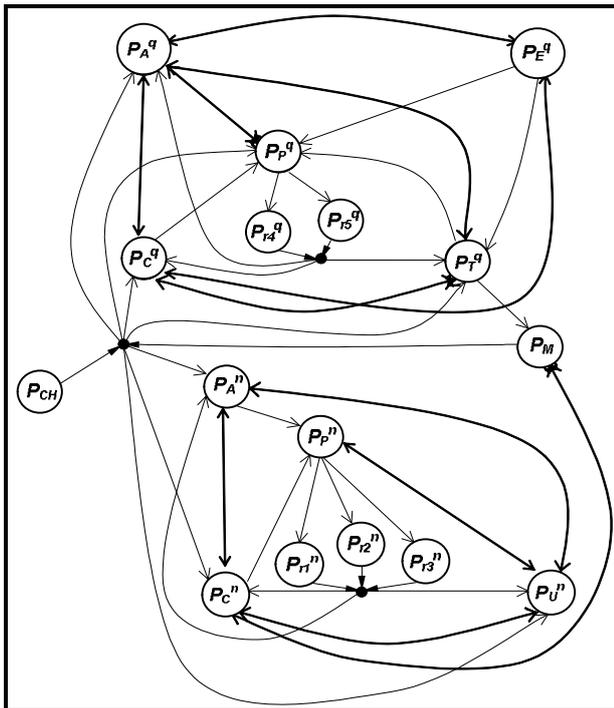


Рис. 18. Граф функциональной модели системы принятия решений

Вычисление оценок и ранжирование альтернатив производится процедурами $P_{R1}^n, P_{R2}^n, P_{R3}^n, P_{R4}^q, P_{R5}^q$. Переход к этим процедурам возможен из процедур, отвечающих за подготовку и контроль полноты данных, необходимых для ранжирования. Ниже дано словесное описание алгоритмов процедур ранжирования, используемых в системе. Процедура P_{R1}^n вычисляет степень принадлежности альтернативных вариантов множеству оптимальных альтернатив используя операцию пересечения множеств. Процедура P_{R2}^n вычисляет приоритеты альтернатив как степени их недоминирования на отношении предпочтения. Процедура P_{R3}^n вычисляет точечные значения удовлетворительности альтернатив с помощью правила нечеткого вывода. Процедура P_{R4}^q вычисляет приоритеты альтернативных вариантов с помощью аддитивной свертки. Процедура P_{R5}^q вычисляет степень предпочтительности альтернативных вариантов на множестве лингвистических векторных оценок.

Приведенная на рис. 18 функциональная модель отличается сложной структурой связей между процедурами. Кроме того, указанные дугами графа вызовы процедур могут быть выполнены только в том случае, если была обеспечена связь процедур по данным. Для упрощения связей между модулями системы и выделения в один модуль общих функций, связанной организацией вызовов процедур, в функциональную схему системы был введен модуль, обеспечивающий наряду с базой данных совместную работу всех процедур. Учитывая центральное положение этого модуля в системе, этот модуль определен как главный, с которого начинается работа системы.

Главный модуль программы выполняет следующие функции:

- на основании полученных от других модулей сообщений определяет доступные для выполнения процедуры, для которых определена требуемая входная информация; обеспечивает интерфейс с пользователем, предоставляя выбор из доступных в текущий момент времени процедур;
- запускает модули, реализующие выбранные пользователем процедуры;
- управляет работой модулей и обеспечивает интерфейс между работающими модулями системы через механизм обмена сообщениями и глобальные переменные.

Полученная в результате оптимизации функциональной модели функционально-модульная структура СППР представлена на рис. 19. Программная система разработана на языке Object Pascal в визуальной системе программирования Delphi 5.0 фирмы Borland Software Corporation с использованием библиотеки визуальных компонент VCL. Система поддержки принятия решений на основе теории нечетких множеств предназначена для работы под управлением операционной системой Windows NT/95/98/2000/Me/XP/Vista. Следует отметить, что основное применение программная система нашла для обоснования, прежде всего, социо-экономических решений и анализа задач в области стратегического менеджмента.

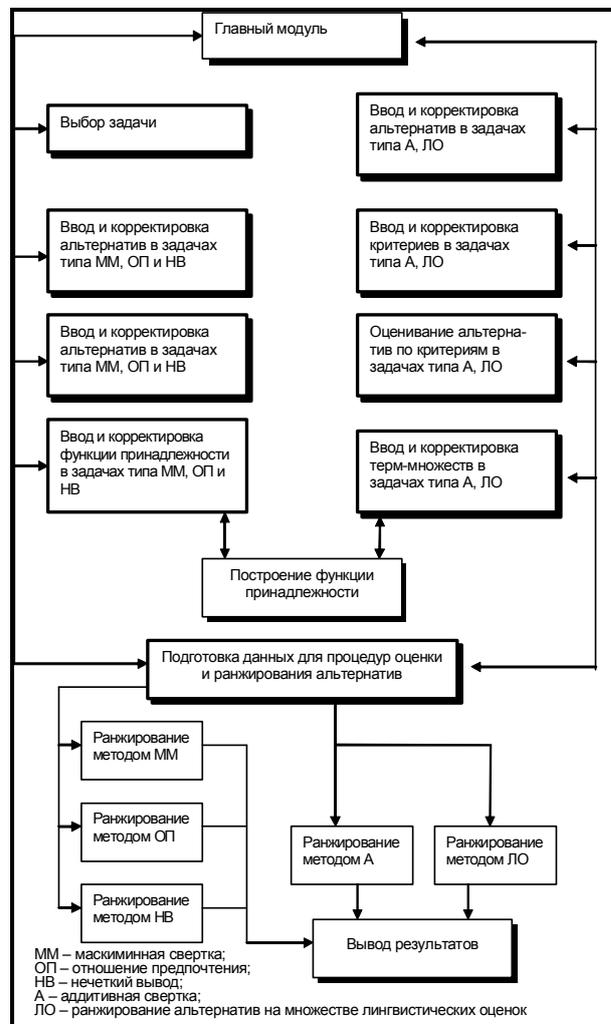


Рис. 19. Функционально-модульная структура системы

ММ – максиминная свертка;
 ОП – отношение предпочтения;
 НВ – нечеткий вывод;
 А – аддитивная свертка;
 ЛО – ранжирование альтернатив на множестве лингвистических оценок

Система поддержки принятия решений с прогнозированием динамики предпочтений была разработана П.В.Терелянским [31, 35, 36] под руководством О.Н.Андрейчиковой [12, 14]. В группу разработчиков также входили инженеры-программисты А.П.Кашеев [22] и А.Г.Дудкин. Программная система полностью реализовывает все теоретические основы метода анализа иерархий, включая методы попарного сравнения элементов иерархии, оценку на основе лингвистических стандартов, маргинальных приоритетов и метод линейного нормирования количественных величин, метод прогнозирования на основе динамических парных оценок, метод улучшения согласованности экспертов, а также методы анализа и поиска сходных задач в базе данных. При решении задачи в разработанной системе пользователь имеет возможность самостоятельно выбирать методы оценки и прогнозирования на каждом этапе решения задачи, то есть формировать произвольные сценарии решения задач. Окончательные и промежуточные результаты решения задачи сохраняются в базе данных, в которой содержится информация об элементах иерархических структур критериев, статических и динамических предпочтениях экспертов, экспертах принимающих участие в процессе решения задач, а также протоколы решения задач. Поскольку программная система изначально разрабатывалась инвариантной к области исследований, то основное направление в её применении – стратегическое и тактическое экспертное прогнозирование в социо-экономической сфере, аналитическое планирование, обоснование и поддержка принятия решений в области маркетинга и менеджмента. Базовые функции программной системы:

- предоставление пользователю возможности редактирования иерархии, возможности ввода и редактирования матриц парных сравнений,
- расчет векторов приоритетов, индексов согласованности,
- прогнозирование динамики приоритетов.

Кроме этого разработанная система предоставляет пользователю следующий набор сервисных функций:

- работа с файлами (загрузка для редактирования, сохранение под текущим или новым именем редактируемого файла);
- работа с иерархией задачи;
- работа с оценками;
- работа с файлами результатов.

Логически и функционально компьютерная система разделена на четыре основных блока (рис. 20 и 22):

- алгоритмическое ядро;
- базу данных;
- блок подготовки отчетов и блок диалога с лицом, принимающим решения (ЛПР).

Взаимодействие блоков осуществляется через соответствующие интерфейсы, задача которых упорядочить потоки внутренних и внешних команд и данных. Под внутренними командами и данными здесь подразумевается множество функций и локальных переменных компьютерной системы, обеспечивающих ее устойчивое функционирование. Под внешними командами подразумеваются сценарии решения конкретной задачи выбора или прогнозирования, формируемые экспертом (или в общем случае ЛПР) в интерактивном диалоговом режиме.

- Внешними входными данными для разработанной компьютерной системы являются:
 - цель задачи принятия решения;
 - критерии;
 - альтернативы;

- связи между элементами иерархии;
- матрицы парных сравнений критериев;
- матрицы парных сравнений альтернатив;
- функции заданные в параметрическом виде;
- параметры функций заданные в параметрическом виде;
- количество моментов времени для прогнозирования;
- список шкал для решения задачи методом стандартов;
- матрицы парных сравнений элементов шкал;
- множество количественных значений;
- направление оценки (в лучшую/худшую сторону) для осуществления процедуры линейного нормирования количественных величин;
- сведения об экспертах.
- Внешними выходными данными будут:
 - векторы приоритетов элементов шкал;
 - индекс согласованности при оценке элементов шкалы;
 - отношения согласованности при оценке элементов шкалы;
 - векторы локальных приоритетов (по какому-либо критерию для статических задач);
 - векторы глобальных приоритетов (относительно цели или фокуса иерархии для статических задач);
 - векторы локальных приоритетов (по какому-либо критерию для динамических задач). эти векторы представляются в виде аппроксимирующих зависимостей; векторы глобальных приоритетов (относительно цели для динамических задач), представленные в виде аппроксимирующих зависимостей;
 - индексы согласованности;
 - отношения согласованности;
 - протоколы решения задач;
 - сценарии решения задач.

Сценарий решения задачи представляет собой методологическую последовательность принятия решения и формируется ЛПР или экспертом в диалоговом режиме с помощью блока, названного «Интерфейс с ЛПР». Этот блок координирует работу интерфейсов базы данных, алгоритмического ядра, блока подготовки результатов, и по существу является основным (рис. 20). Именно этот блок позволяет пользователю выбрать нужный метод принятия решения и методы прогнозирования динамики предпочтений. Интерфейс работы с базой данных (рис. 22) предназначен для поиска, добавления, удаления и редактирования информации вводимой экспертом и генерируемой алгоритмическим ядром. Интерфейс с блоком подготовки отчетов осуществляет протоколирование работы эксперта во время решения задачи (отслеживает изменения) и генерирует отчет после решения задачи. Кроме того, этот блок отвечает за визуализацию расчетных данных на мониторе компьютера и производит подготовку документов (отчетов) для печати, т.е. создания твердой копии протокола или отчета. Визуализация расчетных данных включает в себя вывод таблицы значений в численном виде и построение гистограмм для отображения результатов решения статических задач, вывод таблицы аппроксимированных функций динамики предпочтений в параметрическом виде и построение графиков для отображения результатов решения динамических задач. Интерфейс с алгоритмическим ядром (рис. 21) позволяет перенаправить и оформить входные массивы данных в таком виде, который нужен для решения задачи конкретным методом. В алгоритмическое ядро входят следующие алгоритмы.

1. Итерационный алгоритм вычисления собственного вектора (алгоритм синтеза локальных приоритетов) является частью метода анализа иерархий. Он выполняется обычно после заполнения экспертом матрицы парных сравнений для вычисления локальных приоритетов критериев низшего уровня по критерию высшего уровня. Входной информацией для него является матрица парных сравнений – двумерный массив $n \times n$, где n – количество подчиненных критериев для критерия, по которому проводилось сравнение,

- а выходной – одномерный массив мощностью n , представляющий собой локальный вектор приоритетов;
- Алгоритм вычисления степени согласованности суждений эксперта выполняется сразу после заполнения матрицы парных сравнений для проверки приемлемости суждений эксперта. Входная информация алгоритма – матрица парных сравнений, выходная – степень согласованности суждений. После вычисления степени согласованности проверяется, являются ли суждения эксперта согласованными. Если отношение согласованности меньше, чем 0,25, то суждения считаются приемлемыми. Если меньше, то суждения не согласованы и эксперту предлагается отредактировать их;
 - Заключительной частью метода анализа иерархий является алгоритм линейной свертки. Он выполняется после того, как вычислены все локальные векторы приоритетов. Входной информацией алгоритма являются векторы локальных приоритетов и таблица связности элементов иерархии, а выходной – вектор глобальных приоритетов альтернатив относительно цели;
 - Алгоритм свертки на неполных иерархиях применяется для слабосвязанных иерархий, когда элементы высшего уровня имеют разное число подчиненных элементов (альтернатив);

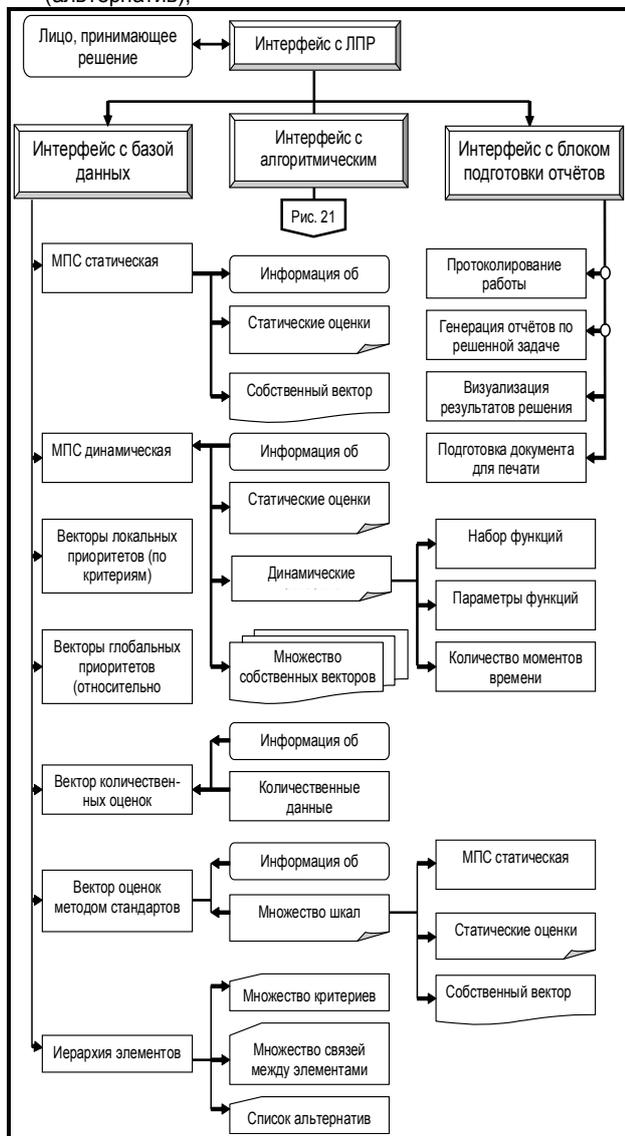


Рис. 20. Структурная схема системы поддержки принятия решений с прогнозированием динамики приоритетов

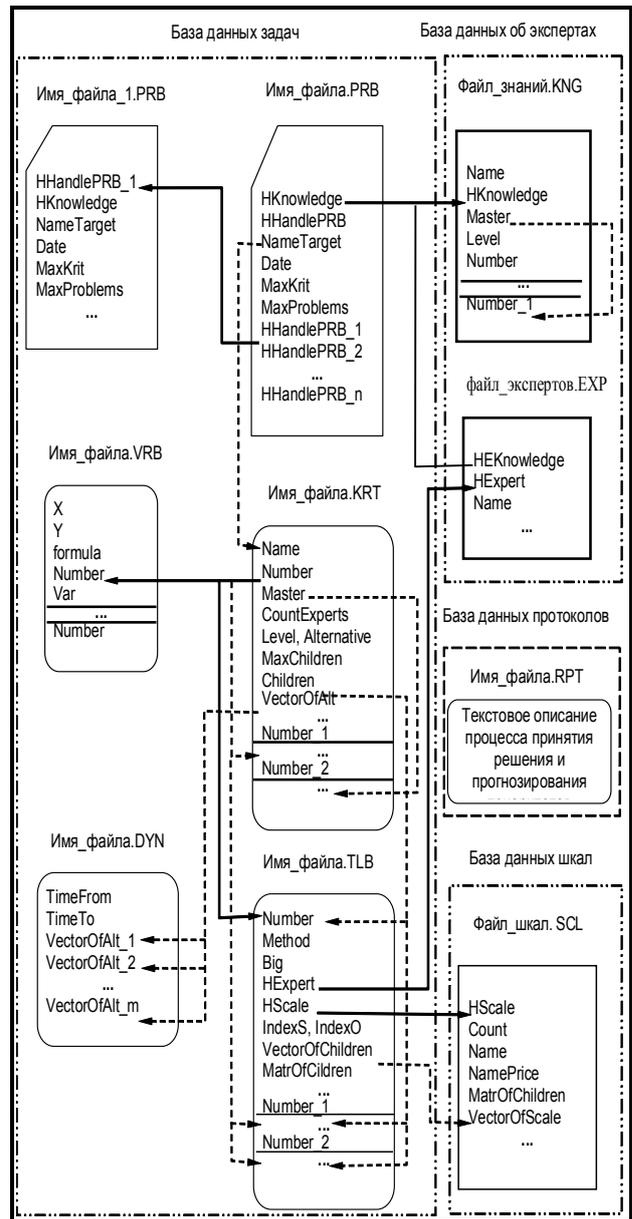


Рис. 21. Связи между файлами в базах данных

- Метод стандартов целесообразно применять для вычисления локального вектора приоритета, когда количество сравниваемых критериев (или альтернатив) велико (больше девяти). Метод стандартов позволяет обойти эту проблему. Входной информацией для метода служит список сравниваемых альтернатив, а выходной – вектор приоритетов альтернатив.
- Процедуру линейного нормирования количественных величин рекомендуется применять, если по данному критерию у альтернатив существуют количественные характеристики;
- Метод наименьших квадратов используется системой для сглаживания зависимостей [24], полученных от эксперта, а также для функционального представления рассчитанных результатов;
- Численный метод решения динамических задач разработан для вычисления результирующих временных зависимостей;
- Метод решения динамических задач с улучшением согласованности матриц парных сравнений используется для случаев, когда эксперт не может предоставить согласованные данные об изменении предпочтений для всех ячеек матриц парных сравнений.

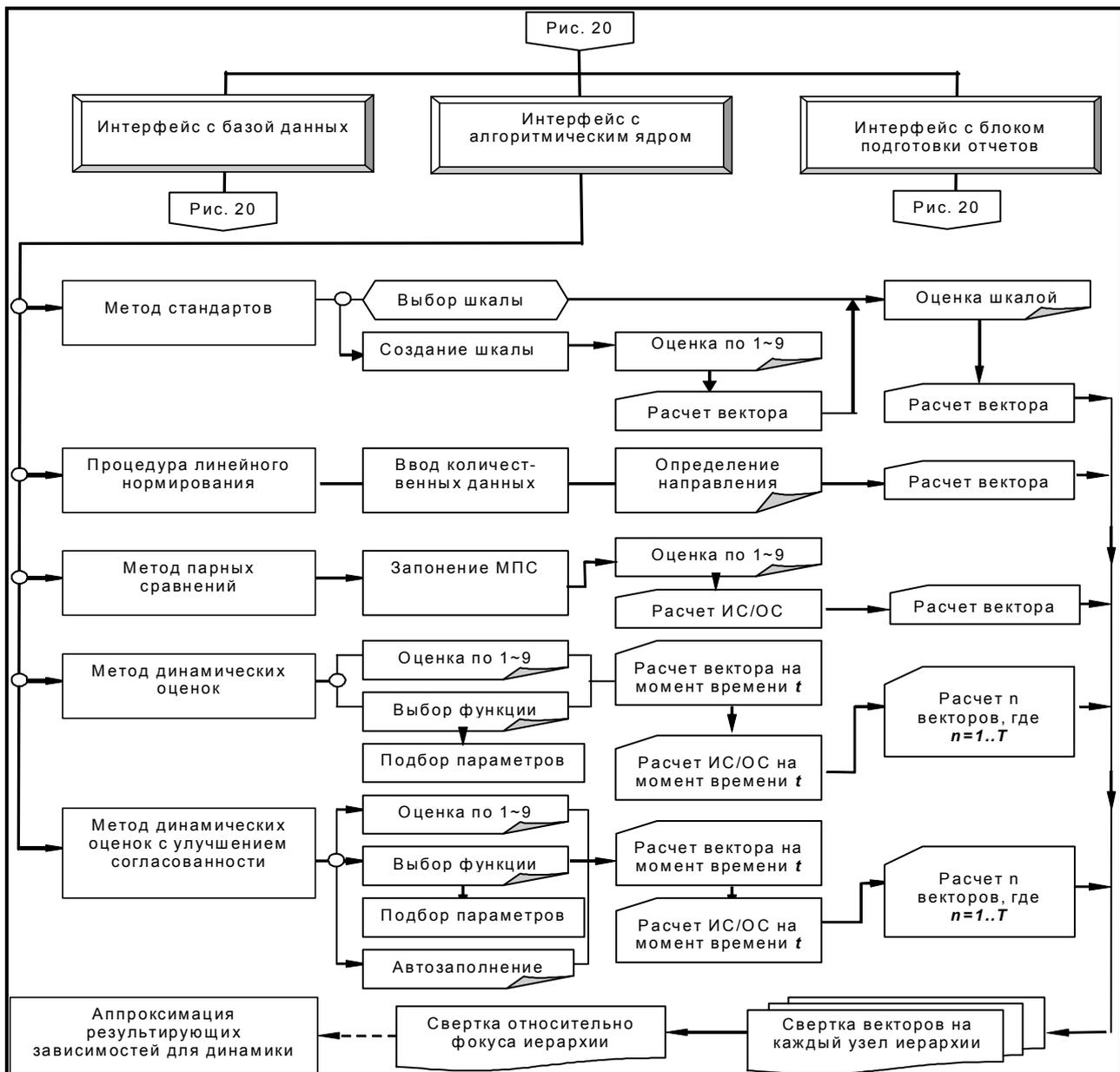


Рис. 22. Структурная схема системы поддержки принятия решений с прогнозированием динамики приоритетов

Цель создания базы данных для системы поддержки принятия решений с прогнозированием динамики предпочтений – обеспечить возможность использования части исходной информации, необходимой для решения задачи, из базы данных. Для удобства ЛПР необходимо обеспечить возможность поэтапного создания и решения задачи принятия решения, причем этапы решения могут быть разорваны во времени. Кроме того, база данных может служить «справочной системой», т.е. ЛПР может ознакомиться с возможными видами иерархии критериев качества, с задачами, решенными в рамках выбранной предметной области, с предпочтениями экспертов и таким образом, получить более глубокие знания по предметной области. Все это не должно препятствовать пользователю самостоятельно решить всю задачу или воспользоваться базой данных только на каком-то одном этапе решения. С каждой но-

вой решенной задачей база должна пополняться новыми данными. Задачи, решенные на других рабочих местах (другими экспертами), должны легко добавляться к базе данных (и соответственно, легко вычленяться из нее), то есть данные должны быть «мобильными». Это позволит создать на любом рабочем месте эксперта обширную базу данных по множеству решенных задач из разных областей знаний. Приведенные выше требования, а также специфичность хранимых данных (списки переменной длины, элементы которых также списки переменной длины, содержащие строковые массивы, массивы целых чисел и чисел с плавающей запятой) не позволили применить при разработке компьютерной системы традиционные модели баз данных – реляционную и сетевую. При применении традиционных моделей возникала необходимость хранения в памяти машины множества избыточных данных, в частности таб-

лиц индексов, по которым осуществляется связь между таблицами, содержащими списки необходимых данных, что существенно увеличивало время обработки информации (для решения одной задачи требовалось проводить поиск по множеству таблиц) и объем занимаемого дискового пространства. Если к базе данных добавляется новая задача, решенная экспертом на другом рабочем месте, то требуется произвести переиндексацию множества таблиц, что не всегда возможно сделать автоматически из-за сложной взаимосвязи данных внутри задачи. Поэтому была разработана собственная структура базы данных, наиболее оптимальная в рамках приведенных выше ограничений, и достаточно легкая при написании программы. Физически и логически база данных компьютерной системы разделена на четыре части:

- базу данных, содержащую сведения об экспертах;
- базу данных, содержащую списки шкал;
- базу данных о протоколах;
- базу данных о множестве решенных задач.

База данных сведений об экспертах содержит в себе информацию об именах экспертов и областях знаний, к которым принадлежат решенные задачи. Сделано это для того, чтобы облегчить поиск нужной задачи среди множества уже решенных задач.

База данных о шкалах содержит множество шкал, разработанных экспертами для решения какой-либо задачи методом стандартов, список элементов этих шкал, матрицы парных сравнений и собственные векторы этих матриц, а также индексы согласованности и отношения согласованности.

База данных о протоколах является логически единой, но физически она разделена на множество текстовых файлов, описывающих результаты и процесс решения задачи. Все эти данные генерируются алгоритмическим ядром.

База данных о решенных задачах логически единая, но физически состоит из множества файлов, каждый из которых содержит данные о конкретной задаче, о сценарии ее решения, о множестве критериев, списке альтернатив, связях между элементами иерархии. Эта база содержит матрицы попарных сравнений, функции описывающие динамику предпочтений, их параметры, множество точек, заданные экспертом, векторы количественных оценок, векторы оценок методом стандартов, индексы согласованности и отношения согласованности, множество локальных и глобальных векторов предпочтений. Таким образом, база данных системы содержит множество файлов девяти типов. Основные файлы, с которыми встречается пользователь, это файлы задач (*.prb), областей знаний (*.kng), списка экспертов (*.exp), файлы отчета (*.rpt) и файлы со списком шкал для метода стандартов (*.scl). Существует множество скрытых от пользователя файлов, которые программа создает для собственных нужд (в основном для ускорения процессов расчета и обработки больших иерархий). Это файлы критериальной базы задачи (*.krt), файлы содержащие матрицы парных сравнений (*.tlb), файлы содержащие параметры функций (*.vrb) и файлы с данными промежуточных расчетов (*.dyp).

Сложная реляционно-сетевая модель базы данных, реализованная в программной системе, предполагает наличие связей между файлами в базе данных. Связь осуществляется по множеству индексов, а также по имени файла (данные одной задачи хранятся в фай-

лах с одним именем, но разными расширениями). Имя файла, таким образом, тоже является индексом. На рис. 21 показаны связи между базами данных, и связи между файлами внутри базы данных задач. Пунктирная линия со стрелкой показывает, что этой связи может не быть (например, если задача не решалась методом стандартов, то связи между VectorOfChildren и VectorOfScale в файлах *.tlb и *.scl не будет).

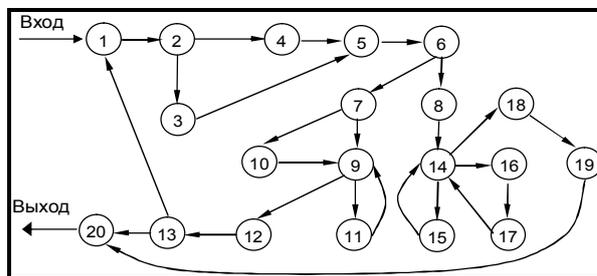


Рис. 23. Граф функционирования программной СППР с прогнозированием динамики предпочтений на основе процентных оценок

Программная СППР с прогнозированием динамики предпочтений на основе метода процентных оценок [32] была разработана Терелянским П.В. специально для решения задач прогнозирования экспертных предпочтений во времени [30, 34]. На рис. 23 представлен укрупненный граф функционирования программной СППР. Узлы графа – функционально законченные подпрограммы, одни из которых требуют дополнительного ввода информации от пользователя, другие работают, используя информацию, подготовленную на предыдущих этапах функционирования. Ориентированные ребра графа показывают направление движения информации и пути перехода от одной подпрограммы к другой. Из некоторых узлов графа возможен переход сразу к нескольким другим узлам. Это означает, что переход к одному из узлов осуществляется либо в зависимости от результатов расчета и от состояния внутренних переменных, либо по желанию пользователя. Номер узла на рисунке соответствует номеру функции в нижеприведенном списке.

1. Инициализация программной системы:
 - определение внутренних переменных;
 - открытие служебных файлов;
 - подключение динамических библиотек;
 - поиск и инициализация баз данных и так далее.
2. Пользовательское меню. Пользователь может выбрать ранее созданную задачу для редакции, либо создать новую, указав необходимые параметры.
3. Поиск ранее созданной задачи в базе данных. Интерфейс с БД.
4. Создание и запись в БД новой задачи. Установка параметров задачи.
5. Редактирование задачи, изменение иерархической структуры, подключение экспертов, областей знаний.
6. Выбор метода решения задачи. Статические расчеты или метод прогнозирования динамики приоритетов.
7. Подготовка СППР к решению статической задачи.
8. Подготовка внутренних переменных СППР к решению динамической задачи. Установка даты и времени.
9. Ввод и редактирование МПС.
10. Поиск и подключение шкал оценок в БД СППР.
11. Расчет вектора приоритетов редактируемой МПС.
12. Расчет глобальных векторов приоритетов, иерархический синтез для статических задач.
13. Блок вывода на экран статических результатов в виде гистограмм, динамических – в виде графиков с осью времени.
14. Ввод и редактирование динамических МПС.

15. Выбор методов аппроксимации динамики предпочтений.
16. Установка интервалов времени для расчета динамической МПС.
17. Расчет локальных векторов приоритетов для динамических задач.
18. Установка интервалов времени для построения прогнозов.
19. Расчет глобальных векторов приоритетов, иерархический синтез для динамических задач.
20. Завершение сеанса работы СППР.

СППР создана в системе визуальной разработки приложений Borland C++Builder Enterprise Suite Version 6.0 Borland Software Corporation с использованием библиотеки визуальных компонент VCL.

Практика применения универсальных программных СППР показала необходимость создания простого инструмента для расчета собственных правых векторов матриц парных сравнений [32] (рис. 24). Программа написана Терелянским П.В. в системе визуальной разработки приложений Borland C++Builder Enterprise Suite Version 6.0 Borland Software Corporation с использованием библиотеки визуальных компонент VCL. Программа позволяет задавать размер матрицы, выбирать из списка вербальные оценки, сохранять их в виде чисел, рассчитывать собственный правый вектор матрицы, индексы согласованности и отношения согласованностей, а также выводить результаты вычислений в виде вектора приоритетов и гистограммы. Особенностью программы является возможность чтения файлов с матрицами парных сравнений из базы данных СППР с прогнозированием динамики предпочтений и СППР с использованием метода процентных оценок.

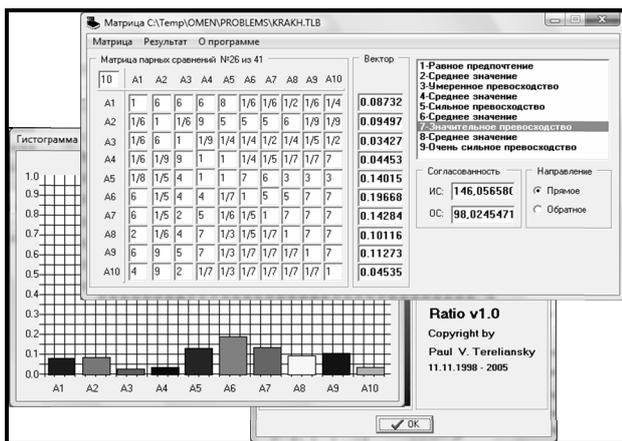


Рис. 24. Экранные формы программы для расчета собственных векторов МПС

Непрерывное возрастание сложности исследуемых социо-экономических и технических систем требует привлечения широкого круга специалистов для осуществления синтеза и анализа таких систем. Организация взаимодействия участников проекта возможна с применением информационных технологий, позволяющих свести воедино множество экспертных процедур, распределенных как во времени, так и в пространстве. Используемые для этого программные СППР могут быть сосредоточенные и распределенные [39]. Сосредоточенные СППР включают в себя одну компьютерную систему, установленную на одной вычислительной машине. Они проще, чем распределенные системы, так как в них отсутствует проблема обмена информацией. Все программные СППР, рассмотренные выше являются сосредоточенными. Однако в СППР с прогнозированием

динамики предпочтений (см. рис. 21-22) предусмотрены средства, позволяющие распределять процесс принятия решений во времени и пространстве. Например, информацию о структуре решаемой задачи (иерархия критериев и оценка элементов иерархии) эксперты могут заносить на одной локальной станции, затем средствами операционной системы можно подключить удаленную машину, в настройках СППР указать путь к удаленной базе данных и производить оценку списка альтернатив уже на удаленной ЭВМ. Результаты расчетов будут представлены на той машине, на которой находится головной файл с описанием задачи (см. рис. 23).

Ниже предлагается концепция построения полностью распределенной СППР [37] на основе метода анализа иерархий. Метод позволяет разделить множество экспертов, принимающих участие в экспертизе, на несколько подмножеств в зависимости от предметной области и характера критериев, используемых в иерархии. Для агрегирования мнений экспертов принимается среднегеометрическое:

$$a_{ij}^A = \sqrt[n]{a_{ij}^1 a_{ij}^2 \dots a_{ij}^n},$$

где

a_{ij}^A – агрегированная оценка элемента, принадлежащего i -й строке и j -му столбцу матрицы парных сравнений;

n – число матриц парных сравнений, каждая из которых составлена одним экспертом.

Усреднение суждений экспертов может быть осуществлено и на уровне собственных векторов матриц парных сравнений. При этом результаты будут эквивалентны тем, которые получены на уровне элементов матриц, если однородность составленных матриц удовлетворительна. В достаточно ответственных задачах при оправданных затратах на экспертизу усреднение суждений экспертов проводится с учетом их квалификации. Для определения весовых коэффициентов экспертов целесообразно использовать иерархическую структуру критериев [11, 12]. Расчет агрегированной оценки в случае привлечения n экспертов, имеющих различную значимость, осуществляется по формуле:

$$a_{ij}^A = a_{ij}^{\alpha_1} a_{ij}^{\alpha_2} \dots a_{ij}^{\alpha_n},$$

где $a_{ij}^{\alpha_k}$ – оценка объекта, проведенная k -м экспертом с весовым коэффициентом α_k , при этом:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1.$$

При обработке материалов коллективной экспертной оценки в СППР используются методы теории ранговой корреляции [25]. Осуществляя агрегацию мнений необходимо произвести оценку их согласованности. Коэффициент конкордации V позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Значение коэффициента V должно находиться в пределах $0 \leq V \leq 1$. $V = 0$ означает полную противоположность, а $V = 1$ – полное совпадение ранжировок. Практически достоверность считается хорошей, если $V = 0,7 \dots 0,8$. Небольшое значение коэффициента конкордации, свидетельствующее о слабой согласованности мнений экспертов, является следствием следующих причин: в рассматриваемой совокупности экспертов действительно отсутствует общность мнений;

внутри рассматриваемой совокупности экспертов существуют группы с высокой согласованностью мнений, однако обобщенные мнения таких групп противоположны. Для наглядности представления о степени согласованности мнений двух любых экспертов А и В служит коэффициент парной ранговой корреляции ρ , который принимает значения $-1 \leq \rho \leq +1$. Значение $\rho = +1$ соответствует полному совпадению оценок в рангах двух экспертов (полная согласованность мнений двух экспертов), а $\rho = -1$ – двум взаимно противоположным ранжировкам важности свойств (мнение одного эксперта противоположно мнению другого).

Программная СППР построена на основе Internet-технологий [33] и разделена на две части: клиентскую и серверную. Клиентская часть загружается по сети Internet. С этой частью программной системы непосредственно работают эксперты (заполняют матрицы парных сравнений). Серверная часть принимает и обрабатывает данные, полученные от эксперта. На основе полученных данных серверная часть программной системы определяет глобальный вектор приоритетов, оценивает степень ранговой корреляции, осуществляет усреднение мнений нескольких экспертов и содержит блок, отвечающий за рассылку экспертам уведомлений о степени согласованности их суждений.

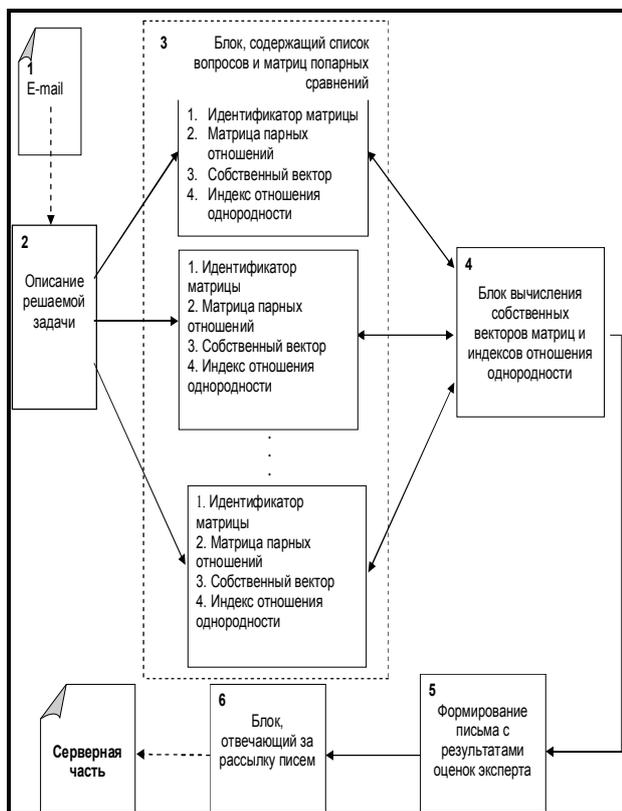


Рис. 25. Структурная схема клиентской части программной системы

На рис. 25 представлена структурная схема клиентской части. Ниже приведено описание каждого блока.

1. Эксперту отсылается письмо с предложением принять участие в коллективной экспертизе. В письме содержатся идентификатор эксперта (логин), код доступа и www-адрес.
2. По указанному в письме адресу находится описание решаемой задачи.

3. Далее эксперту предлагается заполнить матрицы попарных сравнений.
4. Если при заполнении матриц нарушается однородность суждений, то блок вычисления однородности сообщит об этом нарушении эксперту.
5. После того, как будет удовлетворительно произведена оценка задачи, формируется письмо с результатами экспертизы. В письме содержится:
 - идентификатор эксперта;
 - идентификатор задачи;
 - множество идентификаторов матриц и сами матрицы парных сравнений;
 - собственные векторы матриц и индексы отношения однородности.
6. После формирования письма блок, отвечающий за отсылку писем, отправляет данные серверной части.

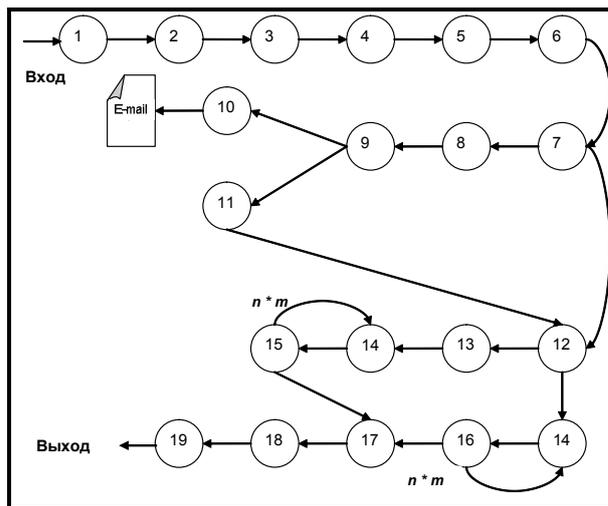


Рис. 26. Граф функционирования серверной части программной системы

Серверная часть представлена на рис. 26 в виде графа функционирования системы. Для более наглядного представления процесса некоторые узлы на рисунке продублированы. Ниже приведено описание узлов графа функционирования программной системы. Номер узла на рисунке соответствует номеру функции в списке.

1. Инициализация программной системы:
 - определение внутренних переменных;
 - открытие служебных файлов;
 - подключение динамических библиотек;
 - поиск и инициализация баз данных и так далее.
2. Получение и расшифровка писем.
3. Внесение данных в базу данных.
4. Загрузка данных об экспертах.
5. Загрузка матриц попарных сравнений.
6. Определение ранга на основе собственных векторов W каждой матрицы парных сравнений.
7. Вычисляется коэффициент конкордации V . Если $V > 0,7$, то переход к узлу 12 (выбор метода принятия решений: с учетом степени доверия эксперту или без учета).
8. Блок определения эксперта, мнение которого имеет низкую степень согласованности с другими экспертами.
9. Блок позволяющий сделать выбор: отсылать ли письмо эксперту (следует перейти к узлу 10) или удалить несогласованные данные, полученные от эксперта (следует перейти к узлу 11).
10. Отсылка письма эксперту с рекомендацией снова проанализировать задачу.
11. Удаление данных полученных от эксперта, мнение которого сильно отличается от мнений остальных экспертов.
12. Выбор метода принятия решений: с учетом степени доверия эксперту или без учета. Если с учетом степени дове-

рия эксперта, то выполняется переход к узлу 13. В противном случае к узлу 14.

13. Оценка степени доверия мнению экспертов.
14. Выбор соответствующих МПС, присланных экспертами.
15. Расчет агрегированной оценки элементов МПС с учетом степени доверия экспертам.
16. Расчет агрегированной оценки элементов МПС без учета степени доверия экспертам.
17. Свертка и нахождение глобального вектора приоритетов решаемой задачи.
18. Вывод результатов.
19. Завершение работы приложения.

Программные системы поддержки принятия решений и прогнозирования экспертных предпочтений, созданные на кафедре «Информационные системы в экономике» Волгоградского государственного технического университета, являются не только новаторскими, уникальными разработками, но и представляют собой сложные технические объекты, только описанию функционирования и применения которых в экономических исследованиях посвящены несколько монографий. Многолетние работы по созданию программных СППР поддерживались грантами РФФИ 05-08-01470-а, РФФИ 05-08-01466-а, РФФИ 05-02-20201, РФФИ 04-07-96502-р2004поволжье_в, РФФИ 01-01-00043-а, РФФИ 04-07-96502 и РФФИ 98-07-90007-в. В настоящее время коллективом кафедры ведется постоянная работа по улучшению характеристик ранее созданных СППР, по анализу потребностей экспертов в новых программных системах. Ведется разработка математических методов и методических подходов для обеспечения поддержки неколичественной экспертизы.

Литература

1. Андрейчиков А.В., Декатов Д.Е. Математические модели синтеза оригинальных и типовых механизмов [Текст] / А.В. Андрейчиков, Д.Е. Декатов // Известия вузов, Машиностроение. – 1995. – №7. – С. 3-5.
2. Андрейчиков А.В. Новые информационные технологии для синтеза конкурентоспособной техники (подходы, методы, модели, алгоритмы и компьютерные средства) [Текст] : учеб. пособие / А.В. Андрейчиков ; ВолгГТУ. – Волгоград, 1996. – 172 с.
3. Андрейчиков А.В. Информационная технология выявления закономерностей строения и развития новых конкурентоспособных изделий и технологий в системе управления качеством продукции [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова, Д.Е. Декатов, О.В. Лиханов // Компьютерные технологии в высшем образовании : тезисы докладов Всероссийской науч.-метод. конференции. – СПб., 1994. – С. 4-5.
4. Андрейчиков А.В. Информационная технология выявления закономерностей строения и развития новых конкурентоспособных изделий и технологий в системе управления качеством продукции [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова, Д.Е. Декатов, О.В. Лиханов // Компьютерные технологии в высшем образовании : тезисы докладов Всероссийской науч.-метод. конференции. – СПб., 1994. – С. 4-5.
5. Андрейчиков А.В., Бахмудов Р.М.-Р. Автоматизированный поиск прототипов технических решений [Текст] / А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии : сб. науч. трудов / ВолгГТУ. – Волгоград, 1998. – С. 124-128.
6. Андрейчиков А.В. Автоматизированная система анализа и синтеза технических решений [Текст] / А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов, А.В. Верченко // Известия вузов; Машиностроение. – 1997. – №10-12. – С. 29-33.
7. Андрейчиков А.В., Декатов Д.Е. Интеллектуальные системы синтеза принципиально новых технических решений [Текст] / А.В. Андрейчиков, Д.Е. Декатов // Инновационное проектирование в образовании, технике и технологии : Межвуз. сб. науч. трудов международной науч.-метод. конференции. – Волгоград, 1996. – С. 1-5.
8. Андрейчиков А.В., Декатов Д.Е. Математические модели синтеза оригинальных и типовых механизмов [Текст] / А.В. Андрейчиков, Д.Е. Декатов // Известия вузов, Машиностроение. – 1995. – №7. – С. 3-5.
9. Андрейчиков А.В. Автоматизированная система оценки и систематизации класса виброзащитных устройств [Текст] : монография / А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2004. – 192 с.
10. Андрейчиков А.В. Автоматизированные информационные системы для синтеза новых механизмов [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Андрейчиков А.В. – СПб. : СПИИРАН, 1994. – 310 с.
11. Андрейчиков А.В. Информационные технологии прогнозирования технических решений на основе иерархических моделей [Текст] : монография / А.В. Андрейчиков, П.В. Терелянский, О.Н. Андрейчикова. – Волгоград : ВолгГТУ, 2004. – 156 с.
12. Андрейчиков А.В. Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения) [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Машиностроение, 1998. – 476 с. : ил.
13. Андрейчиков А.В. Модели и средства концептуального проектирования виброзащитных систем [Текст] : монография / А.В. Андрейчиков и др. – Волгоград : ВолгГТУ, 2004. – 114 с.
14. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
15. Андрейчикова О.Н. Концепция интеллектуальной системы принятия решений [Текст] / О.Н. Андрейчикова, А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов, А.В. Верченко, Д.Е. Декатов // Инновационное проектирование в образовании, технике и технологии : тезисы докладов международной науч.-практ. конференции. – Волгоград, 1995. – С. 86-87.
16. Андрейчикова О.Н. Интеллектуальная система принятия решений [Текст] / О.Н. Андрейчикова, А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов, А.В. Верченко, Д.Е. Декатов // Новые информационные технологии в региональной инфраструктуре : Тезисы докладов Второй Международной науч.-технической конференции. – Астрахань, 1995. – С. 39-40.
17. Андрейчикова О.Н. Интеллектуализация систем принятия решений в задачах управления [Текст] / О.Н. Андрейчикова, А.В. Андрейчиков, Р.М.-Р. Бахмудов, А.В. Верченко // Региональная информатика-95 : тезисы докладов VI Санкт-Петербургской международной конференции. – СПб, 1995. – С. 118-119.
18. Андрейчикова О.Н. Разработка методов и систем компьютерной поддержки анализа и синтеза технических решений на этапе концептуального проектирования [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01 / О.Н. Андрейчикова. – Волгоград, 2002.
19. Бахмудов Р.М.-Р. Разработка автоматизированной системы оценки и систематизации класса виброзащитных систем [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бахмудов Р.М.-Р. – Волгоград, 1998. – 175 с.
20. Декатов Д.Е. Разработка комплекса моделей и средств концептуального проектирования виброзащитных систем [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Декатов Д.Е. ; ВолгГТУ. – Волгоград, 1997. – 144 с.
21. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений [Текст] : пер. с англ. / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
22. Кашеев А.П. Применение статистических и математических методов в системах извлечения знаний [Текст] / О.Н. Андрейчикова, А.П. Кашеев, П.В. Терелянский // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии : сб. науч. тр. – Волгоград : ВолгГТУ, 1998. – С. 137-140.
23. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств [Текст] : пер. с англ. / А. Кофман. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.

24. Мудров А.Е. Численные методы для ПВЭМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль [Текст] / А.Е. Мудров. – Томск : Раско, 1991. – 272 с.
25. Острейковский В.А. Теоретико-множественное и динамическое описание систем [Текст] : конспект лекций по курсу «Основы теории систем» / В.А. Острейковский. – Обнинск : Обнинский ин-т атомной энергетики, 1987. – 102 с.
26. Половинкин А.И. Методы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин. – Волгоград : ВолгПИ, 1984. – 366 с.
27. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества [Текст] : учеб. пособие для студентов втузов / А.И. Половинкин. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
28. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991.
29. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 316 с.
30. Терелянский П.В. Анализ динамических систем экспертных предпочтений для принятия решений в экономике [Текст] / П.В. Терелянский // *Materialy IV miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2008»* – Тум 3. *Ekonomiczne nauki.: Przemysl. Sp. z o.o. «Nauka i Studia»* – 104 str. – s. 3-5.
31. Терелянский П.В. Исследование динамических систем для принятия решений [Текст] / П.В. Терелянский // *Современные проблемы информатизации : тезисы докладов IV Международной электронной науч. конференции.* – Воронеж : Воронежский госуд. педагогический ун-т, 1999. – С. 77-78.
32. Терелянский П.В. Математические и инструментальные средства поддержки принятия решений в экономике [Текст] / П.В. Терелянский // *Аудит и финансовый анализ.* – 2008. – №6. – С. 461-471.
33. Терелянский П.В. Распределенная система поддержки принятия решений на основе метода анализа иерархий [Текст] / П.В. Терелянский // *Materialy IV mezinarodni vedecko-praktika conference «Evropska veda XXI stoleti – 2008»* – Dil 16. *Technicke vedyni. Moderni informacni technologie: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o.* – 64 stran. – s. 55-58.
34. Терелянский П.В. Численный метод прогнозирования динамики приоритетов [Текст] / П.В. Терелянский // *Materialy IV miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauki i techniki – 2008»* – Volyme 4. *Ekonomiczne nauki : Przemysl. Sp. z o.o. «Nauka i Studia»* – 96 str. – s. 47-50.
35. Терелянский П.В. Информационные технологии прогнозирования технических решений на основе нечетких и иерархических моделей [Текст] : монография / П.В. Терелянский, А.В. Андрейчиков. – Волгоград : ВолгГТУ, 2007. – 204 с.
36. Терелянский П.В. Компьютерная система принятия решений с прогнозированием динамики предпочтений [Текст] / П.В. Терелянский // *Международная конференция по проблемам управления (29 июня – 2 июля 1999 года) : Тез. докл. : в 3 т. Т. 2.* – М. : Фонд «Проблемы управления», 1999. – С. 342-345.
37. Терелянский П.В. Концепция распределенной системы поддержки принятия решений [Текст] / П.В. Терелянский, Р.М.-Р. Бахмудов // *Известия ВУЗов, Машиностроение.* – 2004. – №7. – С. 49-54.
38. Терелянский П.В. Разработка средств прогнозирования технических решений на основе иерархических моделей [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 : защищена 08.06.2000 : утв. 10.11.2000 / Терелянский П.В. – Волгоград, 2000. – 156 с.
39. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений [Текст] : науч.-практ. изд. / Э.А. Трахтенгерц. – М. : СИНТЕГ, 1998. – 376 с. – (Информатизация России на пороге XXI века).
40. Шахов А.М. Нечеткие модели и средства принятия решений на начальных этапах проектирования [Текст] : монография / А.В. Андрейчиков, П.В. Терелянский, А.М. Шахов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2004. – 140 с.
41. Шахов А.М. Разработка нечетких моделей и средств для принятия решений на начальных этапах проектирования [Текст] : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : защищена 08.06.2000 / Шахов А.М. – Волгоград, 2000. – 156 с.
42. Andreichikov, A.V., Andreichikova, O.N., Lihanov, O.V., Kolesnikov A.V., Dekatov D.E., Djaber F.F. The «Konstructor» Interactiv System for Designing New Inventions in Technique. *International Conference Information Technology In Design Ewitd'94 PROCEEDINGS, S.-Peterburg, 1994, p.208-211.*
43. Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process/ T. L. Saaty.* – Mc.Graw-Hill, 1980. – 267p.

Ключевые слова

Информационные системы в экономике; системы поддержки принятия решений; стратегический менеджмент.

Терелянский Павел Васильевич

РЕЦЕНЗИЯ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием сложных программных комплексов. Системы поддержки принятия решений и прогнозирования, разрабатываемые на кафедре «Информационные системы в экономике», изначально предполагалось применять в виде встраиваемых модулей в программные комплексы, предназначенные для решения задач концептуального проектирования сложных машин и механизмов. Теория решения изобретательских задач, на которых изначально базировались научные разработки кафедры, предполагает автоматическую генерацию множества альтернативных вариантов проектируемых устройств. Анализ соответствия сгенерированных вариантов техническому заданию оказался полностью укладывающимся в рамки теории принятия решений. Позднее, универсальные программные системы поддержки принятия решений, разработанные автором статьи, стали применяться и для обоснования социо-экономических решений. К сожалению, ограниченный объем статьи не позволяет автору подробно описывать технологические решения, созданные во время разработки этих программных комплексов. Следует отметить, что описанию функционирования программных комплексов посвящены более десяти монографий сотрудников кафедры. Самим автором статьи получено десять свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Считаю, что статья Терелянского П.В. «Программные системы поддержки принятия социо-экономических и технических решений (опыт создания и проектирования)» в себе элементы несомненной научной и технической новизны, является актуальной и должна быть рекомендована к печати в журнале «Аудит и финансовый анализ».

Лукьянов В.С., д.т.н., заведующий кафедрой «ЭВМ и системы» факультета «Электроники и вычислительной техники» Волгоградского государственного технического университета

3.7. PROGRAM'S SYSTEMS FOR SUPPORT OF ECONOMIC, SOCIAL AND TECHNICAL DECISIONS (THE EXPERIENCE OF BUILDING AND PROJECTING)

P.V. Tereliansky, Candidate of Science (Technical),
the Senior Lecturer Managing Chair
«Information Systems in Economy»

Volgograd State Technical University

There are examined the programs decision support systems (DSS), which were developed in the department «Information Systems in the Economy» of Volgograd State Technical University. DSS were integrated into program set of the support of invention during the first stage of our research. The analysis of the use of the developed program systems showed the need of building independent universal program's DSS for wide area of social and economic problems. Were developed DSS, which support basic methods of the support decision theory and all algorithms of the method of the analytic hierarchy processes. Today department's re-

searches conducting the constant improvement of DSS's characteristics and revealing the new needs of experts.

Literature

1. A.V. Andreichikov, O.N. Andreichikova, O.V. Lihanov, A.V. Kolesnikov, D.E. Dekatov, F.F. Djaber The «Konstructor» Interactiv System for Designing New Inventions in Technique. International Conference Information Technology in Design ewitd'94 proceedings, S.-Peterburg, 1994, p. 208-211.
2. A.V. Andreychikov, D.E. Dekatov Mathematical Models of the Synthesis of Original and Standard Mechanisms. / Izvestiya vuzov, Mashinostroenie. – №7, 1995, pp. 3-5.
3. A.V. Andreychikov New Information Technologies for the Synthesis of Competitive Technology (Approaches, Methods, Model, Algorithms and Computer Means): VolgGTU, Volgograd, 1996. – 172 p.
4. A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova, D.E. Dekatov, O.V. Likhonov The Information Technology of the Development of the Regularities and Development of New Competitive Objects and Technologies in the System of Management of the Quality of Production. // Computer Technologies in Higher Education. Theses of the Reports to All-Russian Scientific Systematic Conference, S. – Petersburg, 1994, pp. 4-5.
5. A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova, D.E. Dekatov, O.V. Likhonov The Information Technology of the Development of the Regularities and Development of New Competitive Articles and Technologies in the System of Management of the Quality of Production. // Computer Technologies in Higher Education. Theses of the Reports to All-Russian Scientific Systematic Conference, S. – Petersburg, 1994, pp. 4-5.
6. A.V. Andreychikov, R.M. – R. Bakhmudov The Computer Search for the Prototypes of the Technical Solutions // Conceptual Design in the Formation, Engineering and Technology. Coll. scientific. the Works/Of VolgGTU, Volgograd, 1998, pp. 124-128.
7. A.V. Andreychikov, R.M. – R. Bakhmudov, A.V. Verchenko Automated System of Analysis and Synthesis of the Technical Solutions. // Izvestiya vusow. Mashinostroenie, 1997, №10-12, pp. 29-33.
8. Andreychikov A.V., Dekatov D.E. Intellectual Systems of the Synthesis of the Fundamentally New Technical Solutions. // Innovation Design in the Formation, Engineering and Technology. Mezhvuz. coll. the Scientific Works of International Scientific Systematic Conference. – Volgograd, 1996, pp. 1-5.
9. Andreychikov A.V., Dekatov D.E. Mathematical Models of the Synthesis of Original and Standard Mechanisms / Izvestiya vuzov, Mashinostroenie. – №7, 1995, pp. 3-5.
10. A.V. Andreychikov Automated Information Systems for the Synthesis of the New Mechanisms: the Author's Abst. dis. ... Dr. tech. the sciences/ Andreychikov Alexander Valentinovich. – S. – Petersburg: SPIIRAN, 1994. – 310 p.
11. A.V. Andreychikov Automated System of Estimation and Systematization of the Class of the Vibration-Shielding Devices: the Monograph / A.V. Andreychikov, R.M. – R. Bakhmudov. – Volgograd: VolgGTU, 2004. – 192 p.
12. A.V. Andreychikov Computer Support of the Invention (Methods, System, Examples of Application) / A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova. – M.: Mashinostroenie, 1998. – 476 p.: illus.
13. A.V. Andreychikov Models and the Means of the Conceptual Design of the Vibration-Shielding Systems: the Monograph/ A.V. Andreychikov and other – Volgograd: VolgGTU, 2004. – 114 p.
14. Andreychikov, A.V. The Information Technologies of the Prognostication of the Technical Solutions on the Basis of the Hierarchical Models: the Monograph / A.V. Andreychikov, P.V. Terelyanskiy, O.N. Andreychikova. – Volgograd: VolgGTU, 2004. – 156 p.
15. A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova Analysis, Synthesis, Planning the Solutions in the Economy/ A.V. Andreychikov, O.N. Andreychikova. – M.: Financi i statistica, 2000. – 368 p.
16. O.N. Andreychikova, A.V. Andreychikov, R.M. – R Bakhmudov, A.V. Verchenko, D.E. Dekatov. Concept of the Intellectual System of Decision Making. // Innovation Design in the Formation, Engineering and Technology. Theses of the Reports to International Scientific Practical Conference, Volgograd, 1995, pp. 86-87.
17. O.N. Andreychikova, A.V. Andreychikov, R.M.-R. Bakhmudov, A.V. Verchenko, D.E. Dekatov Intellectual System of Decision Making. // New Information Technologies in the Regional Infrastructure. Theses of the Reports to the Second International Scientific Technical Conference, Astrakhan, 1995, pp. 39-40.
18. O.N. Andreychikova, A.V. Andreychikov, R.M.-R. Bakhmudov, A.V. Verchenko Intellectualization of the Systems of Decision Making in the Tasks of Control. // « Regional Information Theory -95» the Theses of the Reports VI of St. Petersburg International Conference, St. Petersburg, 1995, pp. 118-119.
19. O.N. Andreychikova Development of Methods and Systems of the Computer Support of Analysis and Synthesis of the Technical Solutions in the Stage of the Conceptual Design: Dis. ... Dr. of tech. the sciences: 05.13.01 / Olga Nikolaevna Andreychikova. – Volgograd, 2002.
20. R. M.-R. Bakhmudov Development of the Automated System of Estimation and Systematization of the Class of the Vibration-Shielding Systems: diss. ... Cand. tech. the sciences/ Bakhmudov Ruslan Magomed-Rasulovich. – Volgograd, 1998. – 175 p.
21. D.E. Dekatov Development of the Complex of Models and Means of The Conceptual Design of the Vibration-Shielding Systems: diss. ... Cand. tech. the sciences / Dekatov Dmitriy Evgenevich. – VolgGTU, Volgograd, 1997. – 144 p.
22. A.P. Kashcheev Application of Statistical and Mathematical Methods in the Systems of the Extraction of Knowledge / O.N. Andreychikova, A.P. Kashcheev, P.V. Terelianskiy // conceptual design in the formation, engineering and technology: coll. scientific. tr. – Volgograd: VolgGTU, 1998. – pp.137-140.
23. A. Kofman Introduction into the Theory of Fuzzy Sets: trans. from Engl./ A. Kofman. – M.: Radio I svyaz, 1982. – 432 p.
24. A.E. Mudrov Numerical Methods for Computers in the Languages BASIC, FORTRAN and Pascal/A.E. Mudrov. – Tomsk: MP «Rasko», 1991. – 272 p.
25. V.A. Ostreykovskiy Theoretical, Sets and the Dynamic Description of the Systems: Summary of Lectures on the Course « Of the Bases of the Theory of Systems»/V.A. Ostreykovskiy – Obninsk: Obninsk institute of atomic power engineering, 1987. – 102 p.
26. A.I. Polovinkin Methods of Engineering Creation. Volgograd: VolgPI, 1984, 366 p.
27. A.I. Polovinkin The Bases of the Engineering Creation: Studies Benefit for the Students of VTUZ (higher technical educational institution)/A.I. Polovinkin. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 368 pp.
28. T. Saaty Analytical Planning. Organization of the Systems: trans. from Engl./T. Saaty, K. Kerns. – M.: Radio i svyaz, 1991.
29. T. Saaty Decision Making. Method of the Analysis of the Hierarchies: trans. from Engl./T. Saaty. – M.: Radio i svyaz, 1993. – 316 pp.
30. T. L. Saaty The Analytic Hierarchy Process/ T. L. Saaty. – Mc.Graw-Hill, 1980. – 267p.
31. A.M. Shakhov Development of Fuzzy Models and Means for Decision Making in the Initial Stages of the Design: the diss... of Cand. tech. the sciences: it is protected 08.06.2000/Shakhov Aleksey Mikhailovich. – Volgograd, 2000. – 156 p.
32. A.M. Shakhov Fuzzy Models and the Means of Decision Making in the Initial Stages of the Design: the Monograph/ A.V. Andreychikov, P.V. Terelyanskiy, A.M. Shakhov – Volgograd: VolgGTU, 2004. – 140 p.
33. P. V. Terelianskiy Analysis of the dynamic systems of expert preferences for decision making in the economy. /P. V. Terelianskiy // Materialy IV miedzynarodowej naukowiprakticznej konferencji «Nauka I inowacja – 2008» – Tym 3. Ekonomiczne nauki.: Przemysl. Sp. z o.o. «Nauka i Studia» – 104 str. – pp. 3-5.
34. P.V. Terelianskiy Distributed System of the Support of Decision Making on the Basis of the Method of the Analysis of Hierarchies. /P. V. Terelyanskiy // Materialy IV of Mezinarodni of Vedecko-Praktika of Conference « Evropska of Veda XXI of Stoleti – 2008» – Dil 16. Technicke of Vednye. Moderni Informacni Technologie: Praha. Publishing House « Education and Science» s.r.o. – 64 stran. – pp. 55-58.

35. P.V. Tereliansky Mathematical and Instrument Supporting Means of Decision Making in the Economy. /P. V. Terelyanskiy // Audit and Financial Analysis. – 2008. – №6, pp. 461-471.
36. P.V. Tereliansky Numerical Method of Predicting the Dynamics of the Priorities // Materialy IV miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauki i techniki – 2008» – Volyme 4. Ekonomiczne nauki : Przemysl. Sp. z o.o. «Nauka i Studia» – 96 str. – pp. 47-50.
37. P.V. Tereliansky Computer System of Decision Making with the Prognostication of the Dynamics of the Preferences/ P.V. Tereliansky // International Conference on the Problems of Control (on June 29, 2 July 1999).: Theses. Report. In Three Volumes. V.2. – M.: Fund « The Problems of Administration», 1999. – pp.342-345.
38. P.V. Tereliansky Concept of the Distributed System of the Support of Decision Making/ P.V. Terelyanskiy, R. M. – R. Bakhmudov // Izvestiya vuzov, Mashinostroenie, №7, 2004. – pp. 49-54.
39. P.V. Tereliansky Research of Dynamic Systems for Decision Making/ P.V. Terelyanskiy // The Contemporary Problems of Information of the Society. Theses of the Reports IV of International Electronic Scientific Conference. – Voronezh: Voronezh State Pedagogical University, 1999. – pp.77-78.
40. P.V. Terelyanskiy Development of the Means of the Prognostication of the Technical Solutions on the Basis of the Hierarchical Models: diss. ... Cand. tech. the sciences: 05.13.12: it is protected by 08.06.2000: sets. 10.11.2000/ Terelyanskiy Pavel Vasilyevich. – Volgograd, 2000. – 156 p.
41. P.V. Terelyanskiy The Information Technologies of the Prognostication of the Technical Solutions on the Basis of the Fuzzy and Hierarchical Models: the Monograph/ P.V. Terelyanskiy, A.V. Andreychikov. – Volgograd: VolgGTU, 2007. – 204 p.
42. E.A. Trakhtengerts Computer Support of Decision Making: Practical-Scientific Publication. Series « Informatizations of Russia on the Threshold XXI of Century»/E.A. Trakhtengerts. – M.: SINTEG, 1998. – 376 p.
43. L. Zadeh Concept of Linguistic Variable and It's Application to the Adoption of the Approximate Solutions: trans. from Engl./ L. Zadeh – M.: Mir, 1976. – 165 p.

Keywords

Information Systems in Economy, the Decision Support Systems, the Strategic Management.