

**А.А. МОРОЗОВ, В.Л. КОСОЛАПОВ, С.П. КОЗЛОВА, В.В. МАЛИНОВСКИЙ,
О.В. ОТРИШКО**

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Abstract: The questions of the software development of multicriterion expert estimation are considered in this article for taking decisions of the problems of the operative analysis (economic, statistical, informational). The investigation of methods and ways of building information analytical support system of taking decisions were performed, cardinal principles of their operation and possibility of their use for operative analysis were founded. Three original algorithms of solving these problems with using technology of expert estimation are offered.

Key words: multicriteria analysis, expert estimation, estimation criteria, hierahal analysis.

Анотація: У статті розглядаються питання розробки програмних засобів багатокритеріальної експертної оцінки з метою рішення задач оперативного аналізу (економічного, статистичного, інформаційного). Виконано дослідження методів і способів побудови інформаційних аналітичних систем підтримки прийняття рішень, знайдені основні принципи їх функціонування і можливість використання для оперативного аналізу. Запропоновано три оригінальних алгоритми рішення цих задач з використанням технології експертної оцінки.

Ключові слова: багатокритеріальний аналіз, експертна оцінка, критерій оцінювання, аналіз ієрархій.

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы разработки программных средств многокритериальной экспертной оценки с целью решения задач оперативного анализа (экономического, статистического, информационного). Выполнено исследование методов и способов построения информационных аналитических систем поддержки принятия решений, найдены основные принципы их функционирования и возможность использования для оперативного анализа. Предложено три оригинальных алгоритма решения этих задач с использованием технологии экспертной оценки.

Ключевые слова: многокритериальный анализ, экспертная оценка, критерий оценивания, анализ иерархий.

1. Введение

При создании прогрессивных технологий в настоящее время становится актуальной разработка программных способов экспертной оценки при решении задач оперативного анализа объектов интеллектуальной собственности (ОИС), оценки риска (экономического, статистического, информационного) и анализа их зависимости от источников и влияний современного рынка с целью исследования методов экспертного анализа для разработки алгоритмов этих методов и программного обеспечения к ним, создание программной среды, обеспечивающей анализ этой патентной информации. При решении этой задачи необходимо, для удобства пользователя, создать интеллектуальный интерфейс потребителя, а также проанализировать полученные результаты и определить сферу применения новых моделей.

2. Анализ основных современных достижений и публикаций

В странах, лидирующих в сфере компьютерных технологий, недавно сформировалось новое много- и междисциплинарное направление – выявление знаний в данных (knowledge discovery in databases and data mining) [1] или же «интеллектуальный анализ данных». В дальнейшем будем использовать термин «выделение знаний из данных» (ВЗД). В настоящее время формируется идеологическая и понятийная базы ВЗД, интенсивно расширяется сфера приложений ВЗД: в

здравоохранении, биохимии, социологии, финансовой, кредитной и маркетинговой деятельности, в правительственных службах, технической диагностике, в управлении производством и городской инфраструктурой, управлении сетями телекоммуникаций и т.д.

Потребность в новой методологии и компьютерных инструментах обусловлена нерешенностью ряда важнейших задач.

Применяемые технологии SQL-запросов реализуют лишь изучение данных, как правило, без обобщения. Информационные системы OLAP (on-line analytical processing) содержат «вторичные», более укрупненные, данные, и обеспечивают аналитика подготовленными заранее агрегатами и «срезами» информации [2, 3]. Тем самым выполняется сначала лишь поверхностный анализ данных, оставляя за человеком глубокий последующий и содержательный анализ. Хранилища данных (data warehouses) обеспечивают интегрированные, очищенные и систематизированные данные, т.е. создают информационную базу ВЗД. Известные статистические методы анализа данных не доводят анализ до логического конца, что приводит к интеллектуальной перегрузке человека-аналитика. И только в системах ВЗД компьютер изучает и анализирует данные глубоко и автономно, обеспечивая нужную прозрачность, обобщенность результатов и высокую системную производительность.

Таким образом, новые и модернизированные методы, программно-информационные технологии и инструменты индуктивной переработки информации в сочетании с производительностью современных компьютеров создали возможность расширения применения направления ВЗД в различных отраслях народного хозяйства.

2.1. Исходные данные и информационные средства для решения задачи

В настоящее время успешное функционирование различных учреждений просто не возможно без развитой информационной системы, которая позволяет автоматизировать сбор и обработку данных.

Современными информационными системами являются банки данных, включающие [6]:

- одну или несколько баз данных (БД);
- систему управления базами данных (СУБД);
- набор прикладных программ;

БД обеспечивает хранение информации и представляет собой совокупность данных, организованных по определенным правилам. БД позволяет структурировать и хранить данные различного типа.

Системы управления базами данных (СУБД) – это совокупность языковых и программных средств, предназначенных для создания, ведения и использования БД.

Прикладные программы, или приложения, служат для обработки данных, содержащихся в БД. Пользователь осуществляет управление БД и работу с ее данными именно с помощью приложения. В качестве прикладных программ могут быть *системы поддержки принятия решений (СППР)*, которые значительно упрощают поиск и обработку информации в БД [6].

СППР на основе многокритериального оценивания получили большое практическое применение.

Одна из таких систем предложена в этой работе, в которой рассмотрены вопросы разработки *информационно-аналитической системы (ИАС) учета и контроля (УК) использования объектов интеллектуальной собственности (ОИС) и принятия решений оперативного анализа патентной информации (ИАС УК ОИС «Эксперт-патент»*). Для решения поставленной задачи использованы методы теории поддержки принятия решений для решения управленческих задач по выбору альтернатив из множества однородных, каждая из которых может быть оценена по одному и тому же множеству критериев.

В рамках информационно-аналитического учета и контроля использования объектов интеллектуальной собственности была разработана ИАС «Эксперт-патент», предназначенная для решения описанных выше задач. Система анализа патентной информации создана с целью автоматизации выбора ОИС для решения задач оперативного прогноза, оценки риска финансирования, а также анализа зависимости их от факторов и влияний современного рынка.

Сам процесс решения задач в представленной ИАС «Эксперт-патент» включает 6 этапов:

1. Определение проблемы.
2. Структурирование задачи в виде иерархий.
3. Экспертное оценивание.
4. Определение согласованности множества оценок экспертов.
5. Синтез приоритетов.
6. Вывод результатов.

ИАС «Эксперт-патент» имеет представленную на рис. 1 архитектуру.

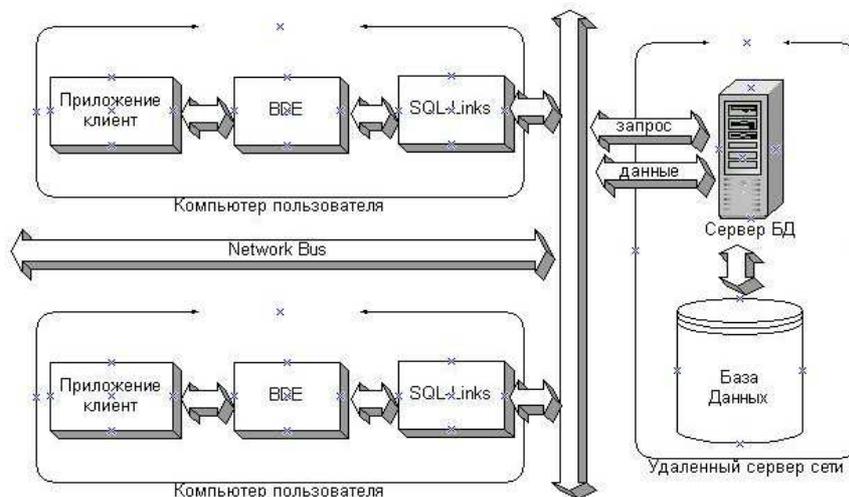


Рис. 1. Архитектура ИАС «Эксперт-патент»

Информационно-аналитическая система (ИАС) «Эксперт-патент» представляет собой приложение пользователя (приложение-клиент) по аналитической обработке данных, представленных в БД. БД располагается на удаленном компьютере-сервере, а ИАС – на компьютере пользователя. Для получения данных приложение-клиент формирует и отправляет запрос удаленному серверу, на котором размещена БД. После получения запроса удаленный сервер направляет его SQL-серверу (серверу БД).

SQL-сервер – это программа, которая управляет удаленной БД и обеспечивает выполнение запроса и выдачу клиенту его результатов – требуемых данных. Запрос формулируется на языке SQL, который является стандартным средством доступа к серверу при использовании реляционных БД. Вся обработка запроса выполняется на удаленном сервере. Достоинствами такой архитектуры являются:

- низкая нагрузка на сеть, в которой циркулирует только нужная информация;
- безопасность информации, так как обработка запросов всех клиентов выполняется единой программой, расположенной на сервере. Сервер устанавливает общие для всех пользователей правила пользования БД, управляет режимами доступа клиентов к данным во времени, запрещая одновременное изменение одной записи различными пользователями;
- в клиентских приложениях отсутствует код, обеспечивающий управление БД и разграничение доступа к ней [6].

Для реализации архитектуры клиент-сервер применялась многопользовательская СУБД InterBase.

В ИАС «Эксперт-патент» также реализована архитектура локальных БД на основе движка Microsoft Access. Локальные БД расположены на том же компьютере, что и приложение. Работа с БД происходит в однопользовательском режиме. Для управления совместным доступом к БД встроены специальные средства контроля и защиты для вводимой и записанной информации. Эти средства могут понадобиться в случае, когда приложение пытается изменить запись, которую редактирует другой пользователь. Каждая БД осуществляет этот контроль своими способами и имеет средства разграничения клиентского доступа.

2.2. Определение решаемой задачи

Аналитика или специалиста интересует вопрос оптимального выбора интересующих его данных среди множества аналогичных вариантов по определенным, хорошо известным ему, критериям. ИАС позволяет аналитику задавать интересующие его критерии и в соответствии с ними выделять среди множества вариантов именно те данные, которые оптимально соответствуют заданным критериям.

Для построения дерева иерархий, а также для оценки его дуг, применяется метод попарных сравнений, который использует экспертную информацию.

Объектом проведения анализа и выбора вариантов являются патенты, а также все данные о них, которые представлены в БД. Поэтому наличие такой системы дает возможность довольно точно анализировать данные, представленные в БД.

2.3. Структурирование задачи в виде иерархий

Первым этапом настройки системы является формулировка критериев. В ИАС предусмотрены удобные средства для ввода критериев, а также возможность выбора различных формулировок критериев из файлов.

Аналитики-эксперты после получения ими четко сформулированной задачи, т.е. цели задачи и множества вариантов решения, структурируют задачу в виде дерева иерархий.

В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (цели – с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню, который является перечнем альтернатив.

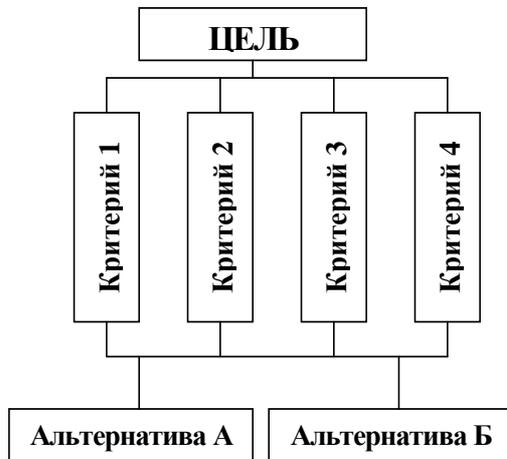


Рис. 2. Полная доминантная иерархия

Существуют несколько видов иерархий. Самые простые – доминантные иерархии, которые похожи на перевернутое дерево с основой в вершине.

Иерархия считается полной, если каждый элемент заданного уровня функционирует как критерий для всех элементов нижестоящего уровня (рис. 2). В противном случае, иерархия неполная.

Иерархия разделяется на подиерархии, имеющие общим самый верхний элемент.

Такая форма нисходящей декомпозиции может быть легко использована для задач

широкого класса. Элементы нижнего уровня иерархии сравнимы попарно по отношению к элементам следующего уровня и т.д., вплоть до вершины иерархии [4].

Например, надо получить имеющие смысл ответы на вопросы такого типа: «Насколько альтернатива А лучше альтернативы Б или В по критерию к» или «Насколько по отношению к основной цели критерий 1 важнее критерия 2» и т.д. Когда есть сомнения относительно того, какие уровни следует ввести в иерархию, закон иерархической непрерывности обеспечивает необходимую связь. Целью построения является получение приоритетов элементов на последнем уровне, наилучшим образом отражающих относительное воздействие на вершины иерархии.

Метод анализа иерархий требует структурирования проблемы участниками (аналитиками) в процессе решения, составления иерархии в соответствии с их потребностями, пониманием ограничений (например, денежных средств) и существующими вариантами выбора. Не обязательно, чтобы все участники в процессе планирования пришли к полному согласию по всем компонентам проблемы. Участники (аналитики) процесса позже смогут выразить свои предпочтения относительно критериев и альтернатив. Определение критериев может потребовать длительных предварительных рассуждений и переговоров.

3. Экспертное оценивание

Следующим этапом настройки ИАС «Эксперт-патент» является определение показателей значимости критериев. Эту операцию под руководством лица, принимающего решение (ЛПР), осуществляет бригада экспертов, использующих методы групповых парных сравнений.

От профессионализма и ответственности экспертов непосредственно зависит качество рекомендуемых ИАС решений. Поэтому на этом этапе ЛПР должен привлекать наиболее опытных экспертов и, используя методы «мозгового штурма», находить согласованные формулировки таких важных категорий [5].

После иерархического воспроизведения проблемы аналитики-эксперты приступают к определению значимости критериев.

В общем случае экспертное оценивание можно определить так: задано некоторое множество $A = \{A_h\}$, $h = (1, k)$, альтернатив, которые нужно сравнить по некоторому множеству критериев C_n с целью определения относительных коэффициентов значимости w_h . Причем эти коэффициенты должны удовлетворять условию уравнения нормирования $\sum w_h = 1$.

Элементы задачи из множеств $A = \{A_h\}$, $h = (1, k)$, альтернатив сравниваются попарно экспертами-аналитиками из множества E_i для получения вектора парных сравнений $D = \{d_{ij}\}$, $i, j = (1, k)$.

Парные сравнения приводят к матричной форме – квадратной – матрице парных сравнений [4] (табл. 1).

Таблица 1. Матрица парных сравнений

	A_1	A_2	A_3	...	A_n
A_1	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$...	$\frac{w_1}{w_n}$
A_2	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$...	$\frac{w_2}{w_n}$
A_3	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$...	$\frac{w_3}{w_n}$
...
A_n	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	$\frac{w_n}{w_3}$...	$\frac{w_n}{w_n}$

Матрица может состоять только из одной строки или одного столбца, которые называются векторами.

Квадратная матрица имеет равное число строк и столбцов, а также другие полезные характеристики, такие, как собственные векторы и собственные значения. Смысл таких вычислений заключается в том, что они определяют способ количественного определения сравнительной важности факторов или результатов в проблемной ситуации. На факторах с наибольшими величинами важности будет сконцентрировано внимание при решении проблемы или разработке плана действия.

В силу разнородности критериев оценки экспертами-аналитиками проводятся по шкале относительной важности (табл. 2). Например, если сравниваются относительные веса критериев и имеются критерий А весом W_A и Б весом W_B , то в качестве отношения критерия А к критерию Б в

матрицу вводится отношение W_A/W_B . Обратная величина – W_B/W_A вводится в матрицу в качестве отношения критерия Б к критерию А.

Эта шкала оказалась эффективной не только во многих приложениях, ее правомочность доказана теоретически при сравнении со многими другими шкалами [4].

Таблица 2. Шкала относительной важности

Интенсивность относительная	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному виду деятельности дает настолько сильное превосходство, что оно становится практически значимым
9	Очень сильное превосходство	Очевидность. Превосходство одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины приведенных выше чисел	Если при сравнении одного вида деятельности с другим получено одно из вышеуказанных чисел (3), то при сравнении второго вида деятельности с первым получим обратную величину (1/3)	

При сравнении элемента с самим собой отношение равно единице. Если первый элемент важнее, чем второй, то используется целое число из шкалы относительной важности, в противном случае используется обратная величина. В любом случае обратные друг к другу отношения заносятся в симметричные позиции матрицы. В силу этой причины, как правило, приходится иметь дело с положительными обратно-симметричными матрицами и необходимо произвести только $n(n-1)/2$ суждений, где n – общее число сравниваемых элементов. Поскольку суждения людей не обязательно будут полностью согласованы, исключаем требования обратной симметричности. Можно построить матрицу и с меньшим, чем $n(n-1)/2$, числом суждений, полученных от различных людей [5].

Для сравнения относительной важности неосязаемых или количественно не определяемых факторов не является критичным тот факт, что у нас нет физических или объективных единиц

измерения. Можно утверждать, что критерий 1 «слегка важнее», чем критерий 2, чем «гораздо важнее», и т.д. Таким образом, разница между сравнением физических объектов и неосязаемых чувств не столь велика.

Для каждого последующего уровня иерархии строятся дополнительные матрицы. Сравнивается, какой из двух сравниваемых критериев считается более важным и насколько он более важен именно по отношению к цели.

По соглашению сравнивается относительная важность левых элементов матрицы относительно диагонали с элементами наверху (табл.1). Поэтому если элемент слева от диагонали матрицы важнее, чем элемент сверху диагонали, то в клетку заносится положительное целое (от 1 до 9), в противном случае – обратное число (дробь). Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим собой, равна 1, поэтому диагональ матрицы (элементы от левого верхнего угла до нижнего правого) содержит только единицы. Наконец, обратными величинами заполняют симметричные клетки, т.е. если элемент А воспринимается как «слегка более важный» (3 на шкале) относительно элемента Б, то считаем, что элемент Б «слегка менее важен» (1/3 на шкале) относительно элемента А.

3.1. Определение согласованности множества оценок экспертов

По результатам полученных сравнений вычисляется степень согласованности множества оценок экспертов с условием, что CR (coordination relationship) составляет не более 20% от средней согласованности для случайных матриц разного размера. И, учитывая коэффициент компетентности каждого эксперта, вычисляется результирующий вектор значимости w_n [4].

При обработке экспертной информации для нахождения коллективных оценок используется алгебраический метод.

В ИАС используются формы, которые разрешают задать n матриц одинаковой размерности. Эти формы используются для задания экспертных оценок. Результаты сравнения экспертом вариантов вершин, которые могут быть включены в дерево, заносятся в матрицу.

3.2. Синтез приоритетов

После составления матриц и субъективных парных суждений необходимо определить ту альтернативу, которую следует выбрать. Рассмотрим, каким образом сочетаются иерархическая декомпозиция и шкала относительной важности для получения осмысленных подходов к многокритериальным проблемам планирования.

Из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов, выражающих относительное влияние множества элементов на элемент примыкающего сверху уровня. Теперь надо найти относительную силу, желательность или вероятность каждого отдельного объекта через решение матриц, каждая из которых обладает обратно-симметричными свойствами. Для этого нужно вычислить множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем нормализовать результат к единице, получая тем самым вектор приоритетов.

Вычисление собственных векторов – не очень сложная задача, однако может потребовать довольно много времени для ее решения. К счастью, имеются несложные пути получения

хорошего приближения к приоритетам, такие как геометрическое среднее, решение характеристического уравнения $|A_w - \lambda_w| = 0$, метод степени [5].

Одним из наилучших путей решения данной задачи является вычисление геометрического среднего. Это можно сделать, перемножая элементы в каждой строке и извлекая корни n степени, где n – число элементов. Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму всех чисел. Иной способ заключается в нормализации элементов каждого столбца матрицы и затем в усреднении каждой строки. Таким образом, мы можем определить не только порядок приоритетов каждого отдельного элемента, но и величину его приоритета.

При использовании любого метода аппроксимации существует опасность изменения порядка ранжирования и вслед за этим получения нежелательных результатов. Подход, основанный на вычислениях собственного вектора, использует информацию, которая содержится в любой, даже несогласованной матрице, и позволяет получать приоритеты, основанные на имеющейся информации, не производя арифметических преобразований данных [4]. Примером служит табл. 3.

Таблица 3. Оценка компонент собственного вектора

	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$
A_2	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$
A_3	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$
A_4	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$

Если

$$\left(\frac{w_1}{w_1}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_2}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_3}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_4}\right)$$

перемножаются и затем извлекается корень 4-й степени, то оценка первой компоненты главного собственного вектора получается из этой строки.

Таким образом, компонента собственного вектора первой строки равна

$$\sqrt[4]{\left(\frac{w_1}{w_1}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_2}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_3}\right) \times \left(\frac{w_1}{w_4}\right)}. \quad (1)$$

После того как компоненты собственного вектора получены для всех n строк, становится возможным их использование для дальнейших вычислений. Для этого необходимо вычислить вектор приоритетов (табл. 4).

Таблица 4. Получение вектора приоритетов

Матрица					Вычисление оценки компонент собственного вектора по строкам	Нормализование результата для получения оценки вектора приоритетов
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄		
A ₁	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \frac{w_1}{w_4}} = a$	$\frac{a}{\text{сумма}} = x_1$
A ₂	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_2}{w_1} \times \frac{w_2}{w_2} \times \frac{w_2}{w_3} \times \frac{w_2}{w_4}} = b$	$\frac{b}{\text{сумма}} = x_2$
A ₃	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_3}{w_1} \times \frac{w_3}{w_2} \times \frac{w_3}{w_3} \times \frac{w_3}{w_4}} = c$	$\frac{c}{\text{сумма}} = x_3$
A ₄	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_4}{w_1} \times \frac{w_4}{w_2} \times \frac{w_4}{w_3} \times \frac{w_4}{w_4}} = d$	$\frac{d}{\text{сумма}} = x_4$

Сложить столбцы и нормализовать

Умножение матрицы на вектор приоритетов производится следующим образом (2): умножаем первый элемент строки на первый элемент столбца x второй; элемент в строке на второй элемент столбца x и т. д. Затем суммируем эти величины и получаем одно число для этой строки:

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \frac{w_1}{w_4} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \frac{w_2}{w_4} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \frac{w_3}{w_4} \\ \frac{w_4}{w_1} & \frac{w_4}{w_2} & \frac{w_4}{w_3} & \frac{w_4}{w_4} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = \begin{cases} \frac{w_1}{w_1} \cdot x_1 + \frac{w_1}{w_2} \cdot x_2 + \frac{w_1}{w_3} \cdot x_3 + \frac{w_1}{w_4} \cdot x_4 = Y_1; \\ \frac{w_2}{w_1} \cdot x_1 + \frac{w_2}{w_2} \cdot x_2 + \frac{w_2}{w_3} \cdot x_3 + \frac{w_2}{w_4} \cdot x_4 = Y_2; \\ \frac{w_3}{w_1} \cdot x_1 + \frac{w_3}{w_2} \cdot x_2 + \frac{w_3}{w_3} \cdot x_3 + \frac{w_3}{w_4} \cdot x_4 = Y_3; \\ \frac{w_4}{w_1} \cdot x_1 + \frac{w_4}{w_2} \cdot x_2 + \frac{w_4}{w_3} \cdot x_3 + \frac{w_4}{w_4} \cdot x_4 = Y_4. \end{cases} \quad (2)$$

Когда матрица имеет такой вид, получается, что в действительности x_1, x_2, x_3 и x_4 есть не что иное, как $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ и ω_4 соответственно. Из отношений ω_i/ω_j определим каждую компоненту ω . Важно отметить, что в матрице суждений нет отношения в виде ω_i/ω_j , а имеются только целые числа или их обратные величины из шкалы. Эта матрица в общем случае не согласованна. Алгебраически задача в случае согласованности заключается в решении уравнения $A\omega = n\omega$, а общая задача с обратно-симметричными суждениями – в решении уравнения $A'\omega' = \lambda_{\max} \omega'$, $A' = (a_{ij})$, где λ_{\max} – наибольшее собственное значение матрицы суждений A [4].

Принцип синтеза. Приоритеты синтезируются, начиная со второго уровня вниз. Локальные

приоритеты перемножаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует этот элемент. (Каждый элемент второго уровня умножается на единицу, т.е. на вес единственной цели самого верхнего уровня.) Это дает составной, или глобальный, приоритет того элемента, который затем используется для взвешивания локальных приоритетов элементов, сравниваемых по отношению к нему как к критерию и расположенных уровнем ниже. Процедура продолжается до самого нижнего уровня.

В сравнительно больших матрицах (например, от 7 до 9 элементов) часто трудно достигнуть высокого уровня согласованности. Тем не менее уровень согласованности должен соответствовать тому риску, который сопутствует работе с несогласованными результатами. Например, при сравнении воздействия лекарств на организм необходимо иметь очень высокий уровень согласованности.

Обнаружение влияния критериев на выходные данные происходит в результате работы системы. Система покажет, какие параметры больше влияют на результат, а какие можно не учитывать при дальнейшем анализе, покажет дерево иерархии с указанием веса каждой из дуг.

Следует соблюдать осторожность, решив исключить из рассмотрения какие-то критерии после первых вычислений.

4. Вывод результатов

В системе предусмотрены удобные средства выдачи как итоговой информации о показателях относительной эффективности альтернатив, так и вспомогательной: формулировок критериев и их значений, коэффициентов компетентности экспертов, коэффициента спектральной согласованности множества экспертных оценок.

Итоговая информация может выдаваться либо в виде диаграмм, либо в виде таблицы.

Графическое представление выборки показателей согласованности множества экспертных оценок реализовано в ИАС "Эксперт-патент" в виде форм, представленных на рис. 3 и рис. 4.

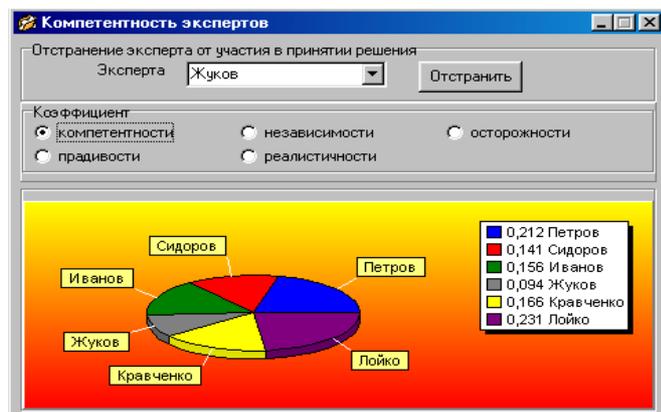


Рис. 3. Графическое представление показателей компетентности экспертов

Главная задача этих форм – обеспечить наглядность подачи информации. Пользователь может визуальнo отследить динамику изменения показателей и выявить ее тенденции. В некоторых случаях этого достаточно для того, чтобы визуальнo определить несогласованность экспертных оценок.

При использовании экспертной информации необходимо учитывать компетентность экспертов, для чего требуется определить способы количественной оценки степени компетентности при определении согласованности матриц экспертных оценок.

Данная форма (рис. 3) реализует графическое представление выборки показателей компетентности экспертов. Пользователь может визуально отследить компетентность экспертов и

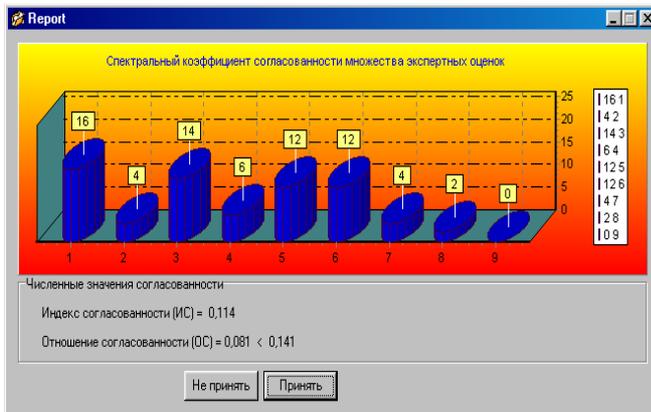


Рис. 4. Спектральное представление согласованности множества экспертных оценок

в случае необходимости отстранить эксперта от принятия участия в вычислении агрегированных оценок.

Определение согласованности множества экспертных оценок предшествует этапу вычисления агрегированной оценки и имеет своей целью решение вопроса возможности использования этого множества для получения такой оценки и определения некоторого значимого его подмножества.

Экспертные оценки являются номерами делений шкалы оценивания относительной важности критериев (табл. 2), которая расположена на Оси X (рис. 4). На шкале, представленной на Оси Y (рис. 4), отображается общее количество экспертов, указавших i-ю оценку относительной важности критерия (табл. 1) в качестве своего предпочтения (рис. 4).

В случае неудовлетворения согласованностью экспертных оценок пользователь системы может отправить представленный блок информации на доработку.

4.1. Программные модули системы ИАС «Эксперт-патент»

Для успешного функционирования разработанная ИАС должна реализовывать функции отображения интерфейса в форме, удобной для пользователя. Среди них выделим:

- а) обработку запроса пользователя с исключением неверно заданных форматов, неверно заполненных полей запроса и т.п.;
- б) вывод сообщений об ошибках в случае программных или системных збоев;
- в) поиск информации в БД, в соответствии с запросом, модификация или удаление данных в БД (поиск требуемых материалов, административная работа с системой для администратора);
- г) реализацию алгоритмов экспертного оценивания информации БД и качественного прогнозирования;
- д) отображение результатов работы.

Для реализации вышеописанных функций были разработаны следующие программные модули: MAIN.pas, DBWork.pas, Unit1.pas, MAI.pas, AnalyseMAI.pas, Constants.pas, CompTest.pas, FormReport.pas.

Модуль MAIN.pas

Данный модуль системы предназначен для отображения главной формы. Модуль выполняет:

- вызов текстового редактора;

– подключение Баз Данных (*.gdb, *.mdb);

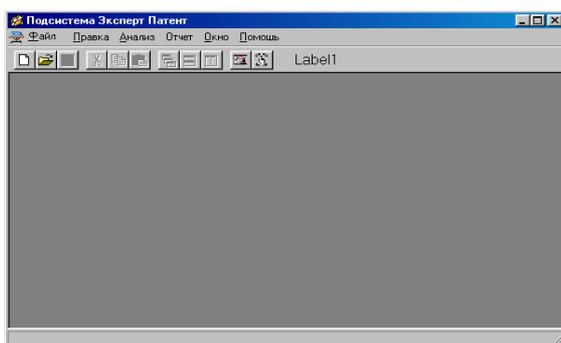


Рис. 5. Главная форма

- выбор метода анализа;
- вызов модуля содержащего константы;
- вызов отчетов, проведенного анализа (спектрального);
- вызов справки системы.

Главное меню обеспечивает вызов информационных форм, текстового редактора, выбор отчетов, редактирование таблицы констант и выбор метода анализа.

На рис. 5 приведена форма главного окна.

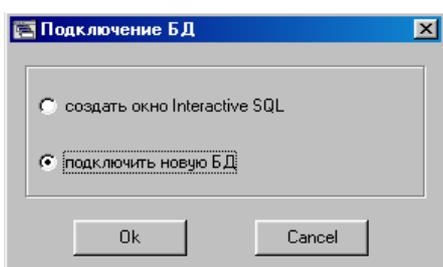


Рис. 6. Форма подключения БД

Модуль DBWork.pas

Обеспечивает работу системы с БД (Interbase, Microsoft Access), вызывает окно интерактивного создания запросов SQL (рис. 6).

Объект TDBaseWork

Данный объект обеспечивает работу системы с Базами Данных. Реализует подключение БД двух типов: InterBase (*.gdb), Microsoft Access (*.mdb) и модификацию таблиц БД. Объект выполняет реализацию интерактивных SQL запросов (Interactive SQL), а также запросов по маске.

Описание объекта реализовано в модуле DBaseWork.pas.

Исследуемые методы:

1. Create – конструктор объекта.
2. ConnectBase – подключение БД InterBase и Microsoft Access.
Проверка ввода пароля и сохранения данных БД при выходе.
3. DynamicQuery – выполнение интерактивных запросов и запросов по маске.
4. StaticQuery – выполнение запросов по маске.

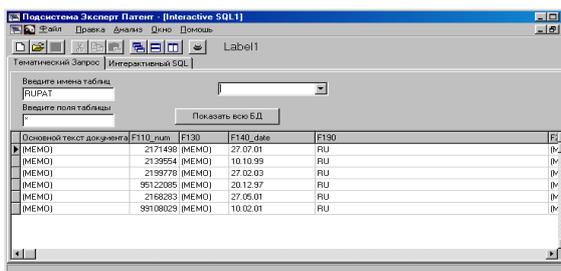


Рис. 7. Форма работы с информацией в БД

Модуль Unit1.pas

Модуль реализует выполнение интерактивного SQL запроса или запроса по маске (рис. 7).

Модуль MAI.pas

Данный модуль реализует известный метод анализа иерархий Т. Саати и К. Кернса (МАИ) [4].

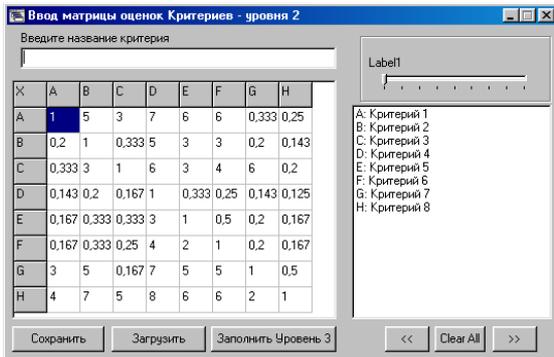


Рис. 8. Матрица парных сравнений критериев



Рис. 9. Матрица парных сравнений альтернатив

Объект TMAI

Объект TMAI описывает математическую модель алгоритма. Математическая модель метода анализа иерархий характеризуется количеством вариантов и количеством критериев оценки этих

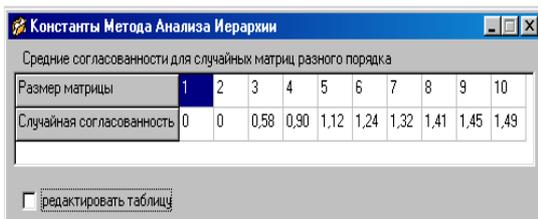


Рис. 10. Форма констант

нахождение собственных чисел матриц, а также нахождение и оценку индекса согласованности и отношения согласованности.

Описание объекта реализовано в модуле AnalyseMAI.pas. Его переменные имеют следующий вид:

1. Level1, Alev2 – матрицы парных сравнений уровня 1 и уровня 2 соответственно. Задаются методами SetParamsLev1, SetParamsLev2.
2. KritNum – количество задаваемых критериев.
3. VarAmount – количество вариантов ОИС.
4. Xlev1, Xlev2 – векторы приоритетов уровня 1 и уровня 2 соответственно. Рассчитываются методами SolveXlev1 и SolveXlev2.
5. Lambda – матрица собственных значений λ_{\max} , индексов согласованности (ИС),

Реализация данного метода происходит по таким этапам:

- ввод критериев оценивания (рис. 8);
- заполнение матрицы парных сравнений критериев уровня 1 (рис. 8);
- заполнение матриц парных сравнений объектов для каждого критерия (рис. 9);
- редактирование модуля, содержащего константы (если требуется) (рис. 10).

Этот модуль включает в себя следующие

объекты:

1. TMAI.
2. TConstants.

- отношений согласованности (ОС). Рассчитывается методом Solve.
6. Res – матрица результатов выбора оптимальных Объектов. Рассчитывается методом Solve.
7. MaxNum – вектор упорядоченных результатов.

Методы:

1. Create – конструктор математической модели.
2. SetParamsLev1 – формирование матрицы попарных сравнений уровня 1.
3. SetParamsLev2 – формирование матрицы попарных сравнений уровня 2.
4. SolveXlev1 – вычисление вектора приоритетов уровня 1.
5. SolveXlev2 – вычисление вектора приоритетов уровня 2.
6. Solve – вычисление матрицы собственных значений λ_{\max} , индексов согласованности (ИС), отношений согласованности (ОС).
вычисление матрицы результатов выбора оптимальных ОИС.
7. Mult – вспомогательная процедура перемножения двух матриц размера $n \times n$.

Объект TConstants

Объект TConstants включает в себя константы, таблицы констант, основные шкалы оценивания, используемые реализованными методами МАИ, ЭО на основе многопараметрических зависимостей и др.

Описание объекта реализовано в модуле Constants.pas. Его переменные имеют следующий вид:

1. ConstMAI – таблица средних согласованностей для случайных матриц разного порядка.
2. Koef – таблица коэффициентов компетентности, правдивости, независимости, осторожности экспертов-аналитиков.

Методы:

1. Create – конструктор объекта констант.
2. SetParams – вспомогательная процедура изменения значений констант в соответствии с требованиями пользователя.

Модуль CompTest.pas

При использовании экспертной информации необходимо учитывать компетентность экспертов, для чего требуется определить способы количественной оценки степени компетентности при нахождении согласованности матриц экспертных оценок.

Данный модуль реализует графическое представление выборки показателей компетентности экспертов. Главная задача этого модуля – обеспечение наглядности подачи информации. Пользователь может визуально отследить компетентность экспертов и в случае необходимости отстранить эксперта от принятия участия в вычислении агрегированных оценок.

Модуль FormReport.pas

В модуле реализовано графическое представление выборки показателей согласованности множества экспертных оценок. В некоторых случаях этого достаточно для того, чтобы определить несогласованность экспертных оценок.

Определение согласованности множества экспертных оценок предшествует этапу вычисления агрегированной оценки и имеет своей целью решение вопросов возможности использования этого множества для получения такой оценки и определения некоторого значимого его подмножества.

5. Пример экспертного оценивания

В качестве примера экспертного оценивания рассмотрим следующую задачу. Бухгалтерскому отделу в некоторой фирме для облегчения работы с финансовыми документами предложили на выбор три системы учета и контроля финансовой деятельности (доходы, затраты, долги и займы): ProFix Арм-бухгалтера вер.3.28, Инфо-Бухгалтер ПРОФ под Windows 95/98/NT вер.8.204, Decart вер.2.9. Предложенные альтернативы обозначим соответственно А, Б, В.

Аналитики фирмы решили воспользоваться предложенной ИАС для осуществления выбора системы учета и контроля финансовой деятельности предприятия для определения наиболее подходящей требованиям фирмы. Полный перечень предъявленных к системе учета и контроля деятельности предприятия требований, которые сравнивались, представлен на рис. 11. В дальнейшем такие требования в тексте будем называть критериями.

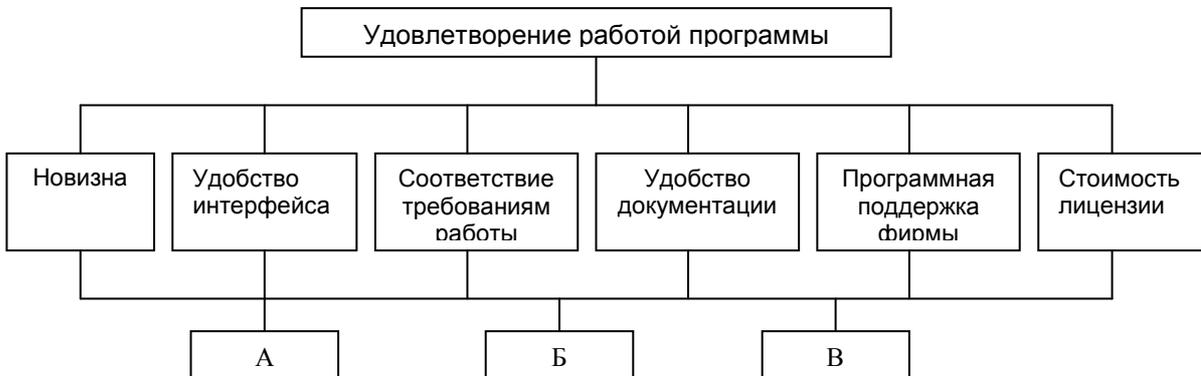


Рис. 11. Иерархия выбора

Критерии отдела для выбора покупки лицензии программы и соответствующие матрицы парных сравнений для выбора системы учета и контроля деятельности предприятия, высказанные отделом, представлены в табл. 5.

Таблица 5. Матрицы парных сравнений для выбора системы

Удовлетворе- ние работой программы	Новизна	Удобство интерфейса	Соответствие требованиям работы	Удобство Документации	Программная поддержка фирмы	Стоимость лицензии	Собственный Вектор
Новизна	1	1	1	4	1	1 / 2	0,16
Удобство интерфейса	1	1	2	4	2	1 / 2	0,19
Соответствие требованиям работы	1	1 / 2	1	5	3	1 / 2	0,19
Удобство документации	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0,05
Программная поддержка фирмы	1	1	1/3	3	1	1	0,12
Стоимость лицензии	2	2	2	3	1	1	0,30

Вычислив индекс согласованности экспертов, получили его, равным 0,07, что удовлетворяет условию не более 20% от средней согласованности матрицы 7x7. Для сравнения альтернатив составим матрицу их попарных сравнений (табл.6).

Таблица 6. Матрицы парных сравнений альтернатив

Новизна	А Б В	Удобство интерфейса	А Б В	Соответстви е требования м работы	А Б В
А	1 ¼ ½	А	1 ¼ 1/5	А	1 3 1/3
Б	4 1 3	Б	4 1 ½	Б	1/3 1 1
В	2 1/3 1	В	5 2 1	В	3 1 1
Удобство документаци и	А Б В	Программна я поддержка фирмы	А Б В	Стоимость лицензии	А Б В
А	1 1/3 5	А	1 1 7	А	1 7 9
Б	3 1 7	Б	1 1 7	Б	1/7 1 5
В	1/5 1/7 1	В	1/7 1/7 1	В	1/9 1/5 1

В этой матрице пары критериев сравниваются с точки зрения их относительного вклада в общее понятие «удовлетворение работой программы». Задавался вопрос: который из заданной пары критериев представляется вносящим большой вклад в понятие «удовлетворение программой» и насколько?

Полученные собственные векторы взвешиваются с помощью соответствующей компоненты собственного вектора объединенного критерия, и результаты суммируются и нормализуются. Получаем

$$0,16 \cdot \begin{pmatrix} 0,14 \\ 0,63 \\ 0,24 \end{pmatrix} + 0,19 \cdot \begin{pmatrix} 0,10 \\ 0,33 \\ 0,57 \end{pmatrix} + \dots + 0,3 \begin{pmatrix} 0,77 \\ 0,17 \\ 0,05 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,40 \\ 0,34 \\ 0,26 \end{pmatrix} \begin{matrix} A \\ B \\ B \end{matrix}.$$

Таким образом, выбор был сделан в пользу системы ProFix Арм-бухгалтера.

6. Выводы

В представленной работе предложен метод решения задачи экспертной оценки множества альтернатив на основе многокритериального анализа. Экспертная информация обрабатывается с учетом психометрических характеристик экспертов (введен коэффициент компетентности).

Дана оценка количества параметров альтернатив, и приводится анализ влияния несогласованности экспертных оценок на результирующую выборку альтернатив. Предложен метод к формальному определению степени согласованности с использованием индекса и соотношения согласованности.

В работе рассмотрены вопросы раздела исследуемой системы на отдельные элементы и установлена связь между ними. Поэтому она удобна потребителю. Также в работе выполнено исследование методов и способов построения информационных аналитических систем поддержки принятия решений, найдены основные принципы их функционирования и возможность их использования для оперативного анализа, оценки риска (экономического, статистического, информационного) и анализа зависимостей от источников и влияний современного рынка.

Предложено три оригинальных алгоритма решения этих задач с использованием технологии экспертной оценки. Разработано систему программных средств поддержки принятия решений оперативного анализа, которые функционируют в комплексной ИАС учета и контроля использования объектов интеллектуальной собственности «Эксперт-патент».

Возможность работы с большим количеством альтернатив обеспечивается применением аддитивной декомпозиции. Графическая часть проекта включает визуализацию полученных результатов.

В работе представлена методология построения иерархий, синтеза приоритетов и декомпозиции матриц парных сравнений.

Программная реализация ИАС «Эксперт-патент» выполнена в объектно-ориентированной среде Borland Delphi 6, удобна в использовании и не требовательна к ресурсам вычислительной машины.

Проведенный анализ проблематики интеллектуализации информационных аналитических систем выявляет процессы создания совокупности средств обеспечения умения системы фиксировать изменения в условиях существования и помогать человеку находить адекватные управленческие решения. Сформулирован ряд направлений исследований построения как задачи создания интеллектуализирующего обеспечения системы, и определены дополнительные задачи этапа обследования объекта автоматизации. Данные механизмы помогают повысить эффективность повседневной работы аналитических систем, обеспечивают существование системы как единого организма, который ориентируется в пространстве и во времени своего существования, демонстрируя разумное поведение. С точки зрения технологии создания ИАС, это системы нового вида, имеющие новое обеспечение, которое отличается от встречающихся ранее видов обеспечения: технического, программного, информационного и организационного. Такое обеспечение можно назвать интеллектуализирующим обеспечением.

Предлагаемая методология может быть использована в создании ИАС контроля и учета объектов интеллектуальной собственности Украины.

Результатом работы стала разработка алгоритмических и программных средств построения иерархии (дерева решений) и обработки информации (система), реализующая методы анализа и прогноза, представляющие один из мощных системных подходов к решению системных проблем. ИАС обеспечивает возможность быстро и объективно вывести из больших массивов данных ценное обобщенное содержание и предъявить этот кластер пользователю в удобной и понятной форме.

Ввод информации осуществляется по шкале относительной важности, представленной в работе. Каждый из реализованных методов предусматривает учет показателей относительной компетентности экспертов.

Реализованные методы позволяют определить источник наибольшей несогласованности оценок и сформулировать на этой основе рекомендации по уменьшению несогласованности. В ИАС «Эксперт-патент» предусмотрены режим определения ЛПР своих оценок относительной компетентности экспертов и возможность отстранения эксперта от участия в принятии решения.

В ИАС предусмотрены удобные средства выдачи как итоговой информации о показателях относительной эффективности альтернатив, так и вспомогательной: формулировок критериев и их значений, коэффициентов компетентности экспертов и коэффициента спектральной согласованности множества экспертных оценок.

Разработанная ИАС является составной частью работы по созданию информационно-аналитической системы контроля и учета объектов интеллектуальной собственности.

Методы основаны на обработке экспертной информации, получаемой при парном сравнении элементов рассматриваемой проблемы и последующем иерархическом синтезе результатов. Экспертная информация обрабатывается с учетом психометрических характеристик экспертов и интегрируется в дерево решений.

Результатом работы стала разработка алгоритмических и программных средств построения иерархии (дерева решений) и обработки информации (система), реализующая методы анализа и прогноза, представляющие один из мощных системных подходов к решению системных проблем. ИАС обеспечивает возможность быстро и объективно вывести из больших массивов данных ценное обобщенное содержание и предъявить этот кластер пользователю в удобной и понятной форме.

В перспективе разработки системы будут реализованы при оперативном получении свежих данных из информационных ресурсов интернета, а также при сетевой дискуссии экспертов посредством он-лайн общения или электронной почты, что значительно упрощает процесс принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goebel M., Gruenwald L. A sure of data mining and knowledge discovery software tools // SIGKDD Explorations, ACM SIGKDD. – 1999. – Issue 1. – P. 20 – 32.
2. Inmon W.H. The data warehouse and data mining // Communications of ACM. – 1996. – Vol. 39, N 11. – P. 49 – 50.

3. Балабанов А.С. Выделение знаний из баз данных – передовые компьютерные технологии интеллектуального анализа данных // Математические машины и системы. – 2001. – № 1, 2. – С. 40 – 55.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
5. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – К.: Наукова думка, 2002. – 381 с.
6. Гофман В., Хомоненко А. Delphi 5. – СПб.: «БХВ – Санкт-Петербург», 1999. – С. 481– 504.