

И.И. Коваленко, В.И. Передерий, А.В. Швед

## **КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА СЦЕНАРИЕВ**

*В статье изложены основные положения концепции построения информационных технологий, в основе которой лежит системный подход к применению инструментальных методов экспертного анализа и оценивания сценариев.*

*Ключевые слова: информационные технологии, экспертная информация, анализ сценариев*

### **Введение**

В последние годы все большее распространение получают идеи сценарного подхода к решению задач прогнозирования, планирования и управления развитием крупномасштабных объектов типа "предприятие", "отрасль", "регион" и др. [1]. Разработка и анализ сценариев – творческий акт, выполняемый группами (командами) специалистов-профессионалов (аналитиков, экспертов, консультантов и др.), и который является слабоформализуемым и труднопланируемым.

К настоящему времени появилось множество публикаций, посвященных рассмотрению так называемых "инструментальных методов", которые используют специалисты на различных этапах построения и оценивания сценариев. Вместе с этим, число опубликованных результатов исследований, направленных на теоретическое обобщение таких методов (анализ их достоинств и недостатков, систематизация по классам решаемых задач, системного их применения в определенных последовательностях и др.), является явно недостаточным. В работах [3,4] решение данной проблемы рассматривается на описательном уровне в рамках методологии сценарного анализа, под которым понимается "комплекс математических, программных, логических и организационных средств и инструментов для определения последовательного применения отдельных методов, взаимосвязей между ними...".

В связи с этим актуальной является разработка подходов, позволяющих в определенной мере формализовать ряд положений указанной методологии. В дальнейшем изложении будем придерживаться

"информационной" концепции, согласно которой основные экспертные процедуры должны "поддерживаться" соответствующим информационным обеспечением и которое формируется посредством реализации информационных технологий на различных этапах построения и анализа сценариев.

### Постановка задачи

Целью статьи является изложение и формализация основных положений концепции создания информационных технологий, в основе которой лежит системный подход к использованию инструментальных методов экспертного построения и анализа сценариев.

### Изложение основного материала

Один из возможных вариантов технологии экспертного построения и анализа сценариев представлен на рис. 1, где выделены четыре основных этапа, каждому из которых соответствует определенное множество (система) инструментальных методов.

Информационная технология поддержки экспертизы занимает промежуточное место, между указанными методами и экспертами (аналитиками консультантами), и включает в себя следующие процедуры: выделение определенного множества методов необходимых для решения задач на каждом из этапов; анализ методов, в рамках которого решаются задачи их систематизации и сравнения их функциональных возможностей; формирование стратегий выбора методов из заданного их множества на основании определенных критериев. С учетом сказанного, основные составляющие информационной технологии (ИТ) в общем виде можно представить следующим кортежем:

$$ИТ = \langle E, M, B \rangle, \quad (1)$$

где  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ ,  $j=1, \dots, k$  – множество задач подлежащих решению в каждом из этапов построения и анализа сценариев;  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ ,  $i=1, \dots, n$  – множество методов, определяемых для решения каждой из задач;  $B$  – процедура выбора, которую, в свою очередь, можно представить как  $B = \langle M, D, G \rangle$ , где  $D$  – тип задачи выбора, а  $G$  – критерий (функция выбора).

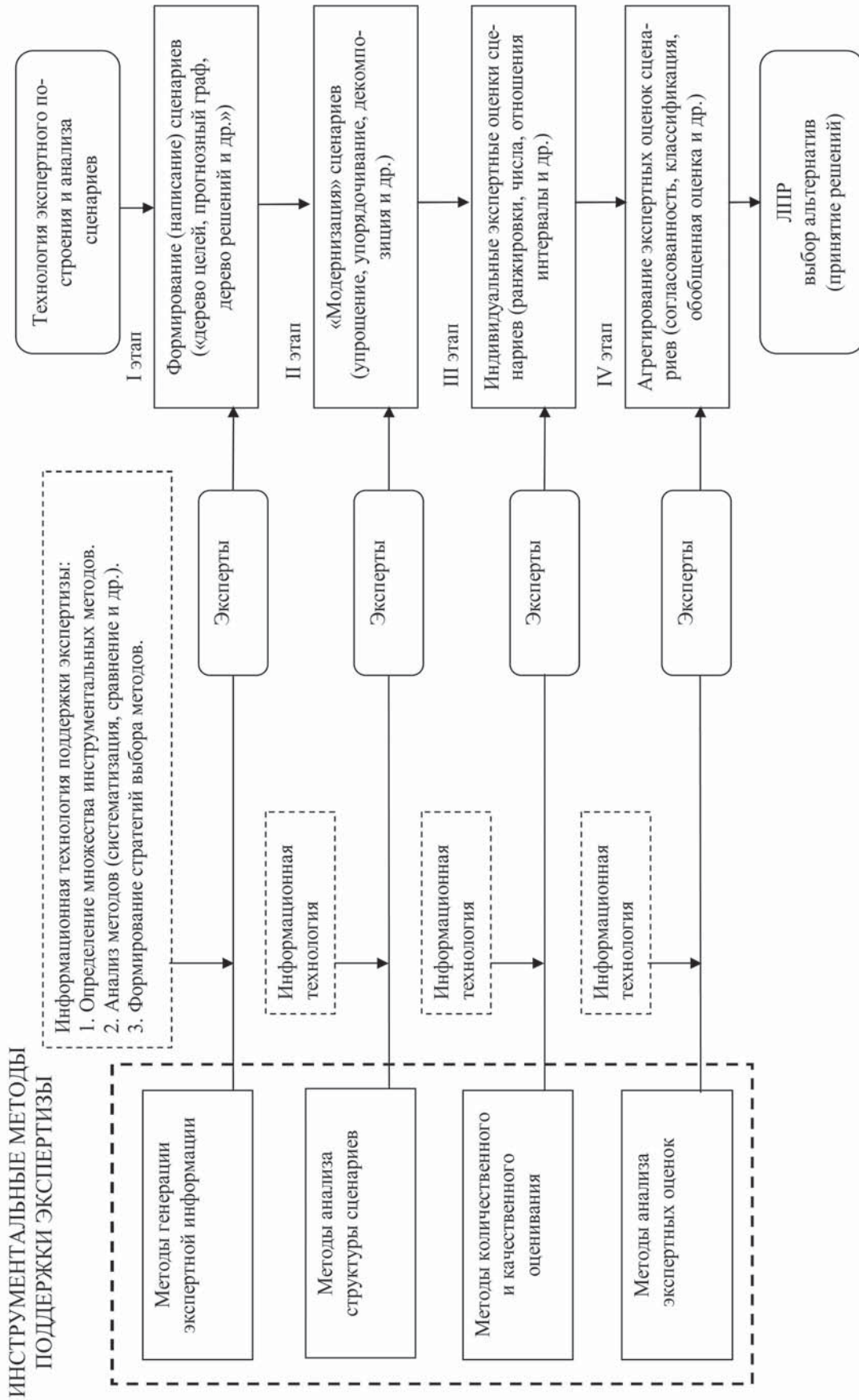


Рисунок 1 – Системная технология экспертного построения и анализа сценариев

Первая задача состоит в ранжировании элементов множества  $\{M\}$  и возникающие при этом бинарные отношения могут характеризоваться линейным или слабым порядком. Вторая задача состоит в выделении из исходного множества  $\{M\}$  некоторого подмножества  $\{M^*\}$  так, что  $\{M^*\} \subseteq \{M\}$ .

### **Информационная технология выбора методов генерации экспертной информации**

Основным назначением таких методов является получение от экспертов, аналитиков, консультантов как можно большего числа фактов, идей, гипотез, подходов и других сведений, относящихся к разрабатываемым сценариям.

В настоящее время существует достаточно обширный набор методов (аналогий, контрольных вопросов, эвристических приемов, морфологический и др.), однако практически отсутствуют рекомендации по их выбору и системному применению в виде определенной логической последовательности. Это связано, прежде всего, с их описательной формой представления, что затрудняет аналитическую формализацию критериев их выбора. В связи с этим перспективным направлением для решения такой задачи видится контент-анализ (от англ. *content* – содержание) формализованный метод выявления частоты появления в тексте определенных смысловых характеристик (слов, категорий слов, объединенных по тому или иному признаку и др.) с последующей их статистической обработкой [6].

В контент-анализе наиболее фундаментальными являются оценки частоты  $f(c,t)$  встречаемости некоторой характеристики  $c$  в тексте  $t$ .

С учетом сказанного, можно сформулировать следующие основные принципы построения информационных технологий выбора методов генерации экспертной информации:

1. Анализ и структуризация исходного текста на составляющие в виде  $T=(T_1, T_2, T_3)$ , где  $T_1$  – содержит формулировки терминов, определений методов, способов, стратегий и др.;  $T_2$  – несет в себе основное описание метода, методики, способа, приема и др.;  $T_3$  – описывает различные рекомендации по применению методов, в том числе и во взаимосвязи с другими.

2. Формирование системы бинарных отношений вида,  $L=\langle M,R\rangle$ , где  $M=\{M_i\}$  – множество методов, а  $R=\{R_j\}$  – множество отношений между методами, т.е.  $M_iR_kM_j$ .

3. Определение статистической частоты появления элементов  $L$  в анализируемом тексте по следующей формуле:

$$f_L = \frac{\text{vol } T_{(M_iR_kM_j)}}{\text{vol } T}, \quad (2)$$

где  $\text{vol } T$  – общий объем текста;  $\text{vol } T_{(M_iR_kM_j)}$  – объем текста, где появляются бинарные отношения между методами.

Численные значения частоты  $f_L$  и могут быть положены в основу выбора методов, возможные варианты которого даны в таблице.

Таблица

Варианты выбора методов генерации информации

Метод	Решаемые задачи	Дополнительные методы или информационные ресурсы
Аналогий	Поиск прототипа, принципов решения проблем	Информация из архивов, метод контрольных вопросов
Контрольных вопросов	Поиск путей решения проблем	–
Эвристических приемов	Преобразование прототипа, разрешение противоречий	Фонды эвристических приемов (индивидуальные, специализированные, межотраслевые)
Мозговой атаки (мозговой штурм, синектические методы)	Коллективный поиск идей, решений, предложений, проведение аналогий	Методы: аналогий, контрольных вопросов, эвристических приемов
Морфологического анализа	Анализ функциональных возможностей, варианты решения, их классификаторы и др.	Метод эвристических приемов
Написание сценариев (дерево целей, прогнозный граф)	Системное прогнозирование всех аспектов генерации экспертной информации	Метод морфологического анализа, информация, сгенерированная другими методами

**Информационная технология анализа структур сценариев**

Под задачами анализа структур сценариев будем понимать задачи их упорядочивания, декомпозиции, упрощения, синтеза и др., которые связаны с динамическими изменениями структур графовых моделей во времени. Совокупность методов описания и изучения таких задач была названа "графодинамикой" [7]. В основе теории графодинамики лежит целочисленная функция  $\varphi(n)$  ( $n$  – номер вершины дерева), получившая название функции подчинения, или, кратко, П-функции, которая удовлетворяет следующим условиям [7]:

1.  $\varphi(n) < n$ , т.е. номер любой вершины всегда больше номера той вершины, которой она «подчинена».
2.  $\varphi(n)$  определена на всех целых  $n$  от 1 до некоторого  $N$ .
3.  $\varphi(n) = 0$  – означает, что вершина графа с номером  $n$  не подчинена ни одной вершине, т.е. данное ограничение характеризует процедуру появления корня (корневой вершины) дерева.

Выполнение определенных операций над функцией  $\varphi(n)$ , позволяет преобразовывать иерархические структуры (например, дерево целей), описываемые деревом или лесом.

В качестве примера, рассмотрим одну из таких операций [7]. Операция «разукрупнения» (декомпозиция) представляется функцией, определяемой следующим образом:

$$\psi(n) = \left[ \frac{\varphi(n)}{k} \right], \quad k > 1, \quad (3)$$

где  $[a]$  – целая часть  $a$ .

Операция (3) как бы делит исходное дерево на несколько частей. На рис.2 задано графическое представление выполнения данной операции, когда исходный бинарный граф-дерево преобразовывается в два более простых дерева. Приведем выкладки, соответствующие такому преобразованию (для  $k=2$  и  $n=11$ ):

$n = 1 : \varphi(n) = 0; \psi(n) = 0$  (вершина 1 является корневой);

$n = 2 : \varphi(n) = 1; \psi(n) = [1/2] = 0$  (вершина 2 является корневой);

$n = 3 : \varphi(n) = 2; \psi(n) = 1$  (вершина 3 подчинена вершине 1, т.е.  $3 < 1$ , где знак « $>$ » или « $<$ » означает порядок отношения);

$n = 4 : \varphi(n) = 3; \psi(n) = [3/2] = 1 \Rightarrow (4 < 1)$ ;

$n = 5 : \varphi(n) = 4; \psi(n) = 2 \Rightarrow (5 < 2)$ ;

$$n = 6 : \varphi(n) = 5; \psi(n) = [5 / 2] = 2 \Rightarrow (6 < 2);$$

$$n = 7 : \varphi(n) = 6; \psi(n) = 3 \Rightarrow (7 < 3);$$

$$n = 8 : \varphi(n) = 7; \psi(n) = [7 / 2] = 3 \Rightarrow (8 < 3);$$

$$n = 9 : \varphi(n) = 8; \psi(n) = 4 \Rightarrow (9 < 4);$$

$$n = 10 : \varphi(n) = 9; \psi(n) = [9 / 2] = 4 \Rightarrow (10 < 4);$$

$$n = 11 : \varphi(n) = 10; \psi(n) = 5 \Rightarrow (11 < 5);$$

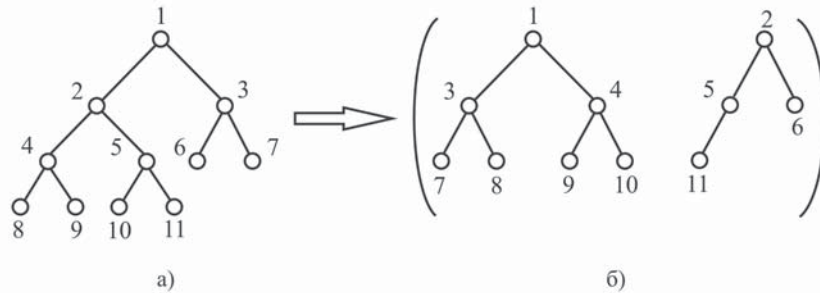


Рисунок 2 – Графическое представление операции «разукрупнение»:

а) исходный граф; б) результат разделения исходного графа на два

Анализ функциональных возможностей основных операций, применяемых в графодинамических системах, позволяет выполнить их систематизацию, которая представлена на рис. 3.

### Информационная технология выбора методов количественного оценивания сценариев

Среди методов количественного оценивания сценариев основное место занимают методы математической статистики.

Рассмотрим один из возможных подходов к выбору таких методов, причем в качестве критерия по допустимости будем рассматривать априорные информационные уровни задания функции распределения вероятностей [5]:

1. Задание строгих параметрических моделей распределения вероятностей, описываемых известными законами, дает возможность использования методов параметрической статистики.

2. Задание полной окрестности искаженных параметрических моделей характеризуется наличием ярковыраженных асимметрией и эксцессом, появлением, так называемых "тяжелых хвостов", многомодальностью.

Подобные искажения обязаны своим появлением наличием в исходных данных определенной доли так называемых "засоряющих" значений.

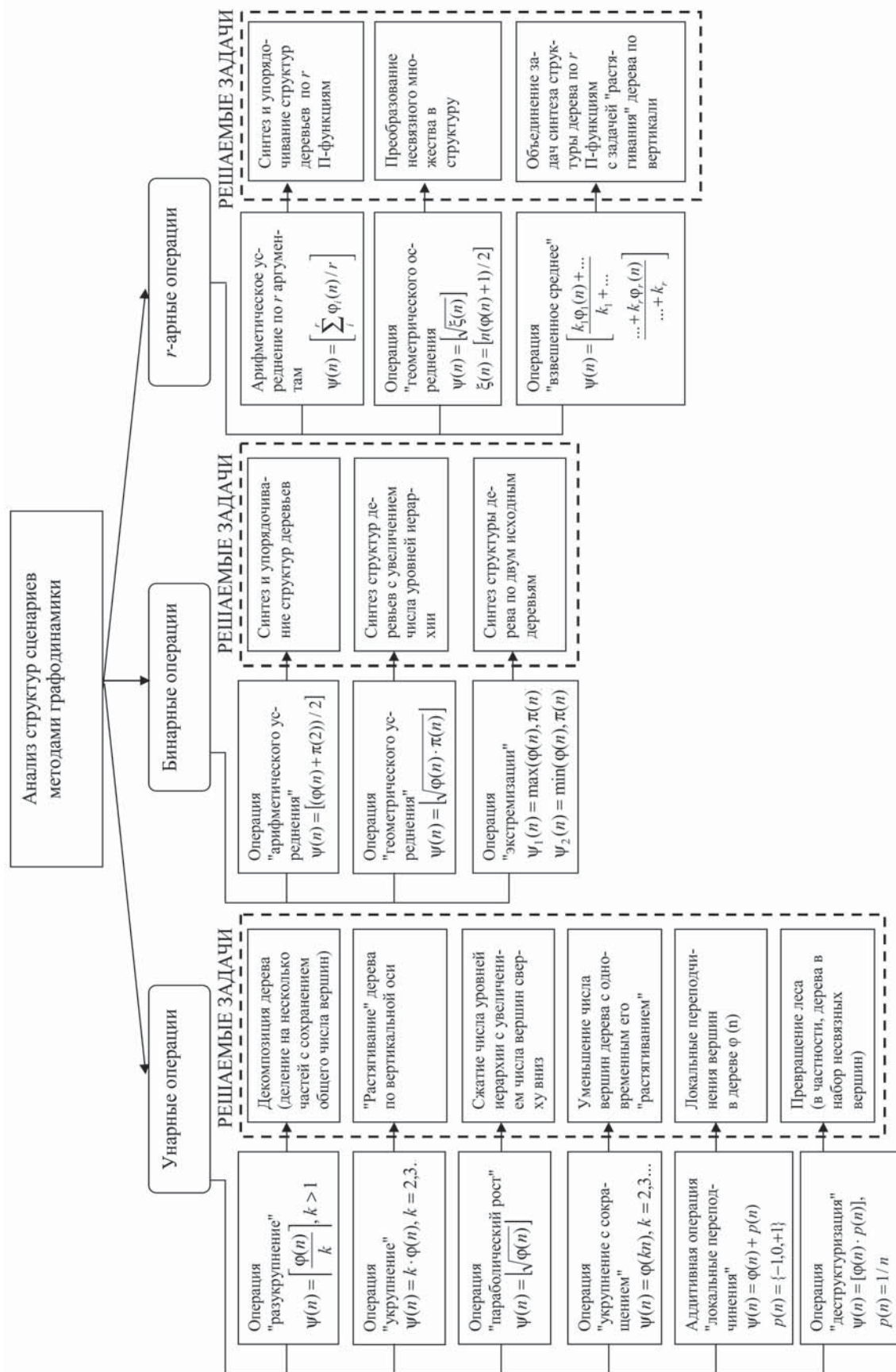


Рисунок 3 Структура информационной технологии выбора методов графодинамики



Формально такие модели описываются симметричными и несимметричными смесями плотности распределения вероятностей вида:

$$\begin{aligned} F(x) &= (1 - \varepsilon)F_0(x; \bar{x}_0, \sigma_0^2) + \varepsilon F_1(x; \bar{x}_1, \sigma_1^2), & \bar{x}_0 &= \bar{x}_1, \\ F(x) &= (1 - \varepsilon)F_0(x; \bar{x}_0, \sigma_0^2) + \varepsilon F_1(x; \bar{x}_1, \sigma_1^2, \theta), & \bar{x}_0 &\neq \bar{x}_1, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $F_0$  – плотность основного распределения со средним значением  $\bar{x}_0$  и дисперсией  $\sigma_0^2$ ;  $\varepsilon(0 \leq \varepsilon \leq 0.5)$  – доля (удельный вес) "засоряющих" значений (уровень неоднородности), определяющих распределение  $F_1$  с параметрами  $\bar{x}_1$  и  $\sigma_1^2$ ;

$\theta$  – параметр сдвига распределения  $F_1$  относительно  $F_0$  (несимметричная смесь распределений).

В данном случае целесообразно использовать методы робастной статистики с целью получения несмещенных (малосмещенных) и эффективных оценок параметров основного распределения  $F_0$ .

Задание только различий между распределениями вероятностей рассматривается в рамках непараметрической статистики, которая не делает предположений о принадлежности функции распределения тем или иным параметрическим семействам распределений, и ее задачи формулируются в терминах только различий между классами или внутри класса неизвестных распределений. Анализ данных, попадающих под такую характеристику производится при помощи непараметрических методов проверки гипотез.

Рассмотрим одну из задач проверки гипотез, которая получила название задачи согласия. Пусть задано известное распределение  $F(x)$ . Из неизвестного распределения  $F_0(x)$  берется выборка  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и формируются гипотезы:

$$\begin{aligned} \text{нулевая} & \quad H_0 : F(x) = F_0(x); \\ \text{альтернативная} & \quad H_1 : F(x) \neq F_0(x). \end{aligned} \quad (5)$$

Для решения задачи (5) может быть использован строгий непараметрический метод Колмогорова-Смирнова. На рис. 4 представлена структура информационной технологии выбора вероятностно-статистических методов, где  $x(\alpha)$ ,  $x_B(\alpha)$ ,  $x_{med}$  – оценки усеченного среднего, винзорированного среднего и выборочной медианы;  $x_{bs}^1$ ,  $x_{bs}^2$

– бутстреп-оценки на основе процедур "размножения" выборки и "складного ножа";  $As^*$ ,  $Es^*$  – устойчивые аналоги асимметрии и эксцесса;  $x(1/4)$ ,  $x(1/2)$ ,  $x(1/6)$ ,  $x(1/8)$ ,  $x(3/8)$  – оценки усеченного среднего с уровнем усечения  $\alpha=1/4, 1/2, 1/6, 1/8, 3/8$  соответственно.

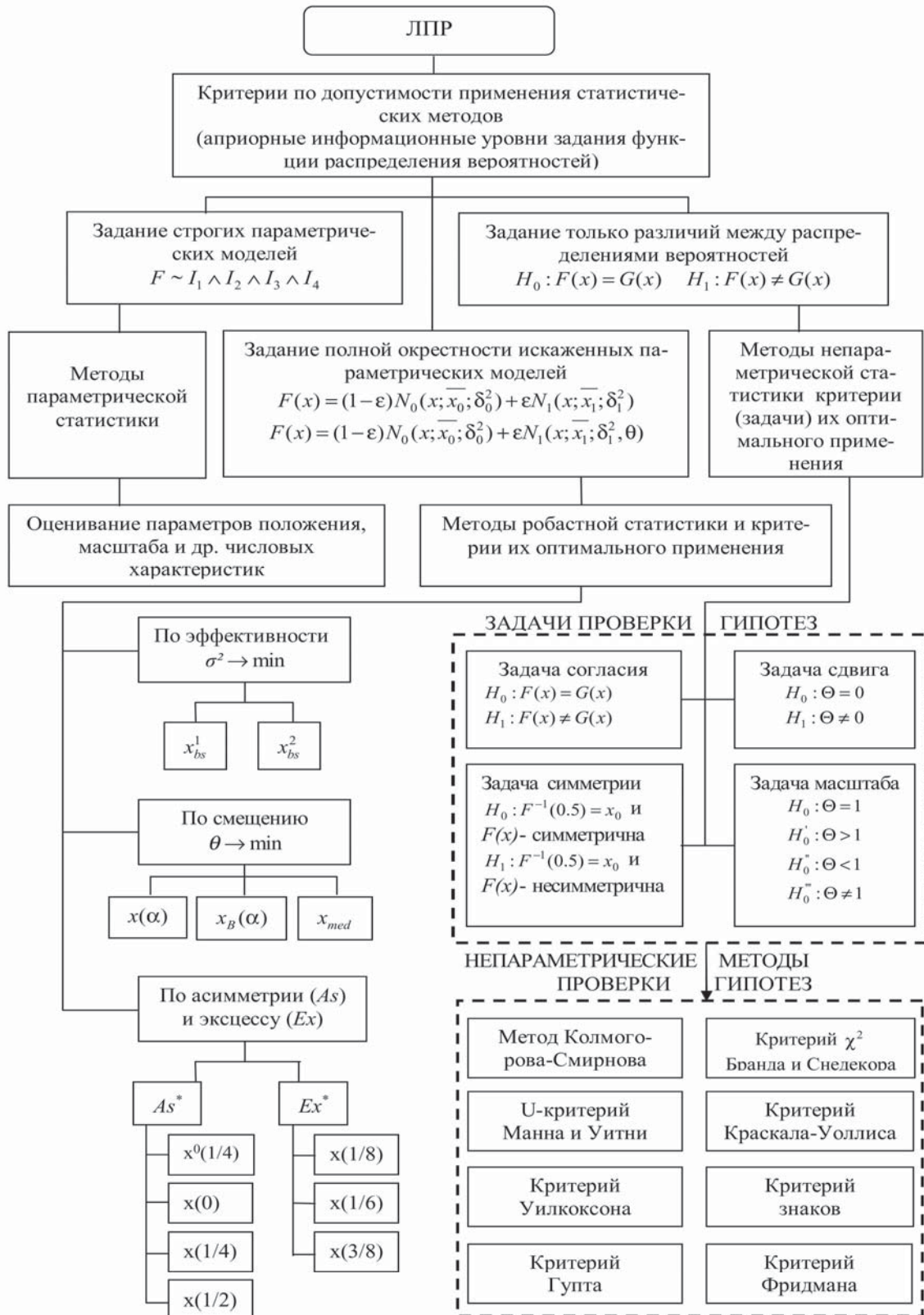
### **Информационная технология выбора методов качественного оценивания сценариев**

Методы качественного анализа выполняют роль "инструментов", которыми пользуются эксперты (аналитики, консультанты и др.) для выработки своих оценок, в определенных шкалах. В основу построения информационной технологии выбора таких методов может быть положен принцип учета основных типов графовых моделей сценариев, в основе которых лежат иерархические деревья целей, деревья решений, лингвистические деревья и др. (рис. 5).

Это позволяет выбрать и систематизировать три группы методов: методы анализа взаимодействий в иерархиях, методы теории полезности и методы анализа нечеткой информации. Процедура выбора конкретных методов из числа указанных групп должна указывать тип задач оценивания сценариев.

Например, если задача оценивания характеризуется многокритериальностью, и когда в их числе присутствуют критерии качественного характера, то для ее решения может быть использован метод анализа иерархий и его модификации. Данный метод позволяет поставить в соответствие качественным критериям количественные оценки. В случае, когда в распоряжении экспертов имеются критерии, оценки которых меняются в определенном диапазоне, не приближаясь к граничнодопустимым, оценивание альтернативных сценариев целесообразно проводить по нелинейной схеме компромиссов.

При сравнительной оценке сценариев возможна ситуация, когда альтернативы существенно отличаются многими характеристиками (содержанием, способом реализации, областями использования результатов и т.д.), т.е. для сравнения объектов не удастся построить единую систему критериев и применить многокритериальные методы. В этом случае для определения потенциальной эффективности неоднородных альтернатив целесообразно использовать методологию целевого оценивания сценариев.



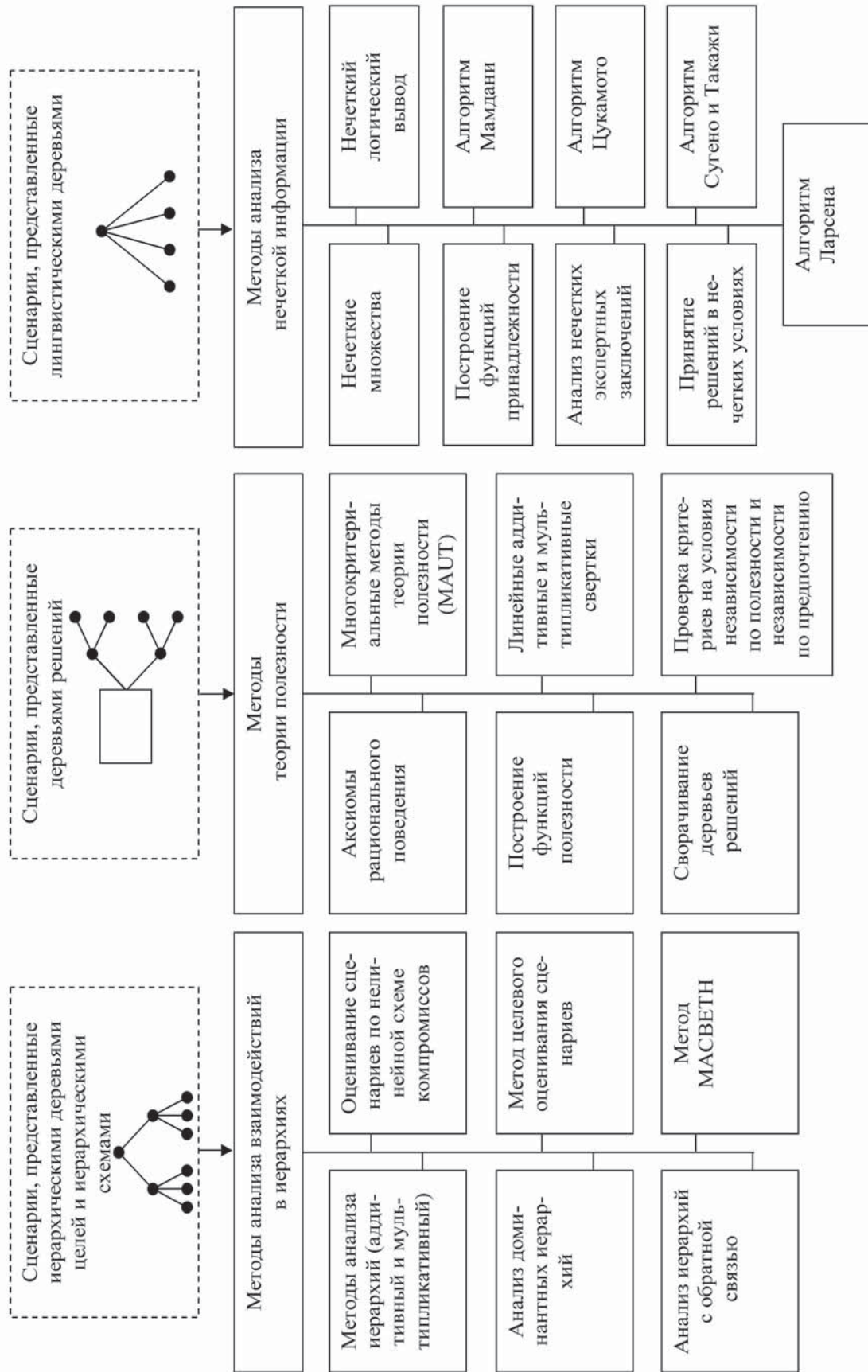


Рисунок 5 – Структура информационной технологии выбора методов качественного оценивания сценариев

## Информационная технология выбора методов анализа экспертных оценок

Выделяют три основные задачи нахождения итоговых экспертных оценок [8]:

- проверка согласованности мнений экспертов;
- классификация экспертов, если такой согласованности нет;
- получение обобщенной экспертной оценки внутри согласованной группы.

В настоящее время не существует научно обоснованной классификации методов анализа экспертных оценок, и тем более однозначных рекомендаций по их применению. Тем не менее, исходя из рассмотрения ряда особенностей присущих экспертным процедурам, можно предложить подход к построению информационной технологии. Прежде всего, следует отметить, что первоначально считалось – согласованность экспертных оценок определяется унимодальностью функции плотности распределения определенной параметрической модели, в качестве которой традиционно рассматривался нормальный закон распределения. Однако, появление работы [8] и ряда других, показало, что достаточно сложно, а часто и невозможно обосновать нормальность распределения ответов экспертов.

Основной причиной этого является ограниченность числа экспертов (обычно не более 30), т.е. выборка их оценок является малой, что делает невозможной надежную проверку нормальности экспертных оценок. Отсюда следует, что методы анализа экспертных оценок с применением параметрических статистических моделей не являются надежными.

Вторым фактором, который необходимо учитывать при выборе методов анализа, являются результаты экспертных высказываний, которые могут быть представлены в следующих формах: наименования, числа, условия градации, ранжировки, интервалы, парные сравнения и др. Их учет также позволяет выбрать соответствующий метод анализа экспертных оценок [5]. Изложенные рассуждения структурно представлены на рис. 6.

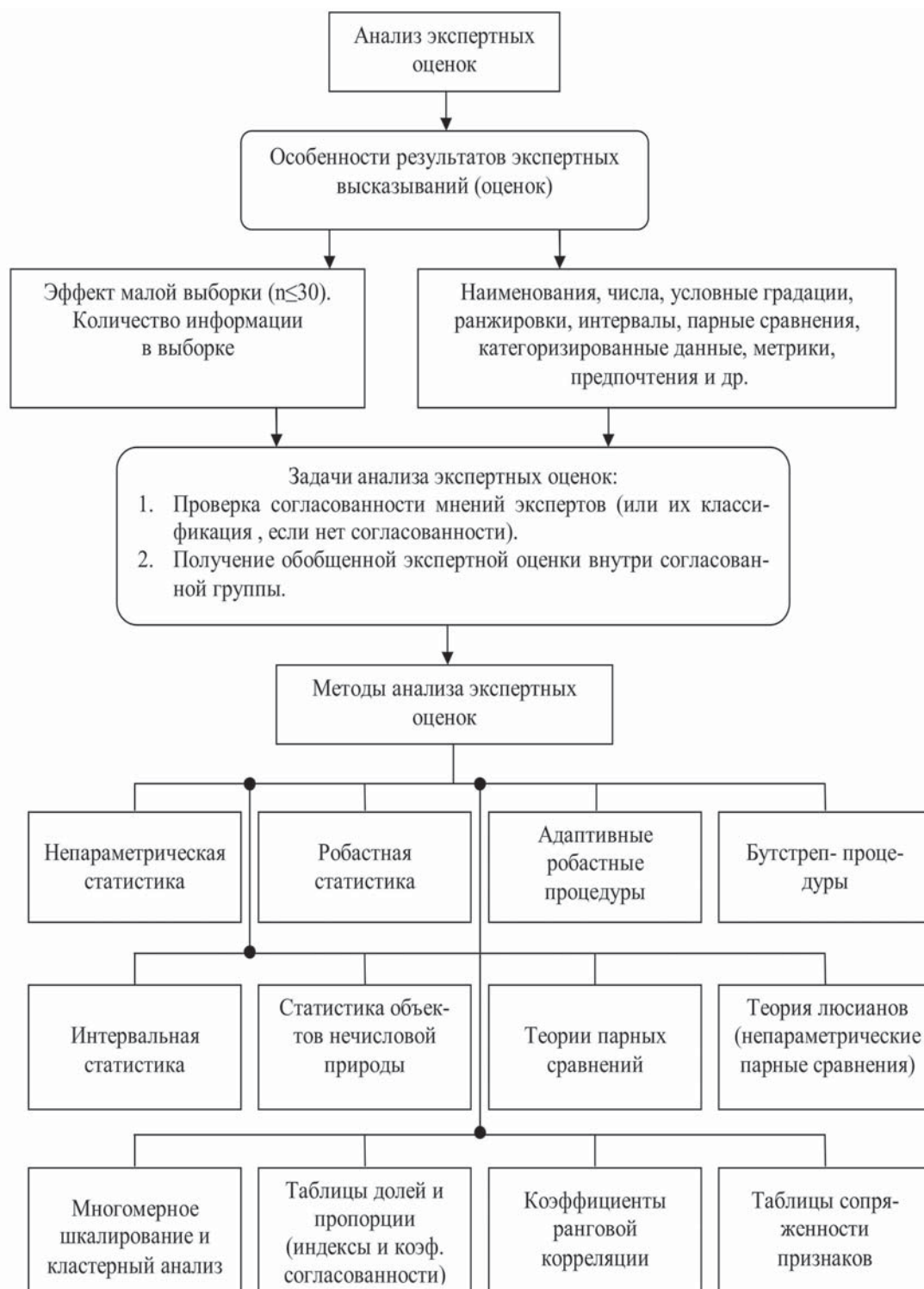


Рисунок 6 – Структура информационной технологии выбора методов анализа экспертных оценок

**Выводы.** В работе с позиций системного подхода изложены основные положения концепции построения информационных технологий экспертного анализа и оценивания сценариев. Выполнены систематизация и теоретическое обобщение широкого спектра инструменталь-

ных методов, выполняющих роль "поддержки" в проведении экспертиз, что позволяет решать задачи их целенаправленного выбора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Самойленко Л.И. Разработка методологии оценки сценариев в задачах планирования космической деятельности / Самойленко Л.И., Яковлева Л.М., Ильенко Т.В. и др. // Проблемы управления и информатики, 2005, №5, С. 145 – 156 (часть 1); 2005, №6, с. 127 – 134 (часть 2).
2. Губарев В.Ф. Структурная целевая модель космической деятельности в Украине / Губарев В.Ф. Самойленко В.И. Ильенко Т.В. и др. // Космічна наука і технологія, 2005, Т.11 № 314, С.103 – 111.
3. Згуровский М.З. Технологическое предвидение / Згуровский М.З. Панкратова Н.Д. – К.: "Политехніка", 2005. – 156 с.
4. Згуровский М.З. Системна методологія передбачення. – К.: ІВЦ "Политехніка", 2001. – 50 с.
5. Коваленко И.И. Системный подход к выбору статистических методов при генерации и анализе сценариев / Коваленко И.И., Гожий А.П. // Системные технологии, 2006, №5, С. 81 – 87.
6. Дридзе Т.М. Методологические и методические проблемы контент-анализа. – М.: Ин-тут социологии РАН, 2001. – 201 с.
7. Айзерман М.А. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / Айзерман М.А., Гусев Л.А., Петров С.В., Смирнов И.М // Автоматика и телемеханика, 1977, №7, С. 135 – 151.
8. Орлов А.И. Экспертные оценки // Заводская лаборатория, 1996, т. 62, №1, С. 54 – 60.
9. Коваленко И.И. Анализ подходов к выбору методов обработки экспертных оценок / Коваленко И.И., Пономаренко Т.В.// Труды ХНТУ, 2008, 1(30), С. 45 – 51.