

*Е.Г. ЖИЛЯКОВ*, д-р техн. наук,  
*Н.П. ПУТИВЦЕВА*

## **СИСТЕМА АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СУЖДЕНИЙ**

Запропоновано варіаційний метод обробки результатів парних якісних порівнянь досліджуваних об'єктів з метою визначення їх відносної важливості у вигляді додатних ваг без апіорної розробки шкал суджень. Основою методу є використання інтерпретації елементів матриць парних порівнянь у вигляді функції ваг, що шукаються.

The variational method of handling of results of pairwise qualitative comparisons of investigated objects for the reason of determination of their relative importance as positive weights without elaboration apriori of scales of judgements is offered. In the basis of this method the interpretation of elements of matrixes of pairwise comparisons as functions of required weights is used. The Decision Support System, which will realize choice of best alternative from number available on ANP and on developed variational method, is developing.

**Постановка проблемы.** Несмотря на широкие исследования в области принятия решений [1 – 7], до сих пор не найден оптимальный подход к задачам выбора.

Анализ существующих алгоритмов и методов показывает, что все они имеют свои недостатки и достоинства. При их использовании в конкретных системах не только приходится учитывать противоречивые требования по обеспечению быстродействия и точности выбора (простота реализации, объяснимость и т.д.), но и, естественно, характер самих задач (количество влияющих критериев, их взаимосвязь, относительная важность и т.д.).

Поэтому совершенствование методов определения весов сравниваемых объектов на основе качественных оценок представляется актуальной задачей и создание СППР, работающей на основе подхода, не требующего априорного формирования шкалы числовых градаций силы вербальных экспертных суждений, и в то же время являющейся простой в применении и доступной как с точки зрения работы с ней, так и с точки зрения затрат средств на ее внедрение, представляется актуальной задачей.

**Анализ литературы.** Можно выделить следующие основные модели поддержки принятия решений, используемые в современных системах поддержки принятия решений (СППР):

Статистические пакеты (*SPSS, STATGRAPICS, STATISTICA*), в основном использующие методы: корреляционного, регрессионного, факторного анализа. Недостаток этих систем – достаточно высокие требования к специальной подготовке пользователя и то, что большинство методов,

входящих в состав этих пакетов, опираются на усредненные характеристики выборки.

Системы на основе моделей нейронных сетей, в которых пытаются имитировать механизмы сетей нейронов (*BrainMaker* (CSS), *NeuroShell* (Ward Systems Group), *OWL* (HyperLogic)). Недостатки нейросетевой модели поддержки принятия решений – необходимость иметь очень большой объем обучающей выборки и то, что даже натренированная нейронная сеть представляет собой "черный ящик", поскольку правила принятия решений, а значит, и объяснения их скрыты от человека. На практике эти системы очень широко используются.

Системы, использующие рассуждения на основе прецедентов (*case based reasoning, CBR*) (*KATE tools* (Acknosoft, Франция), *Pattern Recognition Workbench* (Unica, США)). Для того чтобы сделать прогноз на будущее или выбрать правильное решение, эти системы находят в прошлом опыте близкие аналоги, примеры наличной ситуации и выбирают тот же ответ, который был правильным для таких прецедентов. Системы *CBR* показывают очень хорошие результаты в самых разнообразных задачах. Недостатки – большие временные затраты на поиск прецедентов для текущей ситуации и произвол, который допускают системы *CBR* при выборе метрики "близости" текущей, анализируемой ситуации к некоторому прецеденту.

Также большой процент систем использует метод анализа иерархий (МАИ) (СППР Солон-2, Expert Choice) или его модификации. СППР «Эксперт» (ВНИИ геосистем) реализует метод интегрального иерархического анализа (МИИА), его отличие от МАИ состоит в том, что в качестве входных данных им могут использоваться не только матрицы предпочтений, заданные пользователем, но и любые числовые значения показателей объективного характера, обрабатывающиеся в синтезе с базисной методикой обработки матриц предпочтений. Модель задачи по МИИА учитывает как субъективные экспертные суждения, так и объективные числовые характеристики, рассчитываемые по любым формульным алгоритмам.

Особенностью современных СППР, разрабатываемых для управления предприятиями, является то, что разработчики такого рода систем уделяют много внимания не реализации советующих процедур, помогающих ЛПР в принятии правильного управленческого решения, а организации хранения и обработки поступающей извне информации [5 – 7]. Особенно это характерно для СППР, применяющихся на крупных предприятиях, где руководителям разных подразделений необходима полная, непротиворечивая, достоверная, актуальная информация о состоянии бизнеса, и в то же время руководителю предприятия необходима полная картина бизнеса и своевременная обработка системой его запросов и выдача результата. В результате усложняется реализация и стоимость внедрения СППР за счет использования хранилищ данных, витрин данных, репозитариев. Это влечет за собой и дополнительный

расход денежных средств по использованию специализированных программных продуктов, так как для продуктивной работы с огромными массивами информации при данной структуре СППР необходимо использование OLAP-технологий.

Разрабатываемая же система не требует применения привлечения других программных продуктов для организации ее работы.

**Цель статьи.** Целью данной работы является разработка СППР на основе подхода к обработке вербальных экспертных суждений, использование которого не требует априорного формирования шкалы числовых градаций их силы. Эти градации и веса сравниваемых объектов могут быть вычислены на основе априорного задания вида идеальной структуры МПС и некоторых дополнительных предположений.

**Описание системы.** Предполагается, что разрабатываемая компьютерная система, будет осуществлять выбор наиболее приемлемой альтернативы из числа имеющихся путем учета и обработки суждений эксперта по степени предпочтительности того или иного критерия и альтернатив. В комплексе будет заложена возможность выбора калибровки для составления МПС и метода обработки МПС. Система должна быть понятной для работы с ней, должна быть оснащена системой подсказок или ссылок на соответствующую литературу. Эксперту должно быть на каждом этапе работы с комплексом объяснено, для чего нужна вводимая им информация (суждения), каким образом она будет обрабатываться и какой результат будет в итоге получен.

Обязательным компонентом комплекса должно быть определение меры несогласованности обработанных суждений эксперта. Система должна обеспечивать при неприемлемой степени несогласованности возврат на этап заполнения МПС с указанием эксперту причины несогласованности и что рекомендуется исправить для получения наилучшей альтернативы с высокой степенью достоверности.

В начале работы с комплексом эксперту будет предложена к заполнению анкета, где он должен указать следующие данные о себе: возраст, опыт работы, образование, достижения. Данные об эксперте будут храниться в созданной базе данных. После этого эксперту будет предложен тестовый пример по выбору наилучшей альтернативы из числа имеющихся. С помощью тестового примера можно производить отбор экспертов: оценивать согласованность суждений каждого из экспертов, его пригодность, установить его шкалу предпочтений.

Обработка результатов тестовой задачи будет осуществляться на основе упомянутого выше подхода.

## Описание математического метода, используемого в СППР для обработки экспертных суждений

Система использует для вычисления оценок ОВ два метода: метод анализа иерархий (МАИ) и разработанный вариационный метод.

МАИ, опирающийся на многокритериальное описание проблемы, был предложен и детально описан Т. Саати в своей работе "Принятие решений: метод анализа иерархий" [2]. В методе используется дерево критериев, в котором общие критерии разделяются на критерии частного характера. Для каждой группы критериев определяются коэффициенты важности. Альтернативы также сравниваются между собой по отдельным критериям с целью определения каждой из них. Средством определения коэффициентов важности критериев либо критериальной ценности альтернатив является попарное сравнение. Результат сравнения оценивается по бальной шкале. На основе таких сравнений вычисляются коэффициенты важности критериев, оценки альтернатив и находится общая оценка как взвешенная сумма оценок критериев.

Главный недостаток описанной процедуры определения ОВ заключается в том, что выбираемые априори числовые градации силы соответственных вербальных экспертных суждений не имеют достаточно строгого логического обоснования.

Подход к обработке вербальных экспертных суждений, использование которого не требует априорного формирования шкалы числовых градаций их силы, разработан для структурных функций вида

$$f_{ij}^{\rightarrow}(w) = w_i / w_j. \quad (1)$$

Ниже при вычислении оценок ОВ используются представления вида

$$\hat{w}_k = v_k / \sum_{i=1}^N v_i, \quad (2)$$

где  $v_i$  подчиняются (3) и (4) с нормировкой, удовлетворяющей условию (5):

$$v_i = \left( \prod_{j=1}^N C_{ij} \right)^{1/N}; \quad (3)$$

$$C_{ij} = \exp(\vec{g}_{ij}, \vec{p}), \quad (4)$$

где  $\sum_{k=2}^{M-1} (((k+1)/k - \exp(u \cdot r_k)) \cdot ((k+1)/k)^{(m-1)})^2 = \min, \forall u > 0;$  (5)

$$\bar{p} \in P_M = \{\bar{z} | z_i > 0, i = 1, \dots, M\}; \quad (6)$$

$$\bar{e}_k = (1, \dots, 1, 0, \dots, 0); \quad (7)$$

$$\bar{g}_{ij} = \text{sign}(b_{ij})\bar{e}_{|k|};$$

$$\text{sign}(z) = \begin{cases} 1, z > 0; \\ 0, z = 0; \\ -1, z < 0; \end{cases} \quad (8)$$

$$\bar{g}_i = \sum_{j=1}^N \bar{g}_{ij} / N; \quad (9)$$

$B = \{b_{ij}\}; i, j = 1, \dots, M$  – матрица, элементы которой заполняются согласно следующему правилу.

Если признано, что объект  $A_i$  превосходит  $A_j$ , и сила превосходства выражается  $k$ -м по порядку суждением, то

$$b_{ij} = k \quad (10)$$

и

$$b_{ij} = -k, \quad (11)$$

когда наоборот объект  $A_j$  в той же степени превосходит  $A_i$ ;  $C_{ij}$  – элементы матриц парных сравнений, выражающие в количественной форме силы превосходств/проигрышей объекта  $A_i$  перед  $A_j$ ,  $i, j = 1, \dots, N$ , а вектор  $\bar{p}$  находится из минимизации правой части

$$S(\bar{p}) = \bar{p}'(H - G)\bar{p} / \bar{p}'H\bar{p}, \quad (12)$$

где

$$H = \sum_{i,j=1}^N \bar{g}_{ij}\bar{g}_{ij}'; \quad (13)$$

$$G = 2N \sum_{i=1}^N \bar{g}_i\bar{g}_i'. \quad (14)$$

Как и в [2], близость получаемых оценок и исходных ОВ объектов  $w_k$ , определяется с помощью меры

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (w_k - \hat{w}_k)^2}. \quad (15)$$

**Структура системы.** На сегодняшний день разрабатываемая система имеет следующую структуру, приведенную на рисунке.

Хранение информации осуществляется в формате XML. Это избавляет от необходимости установки на компьютер пользователя дополнительных драйверов для работы с БД. Например, для хранения информации формата MDB требуется установка драйверов Microsoft Jet. При этом если мы обращаемся к базе данных через интерфейс ODBC, то нужно установить процессор баз данных BDE или использовать технологию ADO. Для исключения необходимости инсталляции BDE нами используется клиентский набор данных, построенный на основе COM-технологии с использованием внутреннего сервера, поставляемого в составе стандартной динамически компонуемой библиотеки midas.dll.

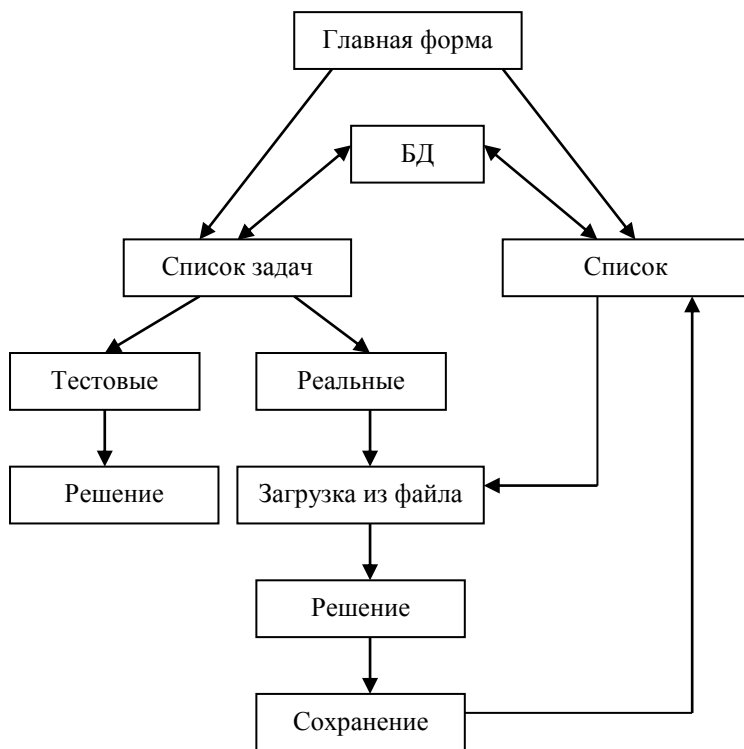


Рис.

Такой подход направлен на снижение стоимости эксплуатации системы и на повышение производительности вычислений.

**Выводы.** Результаты вычислительных экспериментов свидетельствуют о работоспособности предложенного метода определения в количественном виде относительных важностей нескольких объектов (альтернатив) на основе проведения парных качественных сравнений без априорной разработки шкал экспертных суждений и количественных значений выражаемых ими степеней превосходств. А результаты тестирования системы на данной стадии ее разработки свидетельствуют о том, что система жизнеспособна, устойчиво работает и выдает адекватные результаты, не требуется установка драйверов для работы с базами данных и не снижается скорость выполнения вычислений. Перспектива дальнейших исследований – разработка подхода к обработке экспертных оценок при косометричной и вероятностной калибровке матрицы парных сравнений.

Пока еще не разработана процедура отбора экспертов. Возможно, помимо вышеуказанного подхода оценки компетентности эксперта будет использован способ, предложенный в работе [8], основанный на вычислении среднего расстояния в пространстве признаков объектов, оцениваемых экспертами. Считается, что если расстояние мало, то эксперт подходит к оценке объекта в целом, не различая отдельные стороны объекта и, следовательно, такой эксперт недостаточно компетентен. Кроме того, на данный момент система помощи эксперту представляет собой help-файл с описанием работы системы и основных положений метода. Планируется реализовать систему контекстных меню и подсказок.

**Список литературы:** 1. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации. – М.: Наука, 1990. – 142 с. 2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 315 с. 3. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. – М.: Наука, 1996. – 208 с. 4. Глотов В.А., Павельев В.В. Экспертные методы получения информации и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с. 5. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения информации и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с. 6. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития. // Итоги науки и техники. Техн. кибернетика. – 1987. – Т. 21. – С. 131 – 165. 7. Спирли, Э., Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка и реализация. Т.1. – М.: Вильямс, 2001. – 507 с. 8. Герман О.В. Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. – Минск: ДизайнПРО, 1995. – 255 с.

*Поступила в редакцию 21.09.2004*