

*Буравлев А.И.*

*Доктор технических наук, профессор*

*Чумичкин А.А.*

*Кандидат технических наук, доцент*

### **Формирование базы знаний экспертной системы оценки военной безопасности: методологический подход**

*Рассмотрены методологические аспекты создания базы знаний экспертной системы.*

**Введение.** В современных информационных системах поддержки принятия решений широкое применение находят *экспертные системы*. Экспертные системы являются разновидностью интеллектуальных систем, источником и носителем базы знаний, в которых являются эксперты и специальные компьютерные программы обработки экспертной информации. Результатом взаимодействия «человека и компьютера» является синтез новых знаний об исследуемых явлениях и процессах.

Любая экспертная система (ЭС) включает в себя четыре необходимых элемента [1,2]: базу данных, базу знаний, управляющую программу и интерфейс.

*База данных* содержит текущие сведения о предметной области и непрерывно пополняется в процессе работы экспертной системы.

*База знаний* включает в себя:

- знания фактов и причинно-следственных связей между ними;
- фундаментальные законы и закономерности развития явлений процессов в данной предметной области;
- высококачественный опыт экспертов по решению проблем и задач;
- процедуры логического вывода, здравый смысл и эвристику, составляющие механизмы вывода новых знаний.

При этом такие элементы знаний как опыт, здравый смысл и эвристика являются прерогативой человеческого интеллекта и тем самым делают эксперта необходимым элементом экспертной системы [3].

*Управляющая программа* осуществляет управление процессом приобретения знаний, интерпретацию полученных решений, формирование новых знаний.

*Интерфейс* обеспечивает связь между пользователем, экспертом и экспертной системой.

Эксперт в ЭС выполняет несколько функций. Во-первых, он является источником формирования базы знаний ЭС в данной предметной области; во-вторых, он осуществляет «обучение» ЭС (управляющей программы) выводу новых знаний на основе полученных данных о процессах и явлениях; в-третьих, после создания прототипа ЭС эксперт осуществляет ее тестирование на предмет оценки ее качества и возможности использования в решении практических задач.

В известной литературе по экспертным системам [1,2,3 и др.] подробно описаны организация, технологии и инструментальные средства построения таких систем. В настоящее время разработаны и успешно функционируют достаточно большое количество ЭС в различных областях деятельности (медицине, менеджменте, военном деле) [3]. Вместе с тем, экспертная система, построенная и работающая в определенной предметной области, представляет собой определенную уникальность и вызывает неподдельный интерес у специалистов.

В данной работе основной аспект делается на разработку процедур получения знаний от экспертов, обработки экспертной информации с целью создания ЭС в специализированной предметной области – обеспечение военной безопасности РФ.

Исходя из классической структуры базы знаний, рассмотренной выше, решать поставленную задачу будем путем последовательного рассмотрения основных ее аспектов – методического, информационного, технологического и организационного.

В первую очередь необходимо определить (разработать) методический аппарат экспертной системы. На основе анализа и обобщения методического аппарата сформируем информационную модель соответствующей базы знаний, которая, в свою

очередь, позволит обосновать требования к технологическим решениям.

Следующим шагом необходимо разработать организационный порядок проведения экспертиз и сопровождения разработанной базы знаний. На основе анализа основных алгоритмов разработанного порядка сопровождения базы знаний сформируем требования к интерфейсу экспертной системы.

**Анализ и обобщение методического аппарата экспертной системы оценки военной безопасности.**

Обобщенной характеристикой военной безопасности выступает ее потенциал, включающий в себя военно-экономический, военно-политический и собственно военный

потенциалы страны [4,5,6]. Для количественно-качественной оценки основных факторов, определяющих потенциальные возможности государства в сфере военной безопасности, установления зависимостей военно-экономического, военно-политического и военного потенциалов от этих факторов и построения обобщенной зависимости от них потенциала военной безопасности используются знания экспертов и процедуры экспертной информации с применением также методов моделирования различных процессов.

Схема экспертного анализа проблемы обеспечения военной безопасности показана в таблице 1.

**Таблица 1 - Схема экспертного анализа проблемы обеспечения военной безопасности**

Предмет анализа	Определение понятия и формирование семантической сети	Определение ключевых факторов влияния	Формирование количественного показателя и шкалы его оценки	Построение факторной модели
Сфера военной безопасности	Военная безопасность	Экономические- $X_1$ Политические- $X_2$ Дипломатические- $X_3$ Военные- $X_4$ Научно-технические- $X_5$	Потенциал военной безопасности $P_{ВБ}$	$P_{ВБ} = f(P_{ВЭ}, P_{ВП}, P_{ВТ})$
Военно-экономическая сфера	Военно-экономическая безопасность	Военные- $X_4$ Экономические- $X_1$	Потенциал военно-экономической безопасности $P_{ВЭ}$	$P_{ВЭ} = f_1(X_1, X_4)$
Военно-политическая сфера	Военно-политическая безопасность	Военные- $X_4$ Политические- $X_2$ Дипломатические- $X_3$	Потенциал военно-политической безопасности $P_{ВП}$	$P_{ВП} = f_2(X_2, X_3, X_4)$
Военно-техническая сфера	Военно-техническая безопасность	Военные- $X_4$ Научно-технические- $X_5$	Потенциал военно-технической безопасности $P_{ВТ}$	$P_{ВТ} = f_3(X_4, X_5)$

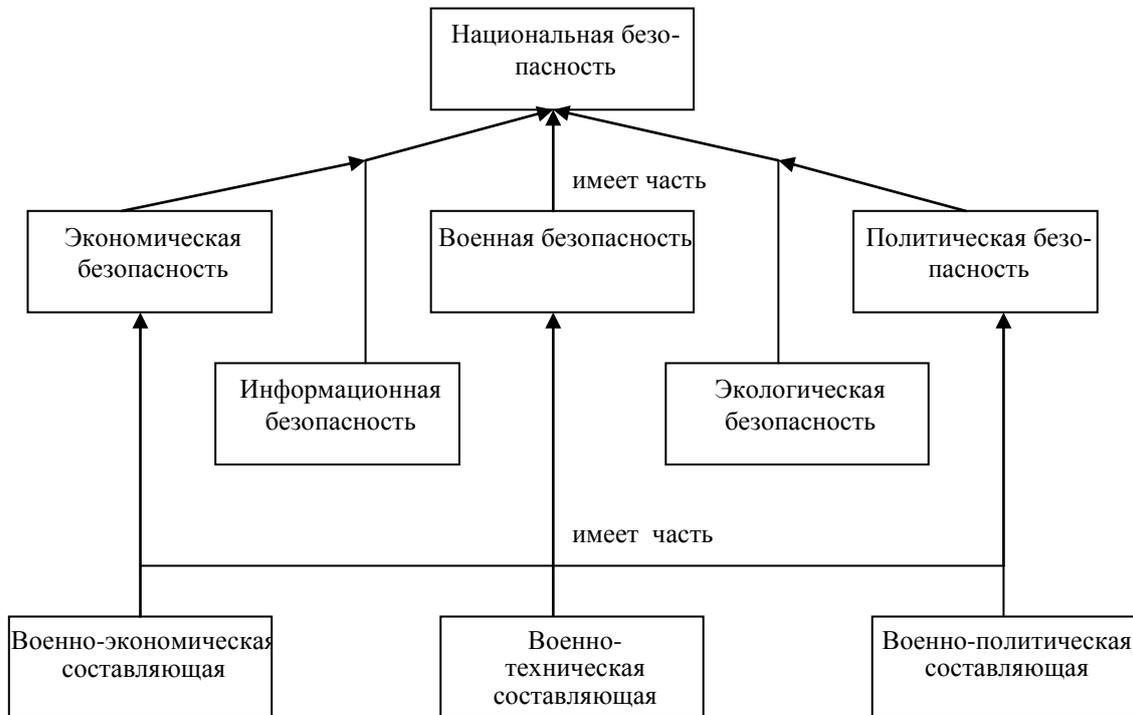
Как видно из таблицы, процесс извлечения знаний у экспертов осуществляется последовательно, начиная с определения основных понятий и связанных с ними терминов, анализа ключевых факторов и оценки

их значимости, формирования количественного показателя и шкалы его измерения и построения факторной модели связи между показателями различного уровня. При этом используются различные средства



формирования знаний. Так, например, при определении понятия «Военная безопасность» используется *семантическая сеть*, связывающая исходное понятие с другими известными терминами отношениями типа «является» и «имеет часть». На **рисунке 1** показана семантическая сеть для понятия «Военная безопасность», из которой следу-

ет, что «Военная безопасность» является частью понятия «Национальной безопасности». Ее военно-экономическая, военно-политическая и военно-техническая составляющие также являются частью как военной, так и других видов национальной безопасности [4].



**Рисунок 1. Семантическая сеть понятия «Военная безопасность».**

Определение ключевых факторов и степени их влияния осуществляется путем метода экспертного ранжирования (метод Дэлфи) [5]. Для этого составляются табли-

цы опроса (**таблица 2**), где каждый эксперт присваивает частному фактору  $V_j$  определенный ранг  $r_{ij}$  — число от 1 до  $k$ .

**Таблица 2 - Таблица опроса**

Эксперты	Факторы			
	$V_1$	$V_2$	...	$V_k$
1	$r_{11}$	$r_{12}$	...	$r_{1k}$
2	$r_{21}$	$r_{22}$	...	$r_{2k}$
...	...	...	...	...
$n$	$r_{n1}$	$r_{n2}$	...	$r_{nk}$
$\sum$ рангов	$r_1$	$r_2$	...	$r_k$

В последней строке записываются суммы рангов, присвоенных экспертами каждому показателю эффективности

$$r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}. \quad (1)$$

Далее определяются весовые коэффициенты  $\alpha_j$ , как относительная величина рангов

$$\alpha_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^k r_j}, \quad j = \overline{1, k}. \quad (2)$$

Весовые коэффициенты  $\alpha_j$  характеризуют важность (значимость) соответствующего фактора с точки зрения влияния его на военную безопасность. Эта ценная информация далее используется при формировании факторных зависимостей между частными показателями военной безопасности и количественными оценками факторов.

Следующим этапом экспертного оценивания является формирование количественных показателей степени военной безопасности и построение оценочной шкалы. В качестве показателя степени военной безопасности принимается показатель  $\Pi_{ББ}$ , отражающий военно-экономические, военно-политические, военно-технические возможности государства по защите своих интересов военными средствами. Из содержательного смысла этого показателя видно, что он должен выражаться через частные показатели, характеризующие военно-экономические, военно-политические, воен-

но-технические возможности государства по обеспечению военной безопасности. Между этими факторами существует сложная зависимость, которая нам пока неизвестна. Задача экспертной системы - выбрать наиболее адекватную зависимость из некоторого множества зависимостей, предлагаемых экспертами.

Для оценки степени военной безопасности  $\Pi_{ББ}$  и частных показателей, определяющих военную безопасность, экспертам предлагается выбрать шкалу оценивания. В задачах экспертного оценивания применяются номинальные, порядковые, метрические интервальные и метрические нормированные шкалы оценивания [5]. Выбор той или иной шкалы оценки является самостоятельной научно-прикладной задачей и зависит от уровня ее информационного обеспечения.

В практике экспертного оценивания часто используется *пенташкала*, использующая следующие градации степени военной безопасности:

<Абсолютная> - <Высокая> - <Средняя> - <Низкая> - <Недопустимо низкая>  
с выставлением по каждой градации балла от 1 до 10:

<Абсолютная> - 9,5 ;

<Высокая>- 8,3;

<Средняя>-5,8 ;

<Низкая>-3,4;

<Недопустимо низкая>-1,4.

Таблица 3.

Эксперты	Градации порядковой шкалы				
	<Абсолютная>	<Высокая >	<Средняя>	<Низкая>	<Недопустимо низкая>
1	$r_{11}$	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	$r_{15}$
2	$r_{21}$	$r_{22}$	$r_{23}$	$r_{24}$	$r_{25}$
...	...	...	...	...	...
$n$	$r_{n1}$	$r_{n2}$	$r_{n3}$	$r_{n4}$	$r_{n5}$
$\sum$ рангов	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$

Для приведения этой шкалы к нормированной метрической шкале использовано

линейное преобразование, которое сохраняет не только заданный порядок в исходной

порядковой шкале, но задает нуль и норму шкалы:

$$x = \varphi(r) = \frac{r-1}{9}, \quad (3)$$

где  $r \in [1, 10]$  - значения градаций порядковой шкалы;  $x \in [0,1]$  - значения градаций в нормированной метрической шкале. Для согласования границ интервальных значений метрической шкалы, соответствую-

щих градациям порядковой шкалы, верхняя граница нижней градации принимается в качестве нижней границы высшей градации. Значения потенциала  $P_{BB}$  в новой шкале снова предъявляются экспертам и после корректировки принимаются в качестве оценочных значений. В качестве примера, новая шкала значений степени военной безопасности представлена в **таблице 4**.

**Таблица 4 - Шкала значений степени военной безопасности**

Значения показателя «степень военной безопасности»	Градациям порядковой шкалы				
	<Абсолютная>	<Высокая>	<Средняя>	<Низкая>	<Недопустимо низкая>
$P_{BB}$	1,0-0,8	0,8-0,6	0,6-0,3	0,3-0,1	0,1-0

Следующим этапом является получение зависимости потенциалов для частных составляющих военной безопасности в зависимости от ключевых факторов влияния. Для этого используются различные процедуры построения регрессионных факторных зависимостей [5,6]. При этом экспертам предлагается вначале выбрать вид факторной зависимости из некоторой совокупности, например:

- линейная -

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n;$$

- билинейная -

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + a_{12} x_1 x_2 + \dots + a_{ij} x_{ij} + a_{n-1,n} x_{n-1} x_n;$$

- мультипликативная -

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n} \text{ и др.,}$$

где  $a_0, a_1, \dots, a_n$  - неизвестные параметры моделей.

После выбора моделей происходит оценка значений факторных переменных  $x_i$ , ( $i = \overline{1, n}$ ) на основе имеющихся статистических данных, результатов моделирования и экспертного оценивания. В соответствии с выбранной факторной моделью определяются неизвестные параметры моделей с использованием различных процедур обработки экспертных и статистических данных (метод наименьших квадратов - МНК, метод максимального правдоподобия - ММП, ме-

тод анализа иерархий - МАИ, метод группового учета аргументов - МГУА и др.).

Полученные факторные модели проверяются на адекватность на некоторой контрольной выборке данных. При этом формирование контрольной выборки данных может производиться также с учетом экспертов.

Если эксперты затрудняются в выборе одной факторной модели, то выбирается несколько моделей, для каждой из которых решается задача идентификации их параметров. Окончательно выбирается та модель, для которой критерий адекватности модели (критерий Фишера) принимает наименьшее значение [6, 7].

Важным этапом работы является получение свертки потенциалов  $P_{BЭ}, P_{BП}, P_{BТ}$ , характеризующих частные составляющие военной безопасности, в общий показатель военной безопасности  $P_{BB}$ . Для этой цели могут быть выбраны два типа свертки

- линейная -  $P_{BB} = a_1 P_{BЭ} + a_2 P_{BП} + a_3 P_{BТ}$ ;

- мультипликативная

$$P_{BB} = a_0 \cdot P_{BЭ}^{a_1} \cdot P_{BП}^{a_2} \cdot P_{BТ}^{a_3},$$

где параметры свертки  $A, a_1, a_2, a_3$  определяются известными методами обработки экспертной и статистической информации [7,8,9].

В качестве примера рассмотрим результаты экспертизы по оценке уровней военно-

политической, военно-экономической и военной безопасности по пятибалльной шкале (таблица 5):

**Таблица 5 - Результаты экспертизы по оценке уровней военно-политической, военно-экономической и военной безопасности по пятибалльной шкале**

Номер эксперта	Пвп	Пвэ	Пв	Пвб	СКО эксперта
1	3	4	5	4	0,82
2	4	3	2	3	0,82
3	3	2	1	2	0,82
4	4	3	1	3	1,26
5	3	2	2	2	0,50
6	4	2	2	3	0,96
7	4	3	3	3	0,50
8	2	4	5	3	1,29
9	5	4	2	4	1,26
Ср. знач.	<b>3,56</b>	<b>3,00</b>	<b>2,56</b>	<b>3,00</b>	
СКО	0,83	0,82	1,42	0,67	

Из приведенной таблицы видно, что далеко не все эксперты имеют согласованные оценки различных элементов военной безопасности. Так, например, оценки экспертов №№4,8,9 имеют существенно больший разброс оценок (СКО) по сравнению с другими экспертами. Наибольший разброс получает также показатель военной безопасности  $P_B$ , что свидетельствует о недостаточном представлении экспертов о состоянии военной составляющей безопасности. При таких результатах организаторам экспертизы необходимо провести дополнительные организационные мероприятия по согласованию экспертов (дополнительное тестирование, ознакомление экспертов с результатами экспертизы и др.).

Обработка мнений экспертов дает следующие коэффициенты значимости для частных потенциалов

$$a_0 = -0,096; \quad A_0 = 0,91; \quad a_1 = 0,39; \\ a_2 = 0,61; \quad a_3 = 0,05.$$

Сравнение линейной и мультипликативной моделей на уровне адекватности  $d = 0,8$  показало их статистическую неразличимость. Вместе с тем следует отметить, что мультипликативная модель представляется более адекватной реальному процессу, так как отражает синергетический характер взаимодействия всех составляющих воен-

ной безопасности государства. Поэтому в качестве модели оценки военной безопасности целесообразно использовать именно мультипликативную модель

$$P_{BB} = 0,91 \times P_{BЭ} \times P_{ВП}^{0,39} \times P_{BЭ}^{0,61} \times P_B^{0,05}.$$

Полученные результаты по экспертному оцениванию потенциала военной безопасностью не являются окончательными, поскольку они были получены для определенной военно-политической, экономической ситуации, доктринальных положений в области строительства и применения вооруженных сил для обеспечения национальной безопасности РФ.

Поэтому важной задачей ЭС является адаптация базы знаний к изменяющимся условиям внешней среды. Для этого используются различные механизмы адаптации [8]. Одним из эффективных подходов является байесовская процедура адаптации оценок экспертов в условиях неопределенности. Рассмотрим эту процедуру применительно к методу парных сравнений альтернатив, используемых в МАИ.

Пусть эксперту предложено сравнить пару альтернатив  $A_1, A_2$  относительно некоторой ситуации. Относительно альтернатив  $A_1, A_2$  возможны следующие гипотезы

$$H_1 := \{A_1 > A_2\}; \quad H_2 := \{A_1 < A_2\},$$



где  $A_1 \succ A_2$  означает, что альтернатива  $A_1$  предпочтительнее альтернативы  $A_2$ . Эксперт может принять решение относительно сравниваемых альтернатив в пользу  $A_1$  ( $X = 1$ ) или в пользу  $A_2$  ( $X = -1$ ), а может отказаться от сравнения ( $X = 0$ ). Таким образом, результаты сравнения выражаются в следующей шкале

$$X = \begin{cases} 1, & \text{если } A_1 \succ A_2 \\ 0, & \text{если } A_1 \sim A_2 \\ -1, & \text{если } A_1 \prec A_2 \end{cases}$$

где  $A_1 \sim A_2$  - означает, что эксперт не может сравнить альтернативы.

Предположим, что по результатам опроса известны статистические оценки для вероятностей принятия гипотез и отказа от решения

$$P_n(H_1) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i = 1)}{n};$$

$$P_n(H_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i = -1)}{n}.$$

Далее, используя байесовскую процедуру, можно оценить вероятности принятия гипотез относительно решений очередного  $n + 1$  эксперта:

$$P_n(H_1 | X_{n+1} = 1) = \frac{P(X_{n+1} = 1 | H_1) \cdot P_n(H_1)}{P(X_{n+1} = 1 | H_1) \cdot P_n(H_1) + P(X_{n+1} = 1 | H_2) \cdot P_n(H_2)} = \frac{(1 - \alpha)P_n(H_1)}{(1 - \alpha)P_n(H_1) + \beta P_n(H_2)};$$

$$P_n(H_1 | X_{n+1} = -1) = \frac{P(X_{n+1} = -1 | H_1) \cdot P_n(H_1)}{P(X_{n+1} = -1 | H_1) \cdot P_n(H_1) + P(X_{n+1} = -1 | H_2) \cdot P_n(H_2)} = \frac{\alpha P_n(H_1)}{\alpha P_n(H_1) + (1 - \beta)P_n(H_2)}$$

$$P_n(H_2 | X_{n+1} = -1) = \frac{P(X_{n+1} = -1 | H_2) \cdot P_n(H_2)}{P(X_{n+1} = -1 | H_2) \cdot P_n(H_2) + P(X_{n+1} = -1 | H_1) \cdot P_n(H_1)} = \frac{(1 - \beta)P_n(H_2)}{(1 - \beta)P_n(H_2) + \alpha P_n(H_1)}$$

$$P_n(H_2 | X_{n+1} = 1) = \frac{P(X_{n+1} = 1 | H_2) \cdot P_n(H_2)}{P(X_{n+1} = 1 | H_2) \cdot P_n(H_2) + P(X_{n+1} = 1 | H_1) \cdot P_n(H_1)} = \frac{\beta P_n(H_2)}{\beta P_n(H_2) + (1 - \alpha)P_n(H_1)}. \quad (4)$$

Адаптация результатов экспертного оценивания осуществляется путем приравнивания апостериорных вероятностей гипотез априорным с учетом мнения  $n + 1$  эксперта

$$P_{n+1}(H_1) = \begin{cases} P_n(H_1 | X_{n+1} = 1), & n_{n+1} = 1 \\ P_n(H_1 | X_{n+1} = -1), & n_{n+1} = -1 \end{cases};$$

$$P_n(X = 0) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i = 0)}{n};$$

$$P_n(H_1) + P_n(H_2) + P(X = 0) = 1,$$

Уровень компетентности экспертов характеризуется вероятностями правильных решений, принимаемых при оценке альтернатив

$$P(X = 1 | H_1) = 1 - \alpha;$$

$$P(X = -1 | H_2) = 1 - \beta.$$

где

$$\alpha = P(X = -1 | H_1);$$

$\beta = P(X = 1 | H_2)$  - вероятности ошибочных решений экспертов. Эти вероятности можно определить на этапе тестирования экспертов с целью оценки их уровня компетентности по данной проблеме.

$$P_{n+1}(H_2) = 1 - P_{n+1}(H_1) \quad (5)$$

Сравнивая отношения вероятностей гипотез  $\frac{P_{n+1}(H_1)}{P_{n+1}(H_2)}$  можно оценить степень достоверности сравнения альтернатив в процессе экспертизы. Останов процесса

экспертного оценивания можно осуществить при достижении неравенства

$$\frac{P_{n+1}(H_1)}{P_{n+1}(H_2)} \geq \delta, \quad (6)$$

где  $\delta = 5...7$  - порог различения гипотез.

На рисунке 2 приведен график изменения вероятности принятия гипотезы  $H_1$  при последовательном проведении экспертизы по данным таблицы 5.

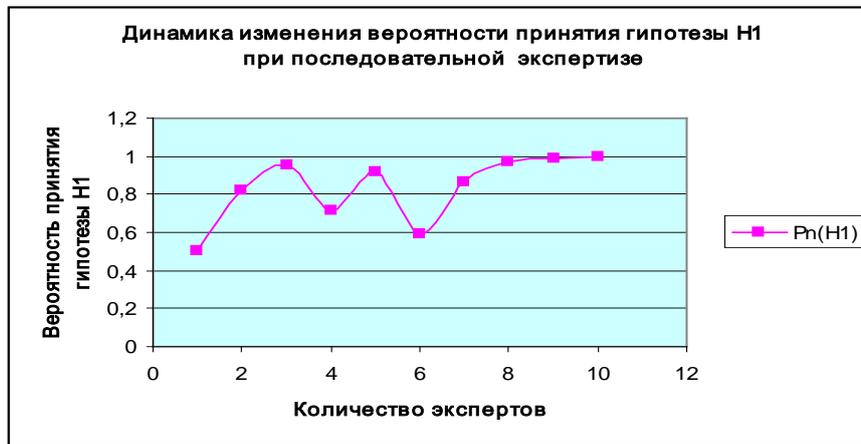


Рисунок 2-Динамика изменения вероятности принятия гипотезы от числа экспертов

Для сокращения времени формирования базы знаний и качества получаемых решений в ЭС должна быть предусмотрена процедура оценки уровня компетентности экспертов и степени согласованности их решений. Для этого используются различные методы тестирования и оценки компетентности качества экспертов [7,8]. Уровень компетентности экспертов по данной проблеме характеризуется показателем

$$0 \leq \gamma_i < 1; \sum_{i=1}^k \gamma_i = 1.$$

Уровень компетентности учитывается в процедуре ранжирования путем взвешивания в (1) рангов, данных экспертами, по каждому фактору (показателю):

$$r_j = \sum_{i=1}^n \gamma_i r_{ij}, \quad (j = \overline{1, k}).$$

Степень согласованности экспертов определяется при помощи коэффициента *конкордации*  $R^2$ , который в случае строгого ранжирования определяется выражением [8]:

$$R^2 = \frac{12 \sum_{j=1}^k (r_j - \bar{r})^2}{k(k^2 - 1)n^2}, \quad (7)$$

где  $\bar{r} = \frac{\sum_{j=1}^k r_j}{k}$  - среднее значение ранга фактора.

Чем больше величина  $R^2$ , тем выше степень согласованности экспертов. В предположении, что мнения экспертов при ранжировке имеют случайные отклонения от среднего с распределением близким к нормальному (гауссовскому), величина  $\hat{R}^2 = n(k-1)R^2$  имеет  $\chi^2$  - распределение с  $(k-1)$  степенью свободы, где  $k$  - число экспертов. Задаваясь уровнем надежности  $d$  статистического вывода, по таблице статистического распределения  $\chi^2_{k-1}$  определяем критическое значение  $R^2_{d, k-1}$ .

При  $R^2 > R^2_{d, k-1}$  ранжировка считается статистически значимой с надежностью  $d$ , т.е. произведенной экспертами согласованно.

Рассмотренные процедуры экспертного анализа составляют основу базы знаний ЭС.

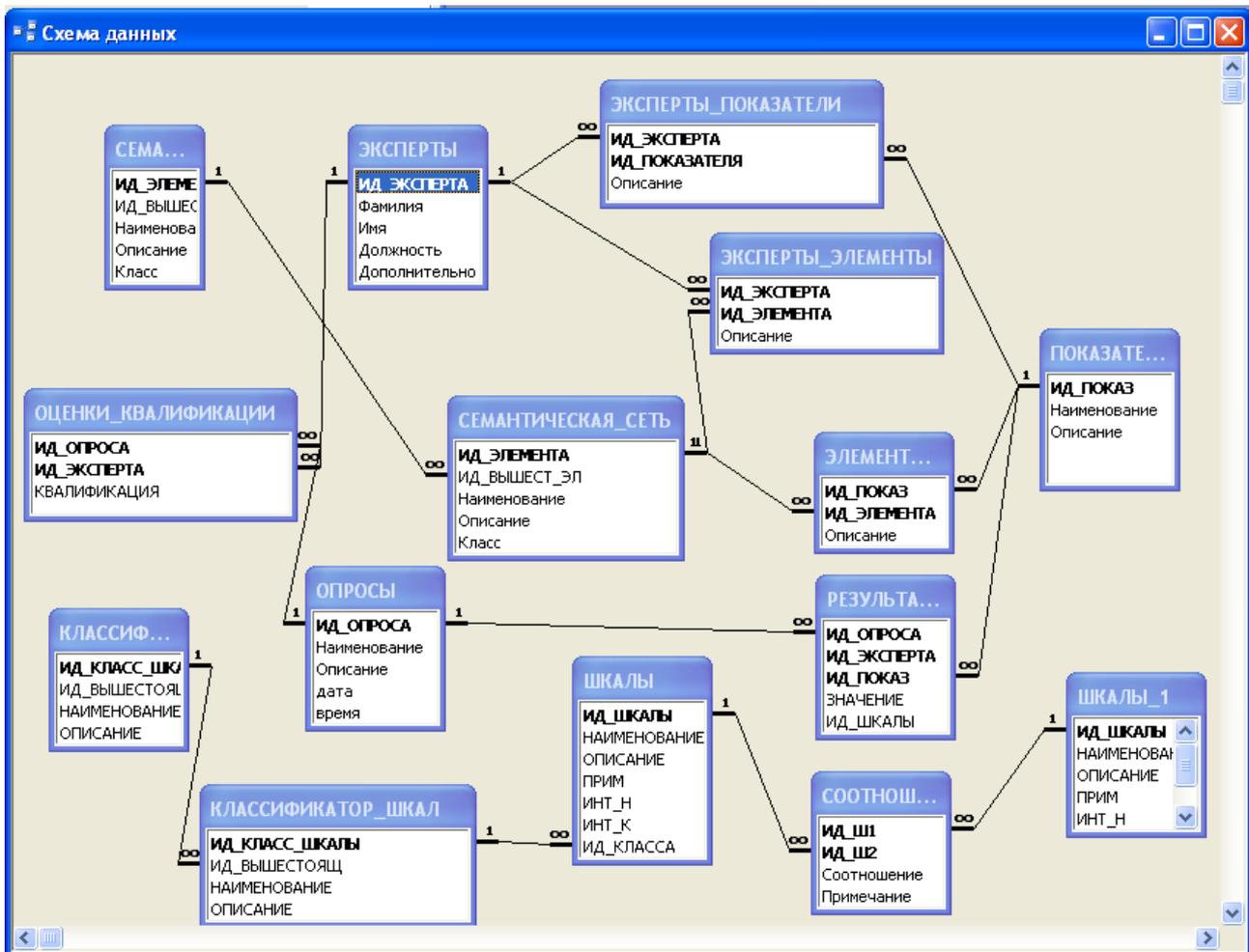
Таким образом, на основе сформулированных методических положений по оценке военной безопасности можно выделить ин-

формационные элементы базы знаний и их взаимосвязи, что ляжет в основу ее разработки. Основными такими информационными элементами будут являться следующие:

- семантическая сеть понятия «Военная безопасность», представляющая собой классическую иерархическую структуру, но имеющую дополнительные множественные связи ее элементов;
- множество экспертов, принимающих участие в экспертизах;

- классификатор шкал измерения;
- множество шкал;
- множество экспертных опросов;
- множество показателей оценивания элементов системы военной безопасности.

Более подробно основные информационные элементы базы знаний оценки военной безопасности и их взаимосвязи представлены в ее информационной модели, представленной на **рисунке 3**.



**Рисунок 3 - Информационная модель базы знаний экспертной системы оценки военной безопасности**

После того как определен методический аппарат базы знаний системы экспертной оценки военной безопасности, ее основные элементы и информационная модель необходимо сформировать организационный порядок проведения экспертиз и сопровождения базы знаний, что позволит сформировать требования к интерфейсу системы.

Исходя из методического аппарата экспертного оценивания, а также с учетом опыта проведения экспертиз и сопровождения экспертных систем можно выделить три основных группы задач, решение которых обеспечивается интерфейсом базы знаний:

- группа задач управления проведением экспертных опросов, в которую входят зада-

чи администрирования процессов экспертизы, оценки квалификации экспертов, распределения ответственности и прав доступа экспертов к тем или иным элементам, формирование и управление информацией и др.;

- группа задач сбора и сопровождения знаний, содержащая задачи проведения различных экспертных опросов и сбора необходимой информации;

- группа расчетных задач, в которую входят все задачи расчета и анализа собранных данных, а также задачи управления процессами анализа и выработки вариантов решений.

На основе разработанной структуры задач можно определить группы пользователей системы. Очевидно, что различным пользователям должны предоставляться различные информационные ресурсы системы. Помимо этого, различным группам пользователей должны предоставляться различные функциональные возможности.

Из вышеизложенного анализа методического аппарата следует, что модель системы оценки военной безопасности имеет довольно сложную структуру, требующую использования различных методов оценки, используемых шкал и экспертов предметной области. Помимо этого структура системы может меняться в виду изменений в обстановке.

Все это предъявляет требования к интерфейсу базы знаний экспертной системы оценки военной безопасности, которые в определенной степени противоречат друг другу. С одной стороны, интерфейс системы должен максимально учитывать особенности задач, решаемых конкретным пользователем, а с другой необходимо минимизировать количество его элементов по эргономическим требованиям.

Разработка множества элементов интерфейса системы, адаптированных под конкретный случай, приведет к высоким затратам и громоздкости конечного программного продукта ввиду многообразия методов, информационных элементов и функциональных задач пользователей системы. Унификация же интерфейса в целях достижения второго требования потребует абстрагирования от особенностей решения конкретных задач, что приведет к существ-

ственным трудностям при использовании такого интерфейса различными специалистами.

Сегодня при разработке интерфейсов систем, обладающих рассмотренными особенностями, как в России, так и за рубежом начинает активно использоваться сервис-ориентированная технология. Особенностью данной технологии является то, что в отличие от других подходов пользователю предоставляется не только индивидуализированный доступ к данным, но и набор сервисов (функциональных возможностей интерфейса). Анализ опыта применения такого подхода к проектированию интерфейсов подобных систем, а также особенностей разрабатываемой системы позволяет сделать вывод, что интерфейс базы знаний систем оценки военной безопасности наиболее целесообразно выполнять по сервис-ориентированной архитектуре.

Сервис-ориентированная архитектура [8] - это парадигма организации и использования распределенных информационных ресурсов, таких как приложения и данные, находящихся в сфере ответственности разных владельцев, для достижения желаемых результатов потребителем, которым может быть конечный пользователь или другое приложение. В ее основе лежат принципы многократного использования функциональных элементов информационных технологий, ликвидации дублирования функциональности в ПО, унификации типовых операционных процессов, обеспечения перевода операционной модели компании на централизованные процессы и функциональную организацию на основе промышленной платформы интеграции.

Интерфейс рассматриваемой базы знаний при ориентации на выбранную парадигму [9] будет предоставлять инкапсуляцию деталей реализации конкретного компонента от остальных компонентов. Таким образом, будет реализована возможность комбинирования и многократного использования компонентов для построения сложного распределенного программного комплекса. Различные программные модули должны быть связаны между собой на основе четко определенных интерфейсов и соглашений между ними.



Необходимо выделить следующие основные принципы построения программного комплекса базы знаний экспертного оценивания военной безопасности:

- информационная система должна представляться в виде *набора независимых компонент*, каждый из которых предоставляет доступ к своей функциональности через набор программных интерфейсов;
- после ввода в эксплуатацию каждый из сервисов может быть *повторно* использован для решения новых задач;
- доступ к программным интерфейсам сервисов регулируется *единой системой разграничения доступа*;
- обмен данными между приложениями должен быть реализован без написания программного кода;
- для обеспечения управляемости, качества и надежности разрабатываемой системы должна быть использована система мониторинга сервисов и контроля.

Следуя выбранной архитектуре интерфейс базы знаний экспертной системы должен представлять собой набор сервисов, реализующих те или задачи системы. В базе данных при помощи интерфейсов администрирования, наряду с правами доступа к информационным ресурсам, определяется набор сервисов, предоставляемых каждому конкретному пользователю (группе пользователей). При таком подходе, с одной стороны будет обеспечена индивидуализация интерфейса для конкретного пользователя, а с другой - гибкость настройки и администрирования системы.

Подводя итог проведенной работе можно сделать вывод, что разработка ЭС по проблеме оценки военной безопасности РФ является приоритетным направлением инновационных научных исследований на современном этапе. В рамках данной работы рассмотрены все основные аспекты и элементы создания такой базы знаний, а полу-

ченные результаты создают предпосылки к реализации ее в виде программно-информационного изделия. Внедрение такой системы в практику государственного и военного управления позволит консолидировать знания большого количества специалистов по различным аспектам безопасности страны. Реализация предложенных алгоритмов обработки информации, поступающей в базу данных, с учетом консолидированных знаний позволит повысить оперативность и обоснованность принимаемых решений в области военной безопасности страны.

#### Список использованных источников

- 1 Попов Э.В. Экспертные системы: Решения неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 1987.
- 2 Построение экспертных систем. Пер. с англ. / Под ред. Ф. Хайеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената.- М.: , 1987.
- 3 Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989.
- 4 Возженников А.В. Национальная безопасность: методология комплексного исследования и политика обеспечения.- М.: РАГС, 2002.
- 5 Анненков В.И., Баранов С.Н., Важнов О.Ю., Лаптев В.Б., Сергеев Н.А. Безопасность России: геополитические и военнополитические аспекты. –Учебное пособие.- М.: РУСАВИА, 2006.
- 6 Останков В.И. Военная безопасность России в начале XXI века.- М.: Вече, 2007.
- 7 Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы измерения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982.
- 8 [http://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=soa-rm](http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm).
- 9 [http://softwareag.com/Ru/res/books/soa\\_adoption\\_for\\_dummies/default.asp](http://softwareag.com/Ru/res/books/soa_adoption_for_dummies/default.asp)

