

Свешников С.В.,  
Бочарников В.П.

# Основы нечеткой технологии и примеры решения аналитических задач в государстве и бизнесе



Решение сложных экспертно-аналитических задач

Оценка и прогнозирование социально-экономических систем и процессов

Аналитические технологии управления в государстве и бизнесе

УДК 330.4  
ББК 65в631  
С24

С24 Свешников С. В., Бочарников В. П.  
Основы нечеткой технологии и примеры решения аналитических задач в государстве и бизнесе. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 408 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-956-1

Сегодня несоответствие между теорией и практикой решения аналитических проблем становится все более очевидным. С одной стороны, совершенство методов решения прикладных задач, в том числе и нечеткой технологии, повышается каждый год. С другой – большинство аналитиков предпочитает использовать описания систем и процессов с помощью теории вероятностей и нечетких множеств. Возможности новых методов остаются без внимания. В этой книге мы кратко описали наш взгляд на один из элементов нечеткой технологии, в частности на использование нечетких мер в принципиально новых алгоритмах решения типовых задач оценки, классификации и прогноза. Мы рассмотрели в деталях несколько моделей аналитических задач с примерами из нашей практики, включая два консалтинговых отчета по исследованию рынков. В конце книги мы кратко описали программное обеспечение, которое использовалось при решении этих задач. Книга может быть полезной для специалистов в области анализа сложных систем, проектов, оценки и прогноза экономических и социальных процессов. Книга также может быть полезна для студентов высших учебных заведений, обучающихся соответствующим специальностям.

УДК 330.4  
ББК 65в631

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-94074-956-1 © Свешников С. В., Бочарников В. П., 2014  
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2014

# Содержание

<b>Введение</b> .....	7
<b>Глава 1. Основы решения аналитических задач</b> .....	10
1.1. Аналитические задачи: природа и классификация .....	11
Природа аналитических задач .....	13
Классификация аналитических задач .....	15
1.2. Нечеткая технология: математические инструменты и алгоритмы .....	24
Почему мы предлагаем использовать именно нечеткую технологю? .....	24
Что такое нечеткая технология? .....	29
Математические инструменты: нечеткие множества и нечеткие меры .....	29
Использование математических инструментов для обработки неопределенности .....	39
Основные приемы использования математических инструментов для решения аналитических задач .....	42
1.3. Организационная модель решения аналитических задач: ситуационный центр .....	52
Ситуационный центр, его основные компоненты .....	53
Организационная модель ситуационного центра для анализа информационно-психологического пространства .....	60
<b>Глава 2. Задачи анализа внешних политико-экономических и социальных условий</b> .....	63
2.1. Оценка риска международных политико-экономических отношений страны .....	64
Преамбула .....	64
Концепция решения задачи .....	67
Сопряженные задачи оценки риска .....	69
Структура модели .....	71
Оценка напряженности международных отношений Украины в 2007 г. ....	77
Заключение .....	87
2.2. Анализ и прогноз международной политико-экономической конкуренции .....	87
Преамбула .....	88
Ключевые термины и шкалы .....	90
Концепция анализа конкуренции .....	98
Структура комплекса моделей .....	101

Оценка политико-экономической конкуренции в нефтяной отрасли стран европейского и среднеазиатского региона .....	113
Анализ совместного отношения Украины и других ПЭС к изменению ситуации в нефтегазовой отрасли стран европейского и среднеазиатского региона .....	157
Заключение.....	162
2.3. Мониторинг и управление информационным пространством.....	164
Прембула .....	164
Ключевые термины .....	166
Аналитические задачи по контролю и управлению информационным пространством.....	170
Задача выявления недружественных информационных воздействий.....	175
Концепция решения задачи.....	176
Структура модели .....	179
Математическое описание модели .....	185
Анализ возможности информационного воздействия на русскоязычное национальное меньшинство во время последнего тура президентских выборов в Украине в 2005 г. ....	189
Заключение.....	191

### **Глава 3. Задачи управления: управление ликвидностью и бюджетирование .....**

3.1. Управление быстрой ликвидностью на основе событийного прогнозирования финансовых индексов .....	194
Прембула .....	195
Концепция прогнозирования.....	200
Идея модели .....	204
Математическая модель .....	207
Прогнозирование украинского фондового индекса ПФТС....	214
Прогнозирование курсов валют EUR/USD на рынке Forex....	216
Прогнозирование курсов валют UAH/USD на рынке Forex....	218
Прогнозирование ставок межбанковского кредитования KievPrime.....	219
Прогнозирование котировок евробондов «Украина 2015 EUR» .....	228
Заключение.....	232
3.2. Прогнозирование налоговых поступлений при бюджетном планировании .....	233
Прембула .....	233
Идея модели .....	234

Структура модели .....	244
Результаты расчетов .....	253
Заключение.....	256

## **Глава 4. Формирование маркетинговых стратегий**..... 258

4.1. Комплекс моделей для формирования маркетинговых стратегий .....	260
Преамбула .....	260
Аналитические задачи формирования маркетинговых стратегий .....	263
Концепция построения комплекса моделей .....	269
Структура моделей .....	275
Алгоритм использования комплекса моделей для формирования маркетинговых стратегий .....	289
Заключение.....	291
4.2. Оценка эффективности начала и реализации нового вида страхования .....	293
Ключевые выводы .....	294
Условия выполнения проекта .....	296
Комплекс маркетинговых стратегий компании .....	298
Итоговые предложения .....	300
Общий финансовый план .....	301
Показатели страховой статистики .....	302
4.2.1. Приложение А. Исходные данные и ограничения .....	303
4.2.2. Приложение Б. Структурная схема исследований .....	308
4.2.3. Приложение В. Исследование условий выполнения проекта .....	310
4.2.4. Приложение Г. Комплекс маркетинговых стратегий ....	330
4.2.5. Приложение Д. Формулы расчета показателей страховой статистики.....	346
4.3. Оценка эффективности начала и реализации проекта по производству сельскохозяйственной продукции .....	347
Пункт 1. Оценка риска проекта с точки зрения кредитора.....	348
Пункт 2. Оценка риска проекта с точки зрения распорядителя.....	355
4.3.1. Приложение А. Структура модели оценки кредитного риска .....	363
4.3.2. Приложение Б. Критические параметры проекта .....	367

## **Глава 5. Краткое описание программных продуктов нечеткой технологии**..... 371

5.1. Expert Professional Master .....	372
Назначение .....	372

---

Структура решения аналитических задач в ExPro .....	373
Эталон идеального объекта и реальные объекты.....	374
Имитационная модель .....	376
Внешние факторы .....	377
Внутренние факторы.....	378
Источники данных .....	380
Модуль отображения результатов решения ExPro Reporter ....	382
Групповая работа пользователей .....	382
5.2. Expert Professional Master Forecast .....	384
Назначение .....	384
Концепция Forecast.....	384
Оценка событий .....	385
Анализ индекса .....	387
Групповая работа .....	391
5.3. Fuzzy for Excel.....	392
Назначение .....	392
Функции Fuzzy for Excel .....	392
Инструменты Fuzzy for Excel .....	393
5.4. Fuzzy Planner .....	396
Назначение .....	396
Информационная структура Planner.....	397
<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>401</b>
<b>Предметный указатель.....</b>	<b>406</b>

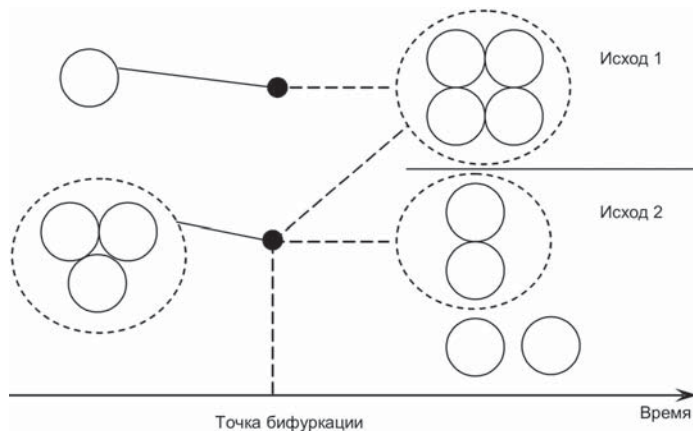
В этой части книги рассматривается природа задач, которые аналитики должны решать при управлении компаниями, корпорациями, государственными учреждениями. С целью пояснения общих закономерностей и подходов к решению этих задач представлены их классификация, обобщенные схемы решения, а также краткая характеристика математических методов и приемов решения. Так как процесс решения аналитических задач не является абстрактным понятием, а аналитики решают аналитические задачи в рамках конкретных подразделений, в конце этой части предложен взгляд на организационные модели, которые, по нашему мнению, являются наиболее эффективными при решении аналитических задач.

## **1.1. Аналитические задачи: природа и классификация**

Хорошо известно, что эффективность бизнеса, как и любого организационно-технического процесса, зависит не только от эффективности производственных процессов (работы оборудования, станков, технологий), но и во многом от эффективности системы управления. Поддержка эффективного управления является особенно важной в неблагоприятных условиях внешней среды, которые проявляются в виде волатильности рынков ресурсов и рынков сбыта, высокой конкуренции, политических и административных рисков.

Во время кризиса требования к оперативности и качеству управления особенно возрастают. Это утверждение в полной мере относится не только к условиям глобального финансово-экономического кризиса, который начался в 2008 г. Оно также относится к локальным явлениям, которые похожи на кризис по признаку резкого изменения «правил игры». То есть в не-кризисное время условия и правила функционирования экономических систем или их частей также могут существенно изменяться. Приверженцы теории циклов называют такие моменты точками бифуркации (см. [1]). В этих точках накопленные количественные изменения в экономической системе приближаются к критическому уровню. В системе нарушаются важные балансы: что-то отпадает, что-то добавляется, перестраивается. В результате система приобретает новое качество. На рис. 1.1.1 упрощенно изображено изменение состава системы при прохождении точки бифуркации.

Через подобный процесс преобразований проходят все без исключения системы: природные, общественные, экономические, полити-



*Рис. 1.1.1. Прохождение системой точки бифуркации*

ческие. Здесь и далее мы будем рассматривать системы, которые имеют в своем составе активные компоненты: органы управления. Эти органы управления имеют возможность принимать и реализовывать решения, то есть возможность активно влиять на развитие системы. Форма и содержание деятельности органов управления должны соответствовать условиям функционирования системы.

На рис. 1.1.1 мы изобразили расслоение возможностей, которое появляется в точке бифуркации: или система присоединит к себе новый элемент, или система потеряет свой элемент.

От чего же зависит исход бифуркации? В первую очередь он зависит от своевременности и величины усилия, которое может быть приложено к системе в момент бифуркации. Обратите внимание на то, что в такие критические моменты, как правило, не требуется прилагать больших усилий, чтобы переломить траекторию движения системы. То есть не обязательно тратить большие ресурсы, чтобы кардинально изменить ситуацию. Важно лишь правильно определить момент.

Иногда большие игроки на международных рынках преднамеренно создают подобные критические ситуации. Один из самых ярких примеров – это банкротство Проминвестбанка (Украина) с помощью кратковременного информационного воздействия [2]. Этот банк имел один из наивысших рейтингов среди украинских банков. Он обеспечивал трансферты правительства, имел хорошую репутацию и большую клиентскую базу. Однако неизвестные начали по-



сылать клиентам банка текстовые сообщения, в которых говорилось о возможном банкротстве банка. Эти сообщения вызвали панику, и через неделю поток требований клиентов полностью заблокировал деятельность банка. В результате владельцы банка были вынуждены продать банк по минимальной цене.

Здесь мы не стремимся научиться преднамеренно создавать какие-либо деструктивные воздействия. Однако очевидно, что компании должны постоянно изучать ситуацию, предсказывать возможные деструктивные воздействия и своевременно нейтрализовать их. Эти рассуждения также относятся к любым возможным изменениям условий бизнеса.

### **Природа аналитических задач**

Поэтому орган управления системой должен постоянно решать два типа ключевых задач:

- сбор и обработка необходимой информации;
- анализ собранной информации для адекватной оценки обстановки и формирования эффективных решений.

Первый тип задач называется информационными задачами, второй тип задач – аналитическими. Чем отличаются друг от друга эти задачи?

При решении информационных задач орган управления:

- собирает информацию;
- формализует ее;
- сохраняет информацию, например в архивах;
- сортирует, обобщает и отображает информацию, чтобы лучше ее анализировать.

На практике информационные задачи могут быть разнообразными. Решение этих задач базируется на современных информационных технологиях. Но их главная особенность состоит в том, что в результате обработки информации эти задачи не вырабатывают принципиально новых знаний о системе и внешней среде:

$$Inf_{input} \cong Inf_{result}$$

Эта условная формула обозначает: информация, которую мы получаем как результат решения информационной задачи, тождественна исходной информации.

В отличие от информационных задач, аналитические задачи используются для получения новых знаний:

$$Inf_{input} < Inf_{result}$$

Эта условная формула обозначает, что информация, которую мы получаем как результат решения аналитической задачи, «как бы больше» исходной информации. То есть аналитическая задача, в отличие от информационной задачи, генерирует новое знание. Это новое знание дает нам возможность оценить ситуацию, спрогнозировать ее развитие и принять решение, которое будет реализовано в надежде на успех. Безусловно, чтобы новое знание было адекватным и принесло нам пользу, необходимо выполнить четыре ключевых условия:

- правильно и точно сформулировать задачу, то есть правильно определить цель анализа, объект анализа, выделить наиболее значимые свойства этого объекта и отбросить свойства, которыми можно пренебречь;
- собрать минимально достаточный объем исходной информации для решения задачи;
- создать адекватную модель системы, которая нас интересует, то есть правильно описать внутренние механизмы системы, внешние условия, допущения и ограничения;
- организовать процесс исследования полученной модели системы, обеспечить эффективность работы персонала.

Методы системного анализа обеспечивают выполнение **первого условия**. Читатель может самостоятельно ознакомиться с известной литературой, например [3]. Здесь мы лишь хотим обратить внимание на важность правильной формулировки задачи. Если задача изначально сформулирована неправильно, шансов на ее успешное решение очень мало. С этой точки зрения классификация аналитических задач играет важную роль.

Решение информационных задач обеспечивает выполнение **второго условия**. В этой книге мы не будем подробно останавливаться на информационных задачах. Однако следует подчеркнуть две особенности. Первая особенность – это противоречие между объемом необходимой информации и затратами на ее добывание: большой объем необходимой информации требует больших усилий и времени для сбора. Вторая особенность состоит в противоречивости, неполноте, неточности и нечеткости информации. Информационные задачи должны учитывать эти свойства информации.

Специальные методы решения аналитических задач обеспечивают выполнение **третьего условия**. Например, хорошо известно, что для прогнозирования могут использоваться десятки различных методов, которые построены на самых различных принципах. Каждый из методов имеет собственные допущения, ограничения, условия ис-

пользования, которые необходимо учитывать при выборе метода решения конкретной аналитической задачи. Также необходимо учитывать реальные свойства входной информации. Например, не следует использовать статистические методы, если входная информация не имеет свойств статистической выборки. Иначе решение будет ошибочным.

Специальные организационные модели обеспечивают выполнение **четвертого условия**. Это совокупность специальных аналитических подразделений, организационных процедур по решению аналитических задач, конфигурации технических и программных средств, средств связи и других устройств, которые обеспечивают эффективную работу персонала. То есть организационные модели также рассматриваются как важные аспекты решения аналитических задач на практике.

При соблюдении всех этих условий можно надеяться на выработку эффективного решения. В этом разделе мы рассмотрим, что необходимо сделать, чтобы их выполнить.

### ***Классификация аналитических задач***

На практике аналитические задачи разнообразны. Исследователи используют различные классификационные схемы в зависимости от совокупности признаков задач и цели исследования. Мы предлагаем рассмотреть классификацию аналитических задач с точки зрения цели их решения, то есть с точки зрения типа результатов решения. Таблица 1.1.1 показывает такую классификацию. В таблице с помощью подчеркивания показаны типовые задачи, которые наиболее часто встречаются на практике.

Рассмотрим далее схемы решения типовых задач. Эти схемы являются универсальными и могут использоваться для решения различных задач соответствующих классов.

### ***Задача оценки***

Задача оценки возникает, когда необходимо рассчитать оценку соответствия реальных объектов нашим собственным представлениям. Эта задача аналогична задаче измерения. Например, человек измеряет длину стола с помощью линейки. В задаче оценки аналитик строит эталон идеального объекта (линейку), с которым он соотносит реальные объекты (столы) по их отдельным параметрам (длина). Уровень соответствия реального объекта идеальному объекту является

**Таблица 1.1.1. Классификация аналитических задач**

<b>Задача</b>	<b>Тип результатов решения</b>	<b>Пояснение</b>
<b>Задачи оценивания</b>		
Оценка	Оценка объекта в критерии	Оценка объекта на основе оценок его параметров
Классификация	Оценка принадлежности объекта к сформированным классам	Соотнесение текущего состояния объекта к одному из ранее сформированных классов
Кластеризация	Группы объектов (классы)	Нахождение прототипов классов, разбиение объектов на классы
Динамическая фильтрация	Оценка объекта в критерии	Постоянное оценивание текущего состояния объекта на основе данных из прошлого в условиях шумов
Прогнозирование	Временная последовательность оценок объекта в критерии	Оценка текущего состояния объекта на основе данных из прошлого и предположений о дальнейшем развитии ситуации
<b>Задачи идентификации модели</b>		
Структурная идентификация	Структура модели предметной области	Выявление значимых элементов системы и связей между ними
Параметрическая идентификация	Значения параметров связей в модели предметной области	Настройка параметров модели после структурной идентификации
<b>Задачи управления</b>		
Выбор решения	Объект, который имеет наилучшую оценку в критерии	Оценка объектов и выбор наилучшего объекта
Ранжирования	Упорядоченные оценки объектов в критерии	Оценка объектов на основе их параметров и упорядочение
Динамического управления	Управляющие воздействия, которые являются рациональными (оптимальными) с точки зрения выбранного критерия	Формирование последовательности управляющих воздействий, которые приводят объект в требуемое состояние с учетом условий внешней среды. Состояние внешней среды не зависит от действий других управляемых объектов
Игровое динамическое управление	Управляющие воздействия, которые являются рациональными (оптимальными) с точки зрения выбранного критерия	Формирование последовательности управляющих воздействий, которые приводят объект в требуемое состояние с учетом условий внешней среды. Состояние внешней среды зависит от действий других управляемых объектов

результатом решения задачи. Алгоритм рассчитывает этот уровень в главном критерии оценки. Уровень соответствия чаще всего измеряется в относительной шкале, например в интервале  $[0, 1]$ . Рисунок 1.1.2 иллюстрирует схему решения задачи оценки.

Акцентируем внимание на нескольких важных особенностях задачи:

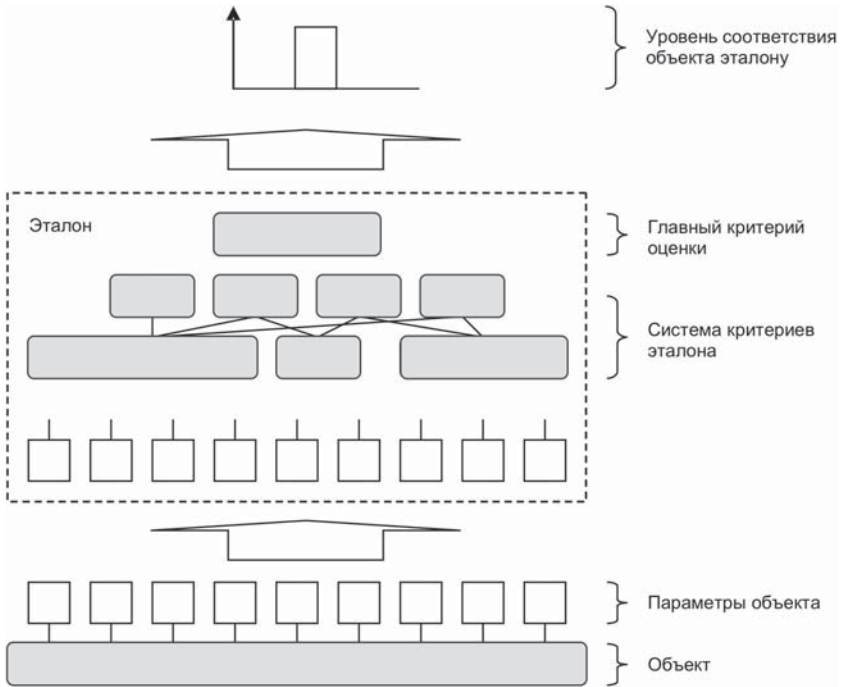


Рис. 1.1.2. Условная схема решения задачи оценки

- задача оценки не учитывает времени, то есть является статической задачей;
- количество и тип параметров идеального и реального объектов должны совпадать;
- разные задачи могут по-разному оценивать один и тот же объект;
- разные параметры объектов могут измеряться в разных шкалах (числовых или лингвистических);
- структура эталона должна иметь единственный выход, в котором измеряется уровень соответствия;
- эталон идеального объекта может быть использован многократно.

Классический пример задачи оценки – это задача оценки риска заемщика. В этой задаче заемщик с максимальным риском является идеальным объектом. Он имеет риск, равный 1. Реальные заемщики оцениваются с учетом множества параметров: активы, пассивы, кре-

дитная история и др. Также необходимо учитывать, что на практике не всегда можно точно оценить некоторые параметры заемщика. Поэтому и эталон, и входная информация должны правильно «работать» с неопределенностью. Результатом решения задачи является уровень соответствия заемщику с максимальным риском.

### ***Задача классификации***

Задача классификации рассматривается как задача соотнесения реального объекта к ранее сформированным классам. То есть перед решением задачи необходимо иметь описания этих классов в виде соответствующих эталонов. В задаче требуется получить оценку соответствия объекта этим классам.

Данная задача сводится к задаче оценки. В этой задаче строится несколько эталонов идеальных объектов (классов), с которыми соотносится реальный объект. Результатом решения задачи является класс с максимальной оценкой из множества оценок объекта для всех классов. Особенности этой задачи аналогичны особенностям задачи оценки. Наиболее показательный пример – это задача классификации активов по ликвидности или задача классификации кредитов по группам риска.

### ***Задача кластеризации***

Задача кластеризации рассматривается как задача разбиения множества объектов на классы.

Задача кластеризации возникает, когда имеется несколько объектов, которые необходимо сгруппировать на основе значений их параметров. На первом шаге решается задача оценки каждого объекта. Затем формируется отношение сходства между объектами и после этого – отношение эквивалентности. Способы получения отношений сходства и эквивалентности могут быть различными. Рисунок 1.1.3 иллюстрирует схему задачи группирования (кластеризации). На рисунке уровень закрашки ячеек в матрице эквивалентности иллюстрирует уровень эквивалентности объектов в строке и столбце этой матрицы.

Результатом решения задачи являются группы объектов, для которых величина эквивалентности больше либо равна заданного уровня. На уровне 1 каждый объект эквивалентен только самому себе, то есть количество групп равно количеству объектов. На уровне 0 существует только одна группа, которая включает в себя все объекты. На промежуточных уровнях проявляется разное количество групп.

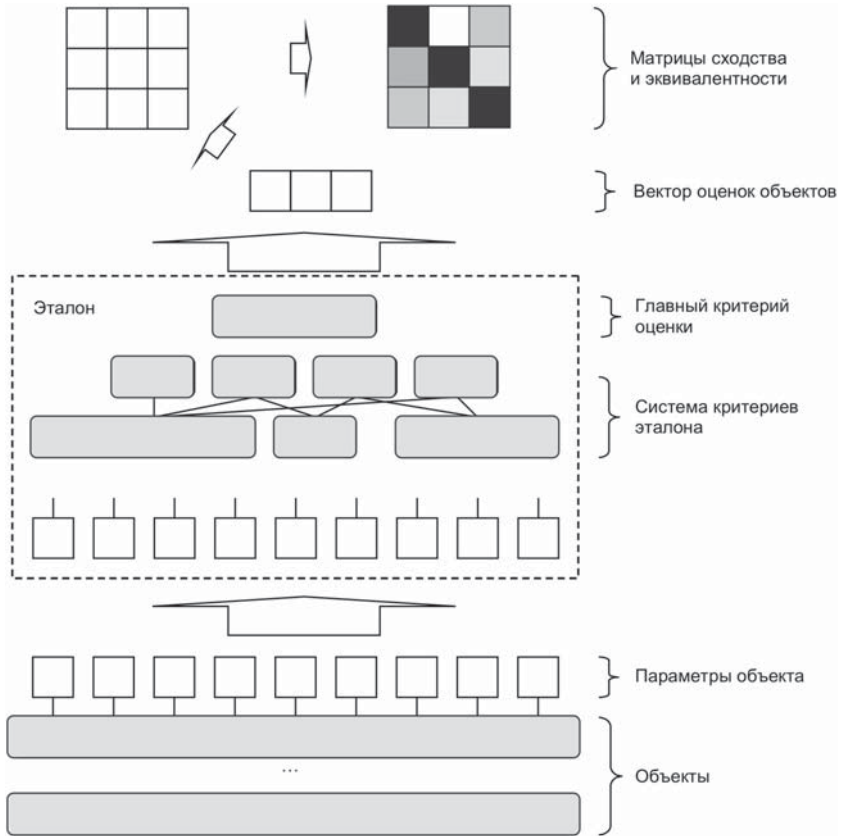


Рис. 1.1.3. Условная схема задачи группирования (кластеризации)

Результаты решения задачи аналитик может использовать для предварительного изучения реальных систем. Наиболее показательный пример – задача поиска возможных союзов между компаниями или государствами на основе их экономических интересов.

### **Задача прогнозирования**

Задача прогнозирования возникает, когда необходимо получить оценки реального объекта в будущем. Аналитики используют три способа прогнозирования в зависимости от типа входной информации:

- фактические значения оценок, которые объект имел в прошлом;

- варианты изменений параметров объекта, которые возможны в будущем (сценарии);
- события, которые произошли в текущее время и могут произойти в будущем.

При прогнозировании на основе информации первого типа тренд оценок экстраполируется из прошлого в будущее. При этом используются явные или неявные методы экстраполяции. Результатом решения задачи является временная последовательность оценок объекта (тренд). Наиболее часто аналитики используют регрессионные методы, методы нелинейной экстраполяции, нейронные сети. Классический пример прогнозирования на основе этого типа информации – прогнозирование биржевых индексов: курсов валют, индексов фондовой биржи, курсов акций. Особенностью данного способа прогнозирования является невысокая точность, а также быстрое расхождение прогноза и реальности с течением времени.

При прогнозировании на основе информации второго типа формируется несколько сценариев – предположений о значениях параметров объекта. Как правило, это пессимистичный, оптимистичный и реалистичный сценарии. Каждый сценарий содержит множество оценок, которые могут принять параметры объекта при соответствующих предположениях на заданном горизонте времени. Результатом решения задачи является несколько сценарных оценок объекта. Прогнозирование на основе этого типа информации наиболее часто используется для макроэкономических прогнозов, в частности для бюджетного планирования. Особенностью данного способа прогнозирования является отсутствие тренда, а также неясность относительно возможности реализации сценариев.

При прогнозировании на основе информации третьего типа оценивается влияние событий на параметры объекта. События имеют собственное время воздействия, силу, важность. Разные события могут усиливать или уменьшать влияние друг друга. Кроме того, события могут влиять также на критерии эталона. Для каждого прогнозного момента времени рассчитывается значение параметра объекта с учетом влияния событий. После этого решается задача оценки. Результатом решения задачи является тренд оценок объекта. Рисунок 1.1.4 иллюстрирует схему решения задачи прогнозирования.

Событийное прогнозирование используется в различных практических задачах, которые мы рассматриваем в этой книге. Особенностью данного способа прогнозирования является наличие тренда не только оценок объекта, но и трендов параметров объекта. То есть



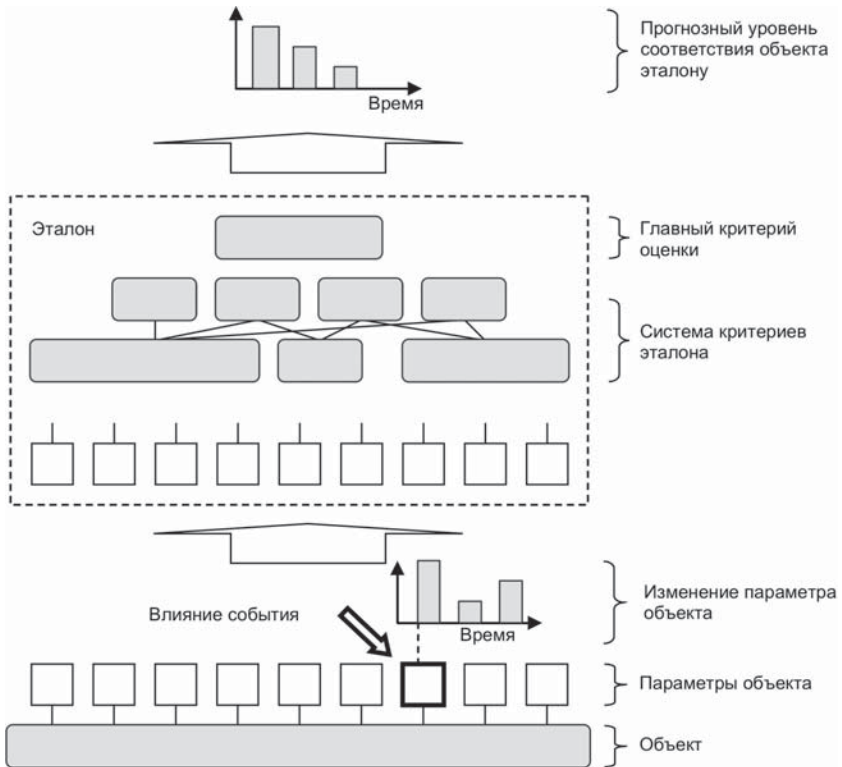


Рис. 1.1.4. Условная схема решения задачи прогнозирования

данный способ предоставляет все частные детали в картине прогноза. Здесь могут использоваться события различного временного масштаба: краткосрочного, долгосрочного. В этом случае результатом являются соответственно краткосрочный или долгосрочный прогноз.

Следует акцентировать внимание на потенциальном объеме информации, которая используется в трех перечисленных способах прогнозирования. Первый способ требует минимального объема входной информации. При втором способе прогнозирования объем информации зависит от количества параметров объекта и количества сценариев. При третьем способе прогнозирования объем информации принципиально не ограничен, так как в задаче может учитываться неограниченное число событий. Поэтому логично предположить, что третий способ прогнозирования потенциально является более

адекватным, однако и более трудоемким. Некоторые подтверждения данного предположения рассматриваются в этой книге.

### ***Задача выбора (ранжирования)***

Задача выбора возникает, когда необходимо выбрать один лучший объект из нескольких реальных объектов. Эта задача может быть решена двумя способами:

- с помощью оценки реальных объектов и выбора из них объекта, который имеет максимальную оценку;
- с помощью сравнения реальных объектов между собой и выбора из них объекта, который имеет лучшие предпочтения, по сравнению с другими объектами.

Первый способ рассмотрен при описании задачи оценки. Второй способ предполагает сравнение объектов или их параметров между собой. В случае сравнения объектов строится матрица парных сравнений между объектами. Результатом решения является собственный вектор этой матрицы, из которого выбирается объект с максимальным предпочтением. В случае сравнения параметров строится множество матриц парных сравнений для каждого из параметров. Затем выполняется свертка оценок параметров для каждого из объектов с учетом важности параметров. После сворачивания матриц строится матрица парных сравнений между объектами и находится собственный вектор этой матрицы. Этот способ предложил Саати [4] и назвал его методом анализа иерархий. Рисунок 1.1.5 иллюстрирует схему решения задачи.

Акцентируем внимание на смысле получаемых оценок. В соответствии с первым способом решения рассчитываются оценки соответствия реальных объектов идеальному объекту. То есть может возникнуть ситуация, в которой все реальные объекты имеют очень низкую оценку, и сделать выбор среди них невозможно. Такая ситуация очень часто встречается на практике. В соответствии со вторым способом решения всегда можно выбрать предпочтительный объект. Но нет возможности гарантировать, что этот объект действительно будет соответствовать нашим требованиям. Поэтому первый способ решения задачи выбора является все же более адекватным.

Особенности задачи выбора:

- задача выбора является статической задачей;
- перечень параметров разных объектов должен совпадать;
- в случае использования метода анализа иерархий количество объектов в задаче не должно быть больше девяти [4], а система

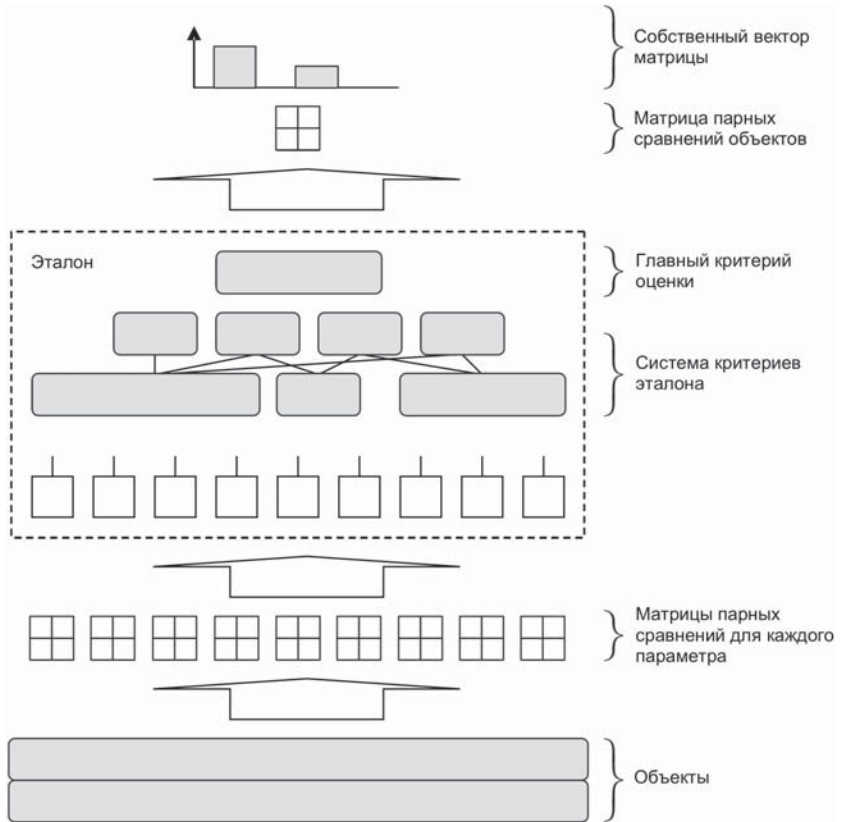


Рис. 1.1.5. Условная схема решения задачи выбора (ранжирования)

предпочтений должна быть иерархией, то есть она не должна иметь пересечения ветвей;

- в случае использования метода анализа иерархий нет возможности многократно использовать сформированную задачу (при добавлении дополнительного объекта матрицу необходимо перестраивать), потому что результат верен только для того множества объектов, для которого решена задача.

Последняя особенность на практике существенно ограничивает использование второго способа решения задачи.

Таким образом, мы охарактеризовали четыре типа аналитических задач. На практике 99% аналитических задач классифицируются как задачи перечисленных типов или как их комбинации. Задачи выбора

(ранжирования) часто рассматриваются как задачи оценки, так как они имеют общую схему решения. Для решения перечисленных задач можно использовать различные методы. Например, для решения задач оценки можно использовать метод анализа иерархий Сатти [4], для решения задач прогнозирования – регрессионные методы, например [5, 6]. Каждый метод имеет свои преимущества, недостатки и ограничения для использования на практике.

Далее мы попытаемся ответить на два следующих вопроса:

- почему мы предлагаем использовать именно методы нечеткой технологии для решения аналитических задач в бизнесе?
- что такое нечеткая технология?

## **1.2. Нечеткая технология: математические инструменты и алгоритмы**

### ***Почему мы предлагаем использовать именно нечеткую технологию?***

Ответ на этот вопрос вытекает из рассмотрения некоторых особенностей аналитических задач. Здесь мы акцентируем внимание читателя на том, что задача оценки является базовым типом аналитических задач. Она используется как элемент в схемах решения других типов аналитических задач. Решение задачи оценки состоит из следующих шагов.

#### ***Шаг 1. Формирование эталона идеального объекта***

Эталон представляет собой систему взаимосвязанных критериев. Каждый критерий описывает соответствующий аспект оценки. Например, в задаче оценки риска заемщика критерий «Риск бизнеса» описывает риски, которые связаны с особенностями бизнеса заемщика: степень диверсификации бизнеса, загрузка производственных мощностей, стадия развития бизнеса и др. Критерии могут иметь различный уровень обобщенности. Например, критерий «Риск бизнеса» имеет высокий уровень обобщенности, так как он содержит частные критерии. Рисунок 1.2.1 показывает обобщенный вид системы критериев. Последовательность работы алгоритма оценки показана с помощью стрелок, идущих от одного критерия к другому.