

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

А. А. Захарова

## **ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

Методические указания по выполнению практических работ и самостоятельной работе  
по дисциплине «Теория управления организационными системами»  
для студентов направлений подготовки и специальностей в сфере информационных  
технологий

Томск 2022

**УДК 681.51.012(075.8)**

**ББК 32.817**

3-38

**Рецензент:**

**Мицель А.А.**, профессор кафедры АСУ, докт. техн. наук

**З-38 Захарова, Александра Александровна**

Теория управления организационными системами: Методические указания по выполнению практических работ и самостоятельной работе по дисциплине «Теория управления организационными системами» для студентов направлений подготовки и специальностей в сфере информационных технологий / А. А. Захарова. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 36 с.

Методические указания содержат задания и требования по выполнению практических работ, самостоятельной работе студентов по дисциплине «Теория управления организационными системами». Практические работы направлены на закрепление теоретических знаний, а также формирование умений и владений в области использования методов стратегического управления организационными системами на основе экспертной информации.

Одобрено на заседании каф. АСУ протокол № 12 от 28.10.2022

**УДК 681.51.012(075.8)**

**ББК 32.817**

© Захарова А.А. 2022

© Томск. Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ .....	5
1.1 Реферат .....	5
1.2 Изучение теоретических материалов .....	7
1.3 Прочие виды самостоятельной работы .....	8
2 МЕСТО СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	10
3 ВЫБОР ЭТАПОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕЧЕТКИХ МЕТОДОВ .....	13
4 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ .....	15
5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ» .....	17
5.1. Описание метода попарных сравнений .....	17
5.2. Методические указания по выполнению практической работы .....	18
5.3. Пример выполнения практической работы .....	20
5.4. Задание на практическую работу .....	22
6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ» .....	23
6.1. Описание метода на основе использования статистических данных .....	23
6.2. Методические указания по выполнению практической работы .....	23
6.3. Пример выполнения практической работы .....	24
6.4. Задание на практическую работу .....	25
7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ СТАНДАРТНЫХ ФУНКЦИЙ» .....	26
7.1. Описание метода .....	26
7.2. Методические указания для выполнения практической работы .....	27
7.3. Пример выполнения практической работы .....	28
7.4. Задание на практическую работу .....	30
8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ» .....	31
8.1. Интегральный показатель выполнения стратегии предприятия .....	31
8.2. Методические указания по выполнению практической работы .....	33
8.3. Пример использования метода интегральной оценки на примере стратегии развития города Юрги .....	34
8.4. Задание на практическую работу .....	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Теория управления организационными системами» направлена на формирование компетенций в области основ математической теории управления организационными системами. Ее цель – показать возможность и целесообразность использования математических моделей для повышения эффективности функционирования организаций (предприятий, учреждений, фирм и т. д.). Изучается более 30 типовых механизмов – процедур принятия управленческих решений (реализующих функции планирования, организации, стимулирования и контроля): управления составом и структурой организационных систем, институционального, мотивационного и информационного управления. Их совокупность может рассматриваться как «конструктор», элементы которого позволяют создавать эффективную систему управления организацией.

Практические работы направлены на закрепление теоретических знаний, также формирование умений и владений в области использования одной из областей методов принятия решения, а именно методам стратегического управления организационными системами на основе экспертной информации.

Самостоятельная работа связана с изучением теоретического материала, подготовкой реферата по индивидуальной теме и выполнением практических заданий.

В первом разделе методических указаний приведены темы и задания на самостоятельную работу. В последующих разделах приведены задания на практические работы и методические указания к ним.

# 1 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

## 1.1 Реферат

Практическая работа «Проблемы управления организационными системами, методы и механизмы их решения» проводится в виде заслушивания докладов студентов, подготовленных в ходе самостоятельной работы.

Цель практической работы: подготовка и обсуждение рефератов и докладов на заданную тему по проблемам управления организационными системами.

Задачи:

1. Подготовить реферат объемом 15-25 стр. на заданную тему-
2. Подготовить доклад и презентацию (длительность доклада 5-7) минут
3. Представить доклад на семинаре.

### Методические рекомендации по написанию рефератов.

Рефератом называется письменный, развернутый ответ на заданную тему с использованием вторичных данных (знаний компетентных в данной области людей). Это работа с уже опубликованными источниками, освещающими необходимую тему. Реферат подразумевает работу с информацией. Собрав материал по интересующей теме, необходимо выделить в нем главное. Последовательно и логично изложить суть предмета. Такая работа способствует всестороннему изучению и глубокому закреплению материала. Суть реферата в том, чтобы с помощью накопленных другими людьми знаний раскрыть выбранную тему. Реферат должен отвечать следующим требованиям:

1) Текст должен читаться легко. При чтении не должно возникать проблем с пониманием слов и выражений автора. Научные термины и аббревиатуры необходимо пояснять. Для слов, написанных на иностранном языке, обязательно дать перевод на русский язык.

2) Текст должен быть выдержан в научно-публицистическом стиле. Не стоит использовать в работе обороты простонародной речи, сленг и т.д. Изложение ведется от третьего лица.

3) В реферате обязательно должны быть ссылки **на источники за последние два года.**

4) Оригинальность текста реферата должна составлять не менее 80%.

**План реферата.** Традиционно реферат содержит в себе следующие части: 1) Титульный лист 2) Содержание. 3) Введение. 4) Основная часть. 5) Заключение или выводы. 6) Список использованных источников. 7) Приложение

Введение в реферате должно кратко знакомить читателя с темой. Объем введения – 1-2 страницы. Здесь определяется круг вопросов, на которые должен ответить реферат. Попытайтесь ответить на вопрос: «В чем актуальность и значимость темы?» Тема работы может затрагивать слишком широкий круг вопросов. В этом случае нужно выбрать наиболее важное направление, и оговорить этот выбор во введении. В основной части нужно будет раскрыть только эту, избранную сторону темы. Тем самым можно уберечься от размытости и неопределенности в реферате. Во введении также указываются объект и предмет исследования. Цель и задачи работы.

Основная часть работы освещает поднятые во введении вопросы, содержит в себе рассуждения, аргументы, примеры и так далее. Все существенное содержание работы должно быть изложено в основной части. Основная часть реферата может состоять из нескольких пунктов. Данная часть реферата должна строиться последовательно, от общего к частному. Первый пункт основной части – обобщенная информация, касающаяся темы реферата, например, историческая справка. Все последующие параграфы – это наиболее значимые детали основной темы. Каждой составляющей можно дать отдельную характеристику, показать ее уникальность, отличительные черты. При делении на пункты старайтесь делать

их примерно одинаковыми по размеру. Важно соблюдать баланс. Если первый пункт занимает четыре страницы работы, а второй и третий только по одной, это говорит о недостаточной проработанности плана.

Как правило, в заключении не содержится новой информации. В нем повторяются выводы, вытекающие из содержания работы. Заключение в реферате - это ответы на вопросы, которые поставлены во введении. Если были написаны краткие выводы по каждому пункту в основной части, их можно повторить. Не лишним в заключении будет собственное мнение о выводах, полученных в процессе работы над рефератом.

Последний пункт любого реферата – список использованных источников. Чтобы написать хороший реферат, нужно подобрать и прочитать различные издания, содержащие информацию об интересующих вопросах. Рекомендуется использовать от четырех до десяти источников. Использованные источники располагают в порядке их первого упоминания в тексте реферата. Не допускается использование в качестве источников ссылки на готовые рефераты по данной теме.

В приложение можно вынести большие таблицы с данными, схемы и рисунки.

### **Обязательно предоставляется отчет о проверке на плагиат в системе [antiplagiat.ru](http://antiplagiat.ru)**

Оформление титульного листа и текста

Объем реферата – до двадцати пяти страниц. Начинаться реферат должен с титульного листа.

Титульный лист содержит информацию об учебном заведении, о дисциплине и теме работы, о том, кто выполнил и проверил работу. Эта информация является обязательной. Оформление титульного листа соответствует стандартам, принятым в высшем учебном заведении.

Оформление реферата осуществляется в соответствии с ОС ТУСУР, актуальным на дату написания реферата.

Темы рефератов формируются по следующему принципу. Название темы начинается со слов «Актуальные проблемы управления .....» и далее указывается конкретный тип организационной системы; после этого тема продолжается словами «... методы и механизмы их решения». Тип системы можно выбрать, например, по отраслевой принадлежности. Примеры тем приведены ниже (при желании можно предложить собственную тему, согласовав её с преподавателем):

1. Актуальные проблемы управления в вузе, методы и механизмы их решения
2. Актуальные проблемы управления жизненным циклом сложных изделий, методы и механизмы их решения
3. Актуальные проблемы управления процессом трудоустройства выпускников профессионального учебного заведения, методы и механизмы их решения
4. Актуальные проблемы управления автодорожной отрасли РФ, методы и механизмы их решения
5. Актуальные проблемы управления сферой коммунального обслуживания муниципалитета, методы и механизмы их решения
6. Актуальные проблемы управления металлургическим предприятием, методы и механизмы их решения
7. Актуальные проблемы управления ИТ-предприятием, методы и механизмы их решения
8. Актуальные проблемы управления маркетплейсами, методы и механизмы их решения
9. Актуальные проблемы управления строительным предприятием, методы и механизмы их решения

10. Актуальные проблемы управления моногородами, методы и механизмы их решения.

**Ход семинара:**

1. Каждый магистрант представляет краткий доклад (5-7 минут) по выбранной теме для обсуждения (номер варианта уточните у преподавателя, либо согласуйте свою тему). В докладе содержится краткое содержание реферата. Должны быть представлены выводы и мнение студента по проблеме, освещенной в реферате.

2. Доклад сопровождается презентацией в формате \*.ppt, \*.pptx. Презентация должна содержать титульный лист, основные слайды, заключение, список использованных источников. Содержание основных слайдов должно сопровождать и иллюстрировать устный доклад, а не повторять его текст. Необходимо использовать различные средства визуализации контента (таблицы, диаграммы, рисунки и пр.).

3. Количество использованных источников – не менее 4 и до 10, не допускается использование в качестве источников рефератов, выложенных в сети интернет. К рекомендуемым источникам относятся журналы по проблемам управления, индексируемые в российских и зарубежных индексах цитирования (например, РИНЦ).

4. После доклада студент отвечает на вопросы преподавателя и других студентов группы.

5. Также оценивается активность участия в обсуждениях, постановке вопросов докладчикам.

**1.2 Изучение теоретических материалов**

Перечень вопросов для углубленного изучения представлен в таблице 1.1. Рекомендуется использовать для подготовки пособие [5].

Таблица 1.1. Перечень тем для изучения теоретического материала.

1 Проблемы управления организационными системами	Основные понятия управления организационными системами: Задачи управления организационными системами. Классификация задач управления организационными системами. Технология и общие подходы решения задач управления организационными системами
2 Механизмы организационного управления по функциям	Механизмы стимулирования. Непрерывная и дискретная модель. Базовые механизмы стимулирования. Виды механизмов стимулирования в организационных системах
	Механизмы планирования. Задачи планирования. Механизмы распределения ресурса. Механизмы активной экспертизы. Конкурсные механизмы. Механизмы внутренних цен. Механизмы обмена
	Механизмы организации: смешанного финансирования, противозатратные, "затраты-эффект", самокупаемости, страхования, оптимизации производственного цикла
Механизмы контроля: комплексного оценивания, согласия, многоканальные, дополнительных соглашений	
3 Прочие механизмы управления организационными системами	Механизмы управления составом и структурой организационных систем.
	Механизмы информационного и институционального управления

### 1.3 Прочие виды самостоятельной работы

Каждая практическая работа подразумевает как аудиторную, так и самостоятельную работу студента. Задания приведены в разделах 5-8 настоящих методических указаний.

По каждой теме предусмотрено тестирование в LMS Moodle. Примерный перечень тестовых заданий:

1. Что такое механизм управления применительно к организационным системам?
  - а) совокупность процедур принятия управленческих решений.
  - б) организационно-распорядительный документ в конкретной организационной системе
  - в) организационная структура управления
  - г) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель
2. Какие функции выделяют в процессном управлении?
  - а) планирование, организация (как процесс), мотивация (стимулирование) и контроль;
  - б) проектирование, разработка, реализация, завершение
  - в) анализ, синтез
  - г) анализ, выбор альтернатив, оценка альтернатив
3. Что такое динамическая организационная система?
  - а) организационная система, в которой участники принимают решения многократно (последовательность выбора стратегий повторяется, как минимум, несколько раз).
  - б) организационная система, характеризующаяся конкретной периодичностью мониторинга её состояния
  - в) организационная система, в которой последовательность выбора стратегий не повторяется
  - г) проектная организационная система
4. Что такое функция стимулирования?
  - а) функция, отображающая множество допустимых действий агентов в размеры вознаграждений, выплачиваемых им центром;
  - б) функция, отображающая множество допустимых сообщений агентов во множество планов.
  - в) функция, ставящая в соответствие сообщениям экспертов (агентов) результат экспертизы.
  - г) функция, в которой размер вознаграждения агента пропорционален доходу или прибыли центра.
5. Как называется механизм планирования, в котором агенты упорядочиваются центром в зависимости от сообщаемых показателей и назначаемые им планы или вознаграждения определяются этим упорядочением?
  - а) конкурсный механизм
  - б) механизм внутренних цен
  - в) механизм согласия
  - г) механизм стимулирования
6. Что изучает "теория контрактов"?
  - а) теоретико-игровые модели взаимодействия управляющего органа – центра – и управляемого субъекта – агента, функционирующих в условиях внешней вероятностной неопределенности
  - б) правовые основы регулирования контрактной деятельности
  - в) конкурсные механизмы
  - г) механизмы цен
7. Что называют информационным управлением в теории управления организационными системами?
  - а) воздействие на структуру информированности агентов, осуществляемое с целью изменения информационного равновесия



- б) управление на основе информации
- в) информационные системы и технологии в управлении
- г) процедура перехода от предпочтений, зависящих от неопределенных параметров, к предпочтениям, определенным на множестве параметров, выбираемых субъектом.

8. Какая процедура характеризует механизм комплексного оценивания организационных систем?

- а) процедура агрегирования комплекса частных показателей с целью получения более общих показателей
- б) процедура декомпозиции общих показателей для уточнения значений частных
- в) процедура сравнения частных показателей между собой
- г) процедура сравнения агрегированных показателей между собой

9. Какой из перечисленных типов управления является наиболее жестким и заключается в том, что центр целенаправленно ограничивает множества возможных действий и результатов деятельности агентов?

- а) институциональное управление
- б) информационное управление
- в) мотивационное управление
- г) либеральное управление

10. Что называют обобщенным решением в теории управления организационными системами?

- а) решение, учитывающее мнение всех коалиций
- б) параметрическое семейство управлений, обладающих заданной гарантированной эффективностью на определенном множестве моделей организационных систем
- в) управление, основанное на механизме комплексного оценивания
- г) совокупность управлений, определяющих особенности конкретной организационной системы

### **Примерный перечень вопросов к зачету:**

1. Понятие организационной системы
2. Задачи управления организационными системами.
3. Классификация задач управления организационными системами.
4. Технология и общие подходы решения задач управления организационными системами
5. Непрерывная и дискретная модель стимулирования.
6. Базовые механизмы стимулирования.
7. Виды механизмов стимулирования в организационных системах
8. Задачи планирования.
9. Механизмы распределения ресурса.
10. Механизмы активной экспертизы.
11. Конкурсные механизмы.
12. Механизмы внутренних цен.
13. Механизмы обмена
14. Механизмы смешанного финансирования
15. Механизмы комплексного оценивания

## **2 МЕСТО СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Необходимость стратегического управления предприятием, важность формирования долговременных целей и планирования развития в долгосрочной перспективе сегодня осознается большинством руководителей предприятий. К основным предпосылкам введения стратегического управления на предприятиях можно отнести динамичность, нестабильность и слабую предсказуемость окружения, процессы глобализации бизнеса, интеграционные процессы.

Стратегии могут быть обоснованы только в случае применения к их разработке научных подходов, методов системного анализа, прогнозирования и оптимизации. Для выработки конкурентоспособных стратегических решений следует к процессу их разработки применять системный, комплексный, интеграционный, маркетинговый, функциональный, динамический, воспроизводственный, ситуационный и другие подходы.

Таким образом, существует проблема применения моделей принятия решений о стратегическом развитии, т.е. моделей, позволяющих интерпретировать и анализировать имеющуюся информацию о состоянии внешней и внутренней среды предприятия, устанавливать взаимосвязи между факторами развития, контролировать продвижение предприятия к стратегическим ориентирам развития и т.п. Моделей, помогающих лицам, принимающим решения (ЛПР), принять обоснованное решение; моделей, обеспечивающих процесс принятия решений.

При практическом использовании любых методов принятия решений у ЛПР могут возникнуть определенные проблемы. Во-первых, модели достаточно сложны для понимания их сущности неподготовленными пользователями, следовательно, лицо, принимающее решение, сможет применять эти модели только под руководством или при участии специалиста – консультанта по принятию решений. Это усложняет процесс принятия решений, поскольку консультант не всегда доступен, и не всегда может быть ознакомлен со всеми особенностями ситуации, требующей принятия решений.

Во-вторых, процесс принятия решений о стратегии развития предприятия требует сбора и обработки большого объема статистической и экспертной информации, а методы и модели зачастую связаны с проведением сложных расчетов.

Таким образом, актуальной является разработка автоматизированной системы, обеспечивающей поддержку принятия решений о стратегии развития предприятия. Главной задачей ее создания является разработка универсального средства, реализующего полный набор моделей принятия решений и позволяющего автоматизировать функции консультанта по принятию решений на этапах сбора и обработки количественных данных, формализации качественных экспертных оценок, проведения расчетов.

Это определяет дополнительное требование к разрабатываемым моделям: возможность программной реализации. Поскольку построение точных математических моделей сложных систем невозможно, то следует использовать следующий подход. Необходимо строить не модели объекта управления (предприятия), а модели управления объектом, т.е. моделируется не сам объект, а человек в процессе управления объектом. В этом заключается основная сложность. Дело в том, что построить формальную модель управления сложным объектом, основанную на имитации действий эксперта (человека), принципиально невозможно без привлечения информации, которая не может быть выражена количественно. Это связано с тем, что основным источником информации, необходимой для построения модели является человек (эксперт), а человеку легче всего дать такие сведения в неформализованном виде, на уровне качественных описаний. При неполноте и невысоком качестве исходной информации ЛПР вынужден отойти от точных числовых оценок, заменяя их качественными характеристиками ситуации. Так, при характеристике деятельности предприятия эксперт, ЛПР

могут использовать качественные нечеткие оценки типа «низкая конкурентоспособность продукции», «высокий уровень квалификации работников», «медленный рост объемов производства» и т.д. В связи с этим, для создания моделей принятия решения недостаточно использовать обычные методы, основанные на точной обработке данных, поскольку необходимо использовать и обрабатывать качественные нечеткие оценки.

В настоящих методических указаниях приводятся нечеткие методы принятия решений, позволяющие моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей. Методы обеспечивают основные этапы стратегического управления организацией.

На рисунке 1.1 представлены виды информационных систем, лежащих в основе организации. На этом рисунке организация разделена на уровни: стратегический, управленческий, знания и эксплуатационный, далее разделена на функциональные области типа продажи и маркетинга, производства, финансов, бухгалтерского учета и человеческих ресурсов. Системы создаются, чтобы обслужить эти различные организационные интересы.

Из рисунка 1.1 видно, что чем выше по значимости уровень управления, тем меньше объем работ, выполняемых специалистом и менеджером с помощью информационной системы. Однако при этом возрастают сложность и интеллектуальные возможности информационной системы, и ее роль в принятии менеджером решений. Любой уровень управления нуждается в информации из всех функциональных систем, но в разных объемах и с разной степенью обобщения.

Основание пирамиды составляют информационные системы, с помощью которых сотрудники-исполнители занимаются операционной обработкой данных, а менеджеры низшего звена – оперативным управлением. Наверху пирамиды на уровне стратегического управления информационные системы изменяют свою роль и становятся стратегическими, поддерживающими деятельность менеджеров высшего звена по принятию решений в условиях плохой структурированности поставленных задач.

Различные организационные уровни обслуживают четыре главных типа информационных систем: системы эксплуатационного уровня, системы уровня знания, системы уровня управления и системы со стратегическим уровнем.

Системы эксплуатационного уровня поддерживают управляющих операциями, следят за элементарными действиями организации типа продажи, платежей, обналичивают депозиты, платежную ведомость, кредитуют решения и поток материалов на фабрике. Основная цель систем на этом уровне состоит в том, чтобы ответить на обычные вопросы и проводить потоки транзакций через организацию. Информация должна быть легко доступна, оперативна и точна.

Системы уровня знаний поддерживают работников знания и обработчиков данных в организации. Цель систем уровня знания состоит в том, чтобы помочь деловой фирме интегрировать новое знание в бизнес и помогать организации управлять потоком документов. В настоящее время эти системы являются наиболее быстрорастущими приложениями в бизнесе.

Системы уровня управления разработаны, чтобы обслуживать контроль, управление, принятие решений и административные действия средних менеджеров. Они определяют, хорошо ли работают объекты и извещают об этом. Некоторые системы уровня управления поддерживают необычное принятие решений. Они имеют тенденцию сосредоточиться на менее структурированных решениях, для которых информационные требования не всегда ясны. Эти системы часто отвечают на вопросы: «что, если?» Что произойдет с производственным календарным планом, если мы должны удвоить продажу в декабре? Что случилось бы с нашим дивидендом, если оплата будет отсрочена на шесть месяцев? Ответы на эти вопросы часто требуют новых данных вне организации или данных изнутри, которые не могут быть получены от существующих систем с эксплуатационным уровнем.

Системы стратегического уровня – это инструмент помощи руководителям высшего уровня, которые подготавливают стратегические исследования и длительные тренды в фирме

и в деловом окружении. Их основное назначение – приводить в соответствие изменения в условиях эксплуатации с существующей организационной возможностью. Каков будет уровень занятости через пять лет? Какие изделия мы должны производить через пять лет?

Организация имеет системы различных уровней для каждой функциональной области:

- на стратегическом уровне – исполнительные системы поддержки выполнения Executive Support Systems (ESS);
- на управленческом уровне – управляющие ИС Management Information Systems (MIS) и системы поддержки принятия решений Decision Support Systems (DSS);
- на уровне знаний – системы работы знания Knowledge Work System (KWS) и системы автоматизации делопроизводства Office Automation Systems (OAS);
- на эксплуатационном уровне – системы диалоговой обработки запросов Transaction Processing Systems (TPS).

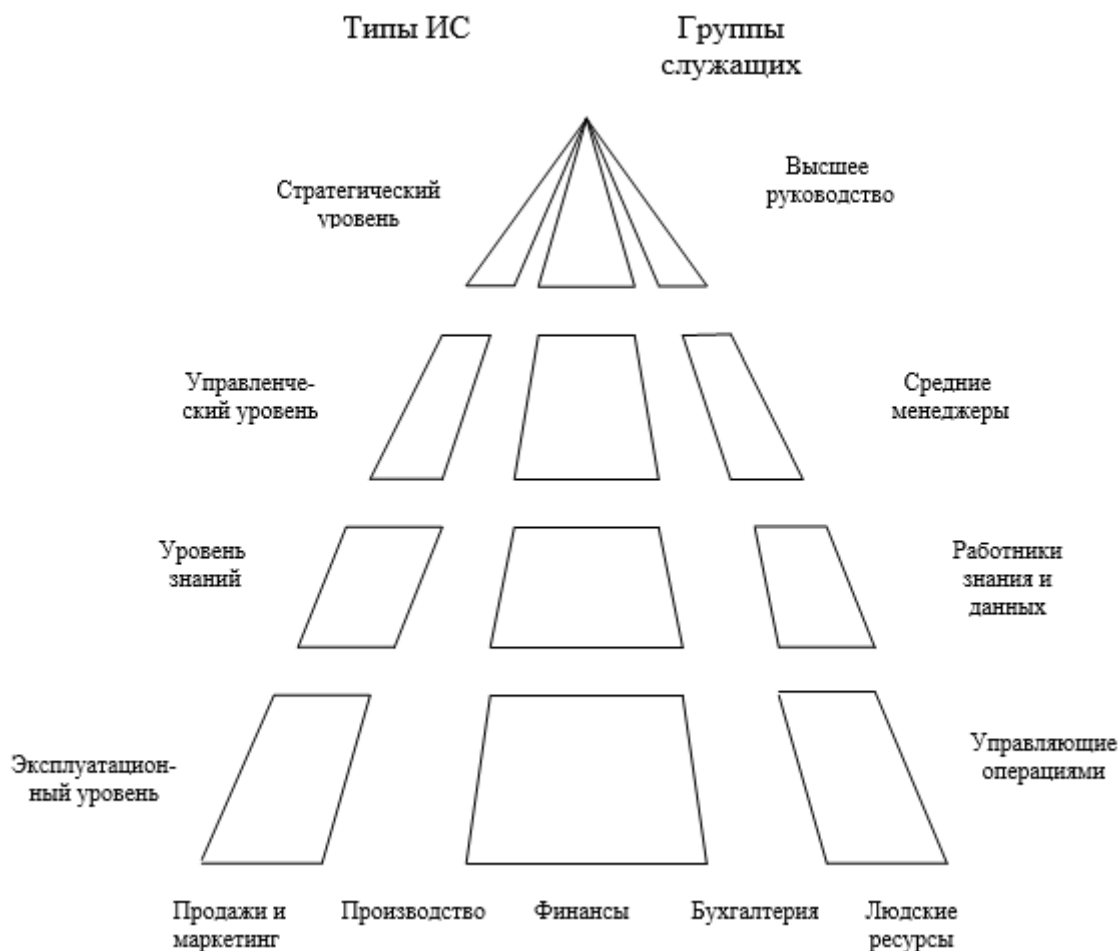


Рис. 1.1. Пирамида ИС по уровням управления и квалификации персонала

Дополнительной надстройкой над информационной системой, используемой на предприятии, должна стать система поддержки принятия решений (СППР).

Цель разработки и внедрения СППР – информационная поддержка оперативных возможностей и комфортных условий для высшего руководства при принятии обоснованных решений. Так, к основным финансово-экономическим задачам СППР относятся анализ состояния и прогноз тенденций бизнеса и рыночной конъюнктуры, планирование бизнеса и управление его развитием. Для решения этих задач требуются специфические методы математической поддержки принятия решений.

### **3 ВЫБОР ЭТАПОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕЧЕТКИХ МЕТОДОВ**

Типовой процесс стратегического управления организацией носит итеративный характер и включает три основных этапа: этап стратегического анализа, этап стратегического выбора и этап реализации стратегии. Результаты реализации стратегии оцениваются, и с помощью системы обратной связи осуществляется контроль деятельности организации, в ходе которого может происходить корректировка предыдущих этапов. Система поддержки принятия решений о стратегии развития предприятия (СППР СРП) должна иметь в своем составе инструменты, обеспечивающие процесс принятия решений на каждом из этих этапов. Хотелось бы отметить, что только на этапе стратегического анализа ЛПР действует в условиях недостатка информации о внешней и внутренней среде, оценки параметров среды предприятия носят достаточно субъективный характер.

Так, например, для проведения анализа внешней и внутренней среды используется метод SWOT. Он основывается на составлении матрицы «качественного» (словесного) стратегического анализа. Аббревиатура SWOT складывается из начальных букв английских слов: Strengths – силы; Weaknesses – слабости; Opportunities – возможности; Threats – угрозы. Методология SWOT предполагает сначала выявление сильных и слабых сторон, угроз и возможностей, а далее – установление цепочек связей между ними. Результаты SWOT в дальнейшем используются для формулирования стратегии организации.

Многие факторы, влияющие на стратегическое развитие предприятия, имеют качественный характер. Да и сам процесс проведения SWOT-анализа предполагает нечеткое описание ситуаций, в процессе анализа используются экспертные оценки. Эксперт, например, использует качественные, нечеткие оценки типа «сильное влияние», «умеренное влияние», «слабое влияние», «высокая вероятность», «средняя вероятность», «низкая вероятность» и т.д. Естественно, что нечеткие понятия должны использоваться при построении модели SWOT-анализа.

Процесс принятия решений о стратегии развития предприятия неразрывно связан с оценкой уровня и потенциала развития как на этапах анализа сложившейся ситуации, так и на этапах реализации и контроля выполнения стратегии. То есть оценка является важнейшим источником информации как для разработки планов, программ и проектов развития, так и для отслеживания хода выполнения принятых программ, корректировки мероприятий. При этом ЛПР не довольствуется простой количественной оценкой показателей. Для ЛПР важно знать, приемлемы ли полученные значения, хороши ли они, и в какой степени. Кроме того, ЛПР стремится установить логическую связь количественных значений показателей выделенной группы с угрозой экономической безопасности предприятия. То есть ЛПР не может быть удовлетворено бинарной оценкой «хорошо – плохо», его интересуют оттенки ситуации и экономическая интерпретация этих оттеночных значений. Задача осложняется тем, что показателей много, изменяются они зачастую разнонаправлено, и поэтому ЛПР стремится «свернуть» набор всех исследуемых частных показателей в один комплексный, по значению которого и судить о степени благополучия предприятия.

Таким образом, именно на этих этапах стратегического анализа и контроля реализации стратегии в наибольшей степени обосновано применение нечетких методов принятия решений.

Взаимодействие моделей и программных модулей определяется в зависимости от специфики решаемых задач, этапа стратегического управления предприятием. Представим взаимодействие моделей и результаты их применения по этапам стратегического управления (рис.3.1).

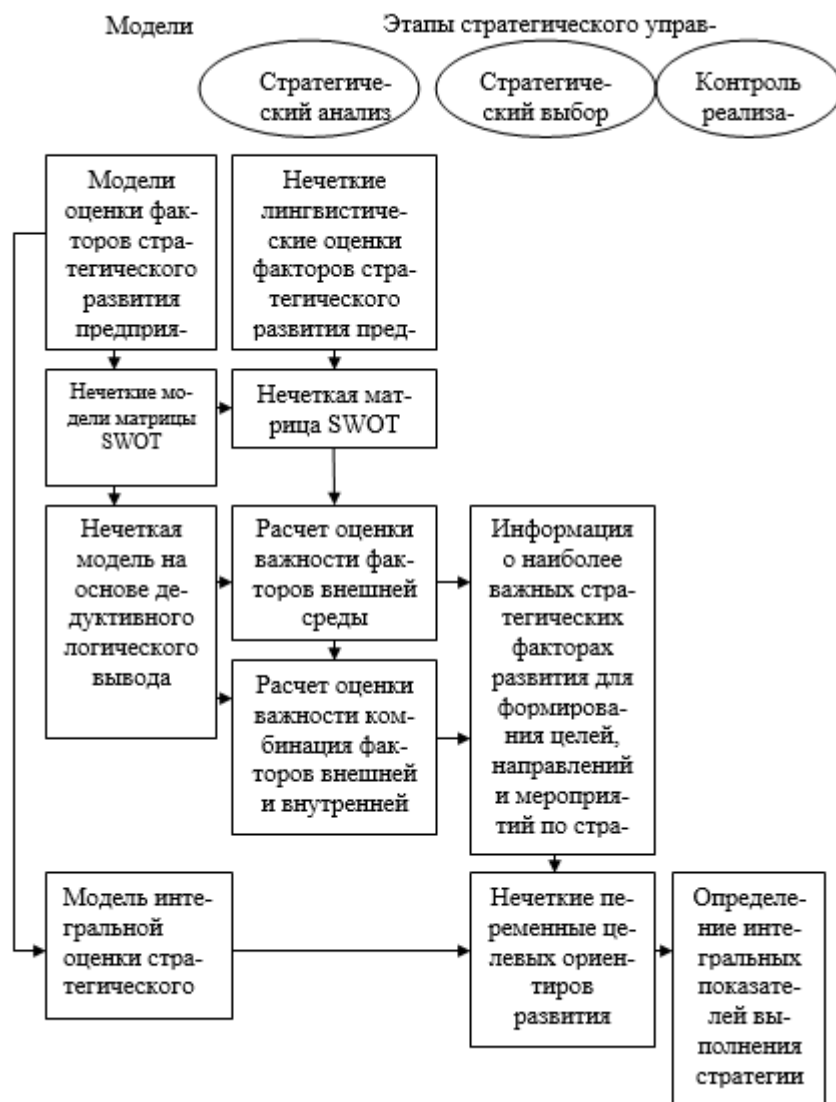


Рис. 3.1. Схема применения и взаимодействия моделей в СППР СРП

## 4 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Нечеткое множество образуется путем введения обобщенного понятия принадлежности, т.е. расширения двухэлементного множества значений характеристической функции  $\{0, 1\}$  до континуума  $[0, 1]$ . Это означает, что переход от полной принадлежности объекта классу к полной его непринадлежности происходит не скачком, а плавно, постепенно, причем принадлежность элемента множеству выражается числом из интервала  $[0, 1]$ .

Для введения понятия нечеткого множества обозначим через  $X=\{x\}$  – универсальное множество.

Тогда нечетким множеством  $A$  на множестве  $X$  назовем совокупность пар вида

$$A = \{\mu_A(x)\} / x,$$

где  $\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$  – отображение множества  $X$  в единичный отрезок  $[0,1]$ , эта функция называется функцией принадлежности нечеткого множества  $A$ . [2]

Для каждого элемента  $x \in X$  величина  $\mu_A(x)$  принимает конкретное значение из интервала  $[0,1]$ , которое называется степенью принадлежности элемента  $x$  нечеткому множеству  $A$ . Степень принадлежности является субъективной мерой того, насколько данный элемент соответствует понятию, смысл которого формализуется нечетким множеством  $A$ .

Носителем нечеткого множества  $A$  называется множество

$$S_A = \{x / x \in X \ \& \ \mu_A(x) / x > 0\}.$$

Иными словами, носителем нечеткого множества  $A$  является подмножество  $S_A$  универсального множества  $X$ , для элементов которого функция принадлежности  $\mu_A$  строго больше нуля.

Нечеткое множество  $A$  называется нормальным, если выполняется условие:

$$\sup_{x \in X} \mu_A(x) = 1.$$

Далее будут рассматриваться только нормальные нечеткие множества, так как если нечеткое множество не нормально, то его всегда можно превратить в нормальное, разделив все значения функции принадлежности на ее максимальное значение.

Над нечеткими множествами могут производиться такие же операции, как и над четкими, а именно дополнение, пересечение, объединение, возведение в степень (в частности, концентрация и растяжение).

### Понятие лингвистической переменной

Лингвистическая переменная отличается от числовой переменной тем, что значениями являются не числа, а слова или предложения на естественном или формальном языке. Поскольку слова, в общем, менее точны, чем числа, понятие лингвистической переменной дает возможность приближенно описывать явления, которые настолько сложны, что не поддаются описанию в общепринятых количественных терминах.

Нечеткой переменной называется переменная вида:

$$\langle \alpha, X, C_\alpha \rangle,$$

где  $\alpha$  – наименование нечеткой переменной;

$X=\{x\}$  – область определения;

$C_\alpha = \{\mu_\alpha(x)/x\}$  – нечеткое множество на  $X$ , описывающее ограничения на возможные значения нечеткой переменной  $\alpha$  (ее семантику).

Лингвистической переменной называется переменная вида:  $\langle \beta, T, X \rangle$ , где  $\beta$  – наименование лингвистической переменной;

$T$  – множество ее значений (терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных;

$X$  – область определения нечетких переменных.

Лингвистические переменные играют важную роль при построении нечетких моделей. С их помощью можно формализовать качественную информацию об объекте принятия решений, представленную в словесной форме специалистами-экспертами.

Например, пусть оценивается численность занятых на промышленных предприятиях города с помощью понятий «малая», «средняя», «высокая». Численность занятых в промышленности данного города изменяется от 11 до 12,5 тыс.чел. Формализация такого описания может быть проведена при помощи лингвистической переменной («Численность занятых»,  $T$ , [11; 12,5]), где  $T =$  («малая», «средняя», «высокая»). Значения лингвистической переменной «Численность занятых» из терм-множества  $T$  описываются нечеткими переменными с соответствующими наименованиями и ограничениями на возможные значения. Например, значение «малая» задается нечеткой переменной («малая», [11; 11,5],  $\tilde{C}$ ), где нечеткое множество может быть следующим:

$$\tilde{C} = \{(1/11), (0,8/11,2), (0,6/11,3), (0,4/11,4), (0,2/11,5)\}.$$

### **Нечеткие высказывания**

Нечеткими высказываниями называют высказывания следующего вида :

1) высказывания  $\langle \beta \text{ есть } \alpha \rangle$ , где  $\beta$  – наименование лингвистической переменной, отражающей некоторый объект или параметр реальной действительности, относительно производится утверждение  $\alpha$ , являющееся ее нечеткой оценкой (нечеткой переменной). Например,  $\langle \text{уровень безработицы высокий} \rangle$ ;

2) высказывания вида  $\langle \beta \text{ есть } t\alpha \rangle$ ,  $\langle \beta \text{ есть } Q\alpha \rangle$ ,  $\langle Q\beta \text{ есть } t\alpha \rangle$ ,  $\langle t\beta \text{ есть } Q\alpha \rangle$ , при этом  $t$  называется модификатором (ему соответствуют такие слова, как ОЧЕНЬ, БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ, СРЕДНИЙ и др.),  $Q$  – квантификатором (ему соответствуют такие слова, как БОЛЬШИНСТВО, НЕСКОЛЬКО, МНОГО, НЕМНОГО, ОЧЕНЬ МНОГО и др.). Например,  $\langle \text{дифференциация доходов очень высокая} \rangle$ ;

3) высказывания, образованные из высказываний первого и второго вида и союзов И; ИЛИ; ЕСЛИ ... , ТО; ЕСЛИ ....., ТО ..., ИНАЧЕ. Например,  $\langle \text{ЕСЛИ вероятность реализации возможности средняя И влияние высокое, ТО значение возможности большое} \rangle$ .

### **Построение функций принадлежности нечетких множеств**

Организация процесса принятия стратегических управленческих решений должна осуществляться на основе результатов мониторинга и оценки уровня экономического развития предприятия. Поэтому задача оценки факторов развития предприятия имеет большое значение как на этапах анализа и разработки планов развития, так и на этапе их реализации.

При создании нечетких моделей принятия решения одним из важнейших этапов является этап построения функций принадлежности множеств, описывающих семантику базовых значений нечетких и лингвистических переменных, используемых в модели. При выборе метода построения функции принадлежности должна учитываться специфика предметной области, источники получения экспертной информации. Адекватно построенные функции принадлежности представляют собой модели факторов экономического развития предприятия, имеющие самостоятельную ценность, так как характеризуют представления эксперта о реальном, ожидаемом или предпочтительном уровне значения показателя; а также выполняющие роль нечетких оценок альтернатив в других моделях принятия решений.

Существует ряд методов построения по экспертным оценкам функции принадлежности нечеткого множества. Можно выделить три группы методов: прямые, косвенные методы и методы построения функций принадлежности терм-множеств.

Прямые методы определяются тем, что эксперт непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности  $\mu_A$ , характеризующей понятие  $A$ .

В косвенных методах значения функции принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворить заранее сформулированным условиям. Экспертная информация является только исходной информацией для дальнейшей обработки.



Специфической проблемой является построение функций принадлежности, описывающих нечеткие множества термов лингвистических переменных.

Лингвистическая переменная  $L$ , используемая при формализации задач принятия решений, на практике, как правило, имеет базовое терм-множество  $T = \{Ti\}$ , состоящее из 2–10 термов. Каждый терм описывается нечетким подмножеством множества значений  $U$  некоторой базовой переменной  $u$  и рассматривается как лингвистическое значение  $L$ . Предполагается, что объединение всех элементов терм-множества покрывает полностью  $U$ . Это гарантирует то, что любой элемент  $u \in U$  описывается некоторым  $Ti \in T$ . В [7] сформулирован ряд дополнительных условий, которым в силу своей семантики должны удовлетворять функции принадлежности нечетких множеств, описывающих термы лингвистических переменных:

1) функции принадлежности крайних термов не должны иметь вид колоколообразных кривых, что обусловлено расположением этих термов в упорядоченном множестве  $T$ .

2) в базовом множестве  $T$  не должно существовать пар термов, для которых отсутствует естественная разграниченность понятий, аппроксимируемых термами, а также допускающих наличие в области определения интервалов, которым не соответствует никакое понятие.

3) поскольку каждое понятие имеет хотя бы один типичный объект, обозначаемый этим понятием, то термы, должны описываться только нормальными множествами.

4) область определения  $X$  представляется либо конечным множеством точек (при дискретном распределении), либо некоторым отрезком или интервалом (при непрерывном характере области  $X$ ).

## **5 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДОМ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ»**

### **5.1. Описание метода попарных сравнений**

Метод попарных сравнений можно использовать в двух случаях:

1) для оценки факторов развития предприятия, не имеющих универсальных элементарных свойств, через которые они измеряются. Например, «Имидж предприятия», «Конкурентоспособность продукции» и др. (назовем их качественными);

2) для снижения субъективного влияния на результаты построения функции принадлежности количественных показателей за счет разбиения общей задачи определения степени принадлежности  $\mu_A(x)$  для каждого элемента  $x \in X$  на ряд более простых подзадач.

Метод попарных сравнений является представителем косвенных методов, которые применяются для снижения субъективного влияния на результаты построения функции принадлежности за счет разбиения общей задачи определения степени принадлежности  $\mu_A(x)$  для каждого элемента  $x \in X$  на ряд более простых подзадач, интенсивность принадлежности определяется исходя из попарных сравнений рассматриваемых элементов. [1, 2]

Функция принадлежности  $\mu_C$  определяется по матрице попарных сравнений  $M = \|m_{ij}\|$ , элементы которой  $m_{ij}$  представляют собой некоторые оценки интенсивности принадлежности элементов  $x_i \in X$  нечеткому множеству  $C$  по сравнению с элементами  $x_j \in X$ . Понятия, которыми оперирует эксперт, и интерпретация этих понятий приведена в таблице 5.1

Интерпретация значений  $m_{ij}$ 

Смысл	$m_{ij}$
$\mu(x_i)$ примерно равна $\mu(x_j)$	1
$\mu(x_i)$ намного больше $\mu(x_j)$	3
$\mu(x_i)$ больше $\mu(x_j)$	5
$\mu(x_i)$ заметно больше $\mu(x_j)$	7
$\mu(x_i)$ намного больше $\mu(x_j)$	9
Значения, промежуточные по степени между перечисленными	2, 4, 6, 8
Обратные значения:	Для $m_{ij} \neq 0$ $m_{ji} = 1/m_{ij}$

Как следует из таблицы, для улучшения согласованности оценок предполагается, что  $m_{ij} \cdot m_{jk} = m_{ik}$ , откуда  $m_{ij} = 1$  для диагональных элементов и  $m_{ij} = 1/m_{ji}$  для элементов, симметричных относительно главной диагонали. Значения функции принадлежности  $\mu_C(x_1)$ ,  $\mu_C(x_2)$ , ...,  $\mu_C(x_n)$  в точках  $x_1, x_2, \dots, x_n$  определяются на основе решения задачи  $M \cdot r = \nu_{max} \cdot r$ , где  $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$  – вектор длиной  $n$ ;  $\nu_{max}$  – максимальное собственное число матрицы  $M$ . Поскольку матрица  $M$  положительна по построению, решение данной задачи существует и является положительным. Окончательно получаем:

$$\mu_C(x_i) = 1 / \sum_{i=1}^n m_{ij}.$$

Предположим теперь, что, как это всегда и бывает, матрица парных сравнений построена неточно. Тогда описанную процедуру определения вектора  $r$  можно использовать для определения начального значения в итерационном методе решения уравнения  $M \cdot r = \lambda_{max} \cdot r$ . При этом отклонение  $\lambda_{max}$  от  $n$  может использоваться для оценки точности решения уравнения на данном шаге. Отметим, что начальная оценка вектора  $r$  по предложенной процедуре в большинстве случаев получается достаточно хорошей и при отсутствии повышенных требований к точности определения вектора  $r$  дальнейшее его уточнение может не проводиться.

## 5.2. Методические указания по выполнению практической работы

### Этап 1. Постановка задачи.

Прежде всего, необходимо выделить сравниваемые альтернативы, т.е. значения  $x \in X$ . Возможны два варианта:

1) для показателей, имеющих количественную интерпретацию, область определения  $X$ , а также альтернативы представляют собой конкретные значения данного показателя, характерные для данного предприятия. Например, пусть необходимо оценить фактор «Объем произведенной продукции». Для описания этого показателя применяем лингвистическую переменную  $\beta$  – «Объем произведенной продукции» со множеством базовых значений  $T = \{\text{«малая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»}\}$ , область определения  $X = [80, 100]$  (тыс. руб.). Тогда в качестве сравниваемых альтернатив можем принять следующие значения  $X = \{80, 90, 100, 110, 120\}$  тыс.руб.

2) для факторов, количественная оценка которых вызывает затруднения, в качестве альтернатив можно оценивать эти факторы на разных предприятиях, в разных сегментах, для разной продукции и т.д. Пусть, например, оценивается конкурентоспособность выпускаемой

предприятием продукции. В качестве сравниваемых альтернатив, естественно, будут выступать аналоги продукции нашего предприятия, существующие на рынке.

Этап 2. Заполнение матриц попарных сравнений.

Каждое базовое значение лингвистической переменной характеризуется нечеткой переменной, например терм «средняя» характеризуется нечеткой переменной («средняя»,  $X$ ,  $C$ ). Метод попарных сравнений позволяет получить одновременно только одну функцию принадлежности. Поэтому, для построения функций принадлежности терм-множества лингвистической переменной, необходимо повторить процедуру попарных сравнений для каждого значения лингвистической переменной

Этап 3. Обработка матриц попарных сравнений.

Обработка матриц попарных сравнений включает следующие шаги:

1) Находим вектор  $r$  по формуле:

$$r_j = 1 / \sum_{i=1}^n m_{ij} . \quad (5.1)$$

2) Оцениваем однородность суждений эксперта при заполнении матрицы. Для этого находим вектор  $\rho = M \cdot r$ . Затем делим поэлементно вектор  $\rho$  на вектор  $r$ , получим вектор  $v$ .

Однородность суждений оценивается индексом однородности (ИО) или отношением однородности (ОО) в соответствии с следующими выражениями:

$$\text{ИО} = (v_{\max} - n) / (n - 1), \quad \text{ОО} = \text{ИО} / \text{М(ИО)}, \quad (5.2)$$

где  $n$  – порядок матрицы (число альтернатив);  $v_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$ ,

$\text{М(ИО)}$  – среднее значение (математическое ожидание) индекса однородности случайным образом составленной матрицы парных сравнений.

В качестве допустимого используется значение  $\text{ОО} \leq 0,10$ .

3) Строим агрегированную матрицу попарных сравнений. Для учета мнения нескольких экспертов в качестве агрегированной оценки принимается среднее геометрическое, вычисляемое по формуле:

$$(m_{ij})_A = \sqrt{(m_{ij})_1 (m_{ij})_2 \dots (m_{ij})_k}, \quad (5.3)$$

где  $(m_{ij})_A$  – агрегированная оценка элемента, принадлежащего  $i$ -й строке и  $j$ -му столбцу матрицы парных сравнений;

$k$  – число матриц парных сравнений (количество экспертов).

В случае привлечения экспертов, имеющих разную значимость, расчет агрегированной оценки осуществляется по формуле:

$$(m_{ij})_A = (m_{ij})^{\alpha_1} (m_{ij})^{\alpha_2} \dots (m_{ij})^{\alpha_k}, \quad (5.4)$$

где  $(m_{ij})^{\alpha_k}$  – оценка объекта, проведенная  $k$ -м экспертом с весовым коэффициентом  $\alpha_k$ , при этом  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_k = 1$ .

4) Производим обработку агрегированной матрицы по шагам 1–2.

Этап 4. Определение функции принадлежности.

Для расчета функции принадлежности нормализуем вектор  $r$ , рассчитанный по агрегированной матрице. Для этого разделим каждое его значение на максимальное.

### 5.3. Пример выполнения практической работы

1. Введем лингвистическую переменную  $\beta$  – («Конкурентоспособность товара»,  $T, X$ ) с множеством базовых значений  $T =$  («малая», «средняя», «высокая»). Область определения  $X =$  (Товар1, Товар2, Товар3, Товар4, Товар5, Товар6, Товар7, Товар8, Товар9). Пусть продукция нашего предприятия – Товар7.

Построим функцию принадлежности  $\mu_C$  нечеткого множества  $C$ , описывающего терм «средняя», т.е. определим значения  $\mu_C(x)$  ( $x \in X$ ).

2. Пусть в экспертном опросе участвовали два эксперта, получены следующие матрицы парных сравнений (таблицы 5.2 и 5.3).

Таблица 5.2

Товар	Товар1	Товар2	Товар3	Товар4	Товар5	Товар6	Товар7	Товар8	Товар9
Товар1	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/7	1/2	1
Товар2	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/2	1	2
Товар3	7	2	1	1/2	1/5	1/2	1	2	7
Товар4	8	5	2	1	1/2	1	2	5	8
Товар5	9	7	5	2	1	2	5	7	9
Товар6	8	5	2	1	1/2	1	2	5	8
Товар7	7	2	1	1/2	1/5	1/2	1	2	7
Товар8	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/2	1	2
Товар9	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/7	1/2	1
$\sum_{i=1}^n m_{ij}$	45	24	12,29	5,65	2,91	5,65	12,29	24	45

Таблица 5.3

Товар	Товар1	Товар2	Товар3	Товар4	Товар5	Товар6	Товар7	Товар8	Товар9
Товар1	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/5	1/2	1
Товар2	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/3	1	2
Товар3	7	2	1	1/2	1/5	1/2	1	2	7
Товар4	8	5	2	1	1/3	1	2	5	8
Товар5	9	7	5	3	1	2	5	7	9
Товар6	8	5	2	1	1/2	1	2	5	8
Товар7	5	3	1	1/2	1/5	1/2	1	3	7
Товар8	2	1	1/2	1/5	1/7	1/5	1/3	1	2
Товар9	1	1/2	1/7	1/8	1/9	1/8	1/7	1/2	1
$\sum_{i=1}^n m_{ij}$	43	25	12.29	6.65	2.74	5.65	12.01	25	45

Значение «7» в маркированной клетке таблицы 5.2 можно интерпретировать следующим образом: эксперт № 1 считает, что степень принадлежности Товара3 к понятию «Средняя конкурентоспособность» ( $\mu(x_i)$ ) заметно больше, чем степень принадлежности Товара1 этому же понятию ( $\mu(x_j)$ ).

3. А) Произведем расчеты по результатам опроса первого эксперта.

$$r = (0.02; 0.04; 0.08; 0.18; 0.34; 0.18; 0.08; 0.04; 0.02).$$

Оценим однородность суждений эксперта при заполнении матрицы. Для этого найдем вектор  $\rho = M \cdot r$ :  $\rho = (0.19; 0.37; 0.89; 1.62; 2.85; 1.62; 0.89; 0.37; 0.19)$ .

Разделим поэлементно вектор  $\rho$  на вектор  $r$ , получим вектор  $v$ :

$$v = (8.63; 8.96; 10.89; 9.17; 8.29; 9.17; 10.89; 8.96; 8.63).$$

Для  $n=9$   $M(\text{ИО}) = 1.45$ . Тогда

$$\text{ИО} = (9.29 - 9)/8 = 0.0362; \quad \text{ОО} = 0.04/1.45 = 0.0249.$$

Таким образом, однородность суждений эксперта № 1 является удовлетворительной.

Б) Обработка матрицы парных сравнений второго эксперта дала следующие результаты:

$$r = (0.02; 0.04; 0.08; 0.15; 0.36; 0.18; 0.08; 0.04; 0.02);$$

$$\text{ИО} = 0.042; \quad \text{ОО} = 0.0289.$$

Степень однородности суждений второго эксперта хуже, чем у первого, но все равно является достаточной.

В) Матрица с агрегированными оценками, рассчитанными при равной важности экспертов по формуле (5.3), представлена в таблице 5.4.

Обработка агрегированной матрицы попарных сравнений дала следующие результаты:

$$r = (0.02; 0.04; 0.08; 0.16; 0.36; 0.18; 0.08; 0.04; 0.02);$$

$$\text{ИО} = 0.0369; \quad \text{ОО} = 0.0254.$$

Степень однородности достаточная.

Таблица 5.4

Товар	Товар1	Товар2	Товар3	Товар4	Товар5	Товар6	Товар7	Товар8	Товар9
Товар1	1	0.5	0.14	0.13	0.11	0.13	0.17	0.5	1
Товар2	2	1	0.5	0.2	0.14	0.2	0.41	1	2
Товар3	7	2	1	0.5	0.2	0.5	1	2	7
Товар4	8	5	2	1	0.41	1	2	5	8
Товар5	9	7	5	2.45	1	2	5	7	9
Товар6	8	5	2	1	0.5	1	2	5	8
Товар7	5.92	2.45	1	0.5	0.2	0.5	1	2.45	7
Товар8	2	1	0.5	0.2	0.14	0.2	0.5	1	2
Товар9	1	0.5	0.14	0.13	0.11	0.13	0.14	0.5	1
$\sum_{i=1}^n m_{ij}$	43.92	24.45	12.29	6.1	2.82	5.65	12.13	24.45	45

4. Определяем функцию принадлежности

Для расчета функции принадлежности нормализуем вектор  $r$ , рассчитанный по агрегированной матрице. Для этого разделим его каждое значение на 0.36:  $\mu_C = (0.06; 0.11; 0.22; 0.41; 1.0; 0.49; 0.23; 0.11; 0.06)$ .

В результате имеем следующее нечеткое множество  $C$  «средняя конкурентоспособность»:

$C = \{(0.06/\text{Товар}1, 0.11/\text{Товар}2, 0.22/\text{Товар}3, 0.41/\text{Товар}4, 1.0/\text{Товар}5, 0.49/\text{Товар}6, 0.23/\text{Товар}7, 0.11/\text{Товар}8, 0.06/\text{Товар}9)\}$ .

Полученное нечеткое множество позволяет сделать вывод о том, что наш Товар7 мало соотносится с уровнем «Средней конкурентоспособности», наиболее типичным представителем этого класса товаров является Товар 5, наименее типичными – Товар1, Товар9.

Аналогично находим функции принадлежности термов «низкая» и «высокая».

#### 5.4. Задание на практическую работу

Оценить любой стратегический фактор развития предприятия, используя метод попарных сравнений. Лингвистическая переменная, выбранная для описания фактора должна иметь три базовых значения (например, «низкий», «средний», «высокий»). Дополнительные условия по вариантам приведены в табл. 6.1.

Примечания:

1. Для  $n=4$   $M(\text{ИО})=0.9$  ; для  $n=5$   $M(\text{ИО})=1.12$  .
2. Расчет элементов агрегированной матрицы попарных сравнений осуществлять по формуле (5.3).
3. Построить функции принадлежности для каждого базового значения лингвистической переменной.

Таблица 5.5

Вариант	Тип фактора	Количество экспертов	Количество сравниваемых альтернатив
1	Количественный	3	5
2	Качественный	4	4
3	Количественный	5	4
4	Качественный	3	5
5	Количественный	4	4
6	Качественный	5	4

## 6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ»

### 6.1. Описание метода на основе использования статистических данных

Этот метод позволяет формализовать субъективные оценки работниками предприятия показателей их жизненного уровня, запросов, потребностей и ожиданий. Для получения полной и достоверной картины по таким показателям, как правило, необходимо проведение социологических опросов. [2]

Функция принадлежности определяется посредством обработки статистических данных. В качестве степени принадлежности элемента множеству принимается оценка частоты использования понятия, задаваемого нечетким множеством, для характеристики элемента. Для сглаживания функций принадлежности применяются матрицы подсказок.

На универсальной шкале  $[0,1]$  размещаются базовые значения лингвистической переменной. Степень принадлежности некоторого значения вычисляется как отношение числа наблюдений, в которых оно встречалось в определенном интервале, к максимальному для этого значения числу наблюдений. Метод основывается на условии, что в каждый интервал шкалы попадает одинаковое число наблюдений, однако это условие часто не соблюдается. Поэтому в реальных случаях составляется эмпирическая таблица, в которой эксперименты могут быть распределены неравномерно по интервалам, а в некоторые интервалы могут вообще не попадать.

### 6.2. Методические указания по выполнению практической работы

#### Этап 1. Постановка задачи.

Данный метод можно применять только для количественных показателей. Необходимо разбить область определения  $X$  на  $n$  интервалов одинаковой длины. Результаты социологического опроса представляются в виде таблицы, в которой представлены базовые значения лингвистической переменной и интервалы, по которым собирается статистика. В ячейки таблицы заносятся данные о количестве опрошенных, употребивших понятия, характеризуемые базовыми значениями, в отношении данного интервала области определения.

#### Этап 2. Предварительная обработка статистических таблиц.

Необходимо предварительно обработать данные таким образом, чтобы уменьшить искажения, вносимые экспериментом. Естественными свойствами функции принадлежности является наличие одного максимума и гладких, затухающих до нуля, фронтов. Поэтому из таблицы удаляем «ошибочные» элементы. Критерием удаления служит наличие нескольких нулей в строке вокруг элемента.

#### Этап 3. Расчет матрицы подсказок.

Вычисляем элементы матрицы подсказок по формуле:

$$k_j = \sum_1^n b_{ij}, \quad (6.1)$$

где  $b_{ij}$  – элементы таблицы 3.2,  $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, l}$ ;

$n$  – количество термов лингвистической переменной;

$l$  – число интервалов, по которым собирались сведения.

#### Этап 4. Преобразование статистических таблиц.

Далее преобразуем элементы таблицы по формуле:

$$c_{ij} = \frac{b_{ij} k_{\max}}{k_j}, \quad (6.2)$$

где  $k_{\max} = \max k_j$ .

Для столбцов, где  $k_j = 0$ , применяется линейная аппроксимация:

$$c_{ij} = \frac{c_{ij-1} + c_{ij+1}}{2}.$$

Этап 5. Расчет функции принадлежности.

Определяем значения функций принадлежности по формуле:

$$\mu_{ij} = c_{ij} / c_{i \max}. \quad (6.3)$$

### 6.3. Пример выполнения практической работы

1. Пусть, имеется лингвистическая переменная  $\beta_x$  – рост оплаты труда работника с областью определения  $X = [0,50]$  (измеряется в %) и множеством базовых значений  $T_x = \{\text{низкий, средний, высокий}\} = \{a_{x_1}, a_{x_2}, a_{x_3}\}$ . Интервал  $[0,50]$  разделен на 10 интервалов (0-5%, 5-10%, ..., 45-50%), по которым собирается статистика, характеризующая, насколько часто опрошенные употребляют понятия {низкий, средний, высокий} в отношении роста оплаты труда для данного значения. В результате статистического опроса были получены следующие данные (представлены в таблице 6.1).

Таблица 6.1

Значение	Интервал									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Низкий	2	3	4	1	0	0	0	1	0	0
Средний	0	0	2	4	6	7	3	1	0	0
Высокий	0	0	0	0	0	0	1	3	8	9

2. Из таблицы 6.1 удаляем «ошибочные» элементы. Критерием удаления служит наличие нескольких нулей в строке вокруг элемента. Обработанные данные представлены в таблице 6.2

3. Вычисляем элементы матрицы подсказок по формуле (6.1). В результате матрица подсказок имеет следующие значения:

$$||2\ 3\ 6\ 5\ 6\ 7\ 4\ 4\ 8\ 9||$$

Таблица 6.2

Значение	Интервал									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Низкий	2	3	4	1	0	0	0	0	0	0
Средний	0	0	2	4	6	7	3	1	0	0
Высокий	0	0	0	0	0	0	1	3	8	9

4. Преобразуем элементы таблицы 6.2 по формуле (6.2).



Например  $c_{11} = \frac{2 \cdot 9}{2} = 9$ ;  $c_{23} = \frac{2 \cdot 9}{6} = 3$  и т.д.

Результаты вычислений приведены в таблице 6.3

Таблица 6.3

Значение	Интервал									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
Низкий	9	9	6	1,8	0	0	0	0	0	0
Средний	0	0	3	7,2	9	9	6,75	2,25	0	0
Высокий	0	0	0	0	0	0	2,25	6,75	9	9

5. Определяем значения функций принадлежности по формуле (6.3).

$$c_{1\max} = 9; c_{2\max} = 9; c_{3\max} = 9$$

Результаты вычислений приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4

$\mu_i$	Интервал									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
$\mu_1$	1	1	0,67	0,2	0	0	0	0	0	0
$\mu_2$	0	0	0,33	0,8	1	1	0,75	0,25	0	0
$\mu_3$	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	1	1

#### 6.4. Задание на практическую работу

Оценить любой стратегический фактор развития предприятия, касающийся жизненного уровня, запросов, потребностей и ожиданий работников, применяя метод, основанный на использовании статистических данных. Лингвистическая переменная, выбранная для описания фактора, должна иметь три базовых значения (например, «низкий», «средний», «высокий»). Количество интервалов в области определения не менее 10.

## 7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ СТАНДАРТНЫХ ФУНКЦИЙ»

### 7.1. Описание метода

Методы попарных сравнений и статистических наблюдений достаточно трудоемки, но их несомненным преимуществом является снижение субъективизма эксперта. Однако, во многих случаях достаточно весьма приближенная характеристика набора данных, поскольку описание многих показателей социально-экономического развития города не требует высокой точности. Для построения функций принадлежности таких понятий можно использовать прямые методы, основанные на непосредственном назначении экспертом степени принадлежности или функции, позволяющей вычислять ее значение.

Для описания функции принадлежности используем функцию плотности нормального распределения непрерывной случайной величины (кривая Гаусса), которая после нормализации имеет вид:

$$\mu_x = e^{-(x-a)^2 / 2\sigma^2} . \quad (7.1)$$

Параметр  $a$  – это такое значение  $x$ , которое идеально соответствует, по мнению эксперта, описываемому термом понятию.

Параметр  $\sigma$  (а именно множитель  $\alpha = -\frac{1}{2\sigma^2}$ ) характеризует широту области определения функции принадлежности или степень нечеткости  $\mu_x$ .

Рассмотрим возможность определения параметров функции (7.1) экспертным путем.

Параметр  $a$  – это доминирующий элемент нечеткого множества, функция принадлежности  $\mu_a(x) = 1$ . Эксперту предлагается выбрать из области определения лингвистической переменной такое значение, которое является «идеальным» при описании нужного понятия. Параметр  $a$  определяется экспертом для каждого базового значения лингвистической переменной.

Так как каждому значению из области определения лингвистической переменной должно соответствовать хотя бы одно понятие (базовое значение лингвистической переменной), то функции принадлежности нечетких переменных, описывающих соседние базовые значения лингвистической переменной, должны пересекаться. Поэтому эксперт может задать такое значение  $x$ , при котором функции принадлежности соседних термножеств имеют одинаковые значения. То есть эксперт задает такое значение, при котором, по его мнению, уже сложно однозначно определить, к какому из соседних значений лингвистической переменной оно относится. Также эксперт может определить степень принадлежности данного значения  $x$  нечетким множествам соседних термножеств.

Остается определить параметр  $\sigma$ , который не может быть прямо задан экспертным путем, поскольку человеку трудно представить себе меру рассеяния признака относительно его среднего значения. Параметр  $\sigma$  можно выразить из формулы (4.1).

Функции принадлежности термов лингвистической переменной задаются функциями:

$$\mu_{x_1} = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq a_1 \\ e^{-(x-a_1)^2 / 2\sigma_1^2} & \text{при } x > a_1 \end{cases} ;$$

$$\mu_{x_2} = \begin{cases} e^{-(x-a_2)^2/2\sigma_{21}^2} & \text{при } x \leq a_2; \\ e^{-(x-a_2)^2/2\sigma_{22}^2} & \text{при } x > a_2 \end{cases};$$

$$\mu_{x_n} = \begin{cases} \dots \\ e^{-(x-a_n)^2/2\sigma_{n-1}^2} & \text{при } x \leq a_n, \\ 1 & \text{при } x > a_n \end{cases}, \quad (7.2)$$

где  $\mu_{x_i}$  – функция принадлежности  $i$ -того терма лингвистической переменной;  
 $i = \overline{1, n}$  – номер терма лингвистической переменной, термы нумеруются слева направо;  
 $a_i$  – доминирующий элемент нечеткого множества  $i$ -того терма.

$$2\sigma_{ij}^2 = \frac{(x_{k_j} - a_i)^2}{-\ln \mu_{k_j}},$$

где  $x_{k_j}$  – значение  $x \in X$ , при котором функции принадлежности соседних термов имеют одинаковые значения;

$j = \overline{1, n-1}$  – номер значения  $x_{k_j}$ , нумеруются слева направо;

$\mu_{k_j}$  – степень принадлежности значения  $x_{k_j}$  нечетким множествам соседних термов (степень разделения).

Таким образом, для построения термов лингвистической переменной эксперт должен задать  $n$  значений  $a_i$ ,  $n-1$  значений  $x_{k_j}$  и  $\mu_{k_j}$ .

Так как функции принадлежности должны иметь конечную область определения, а экспоненциальные функции бесконечны, в качестве области определения нечетких переменных, определяющих базовые значения лингвистической переменной, принимаем множества  $\alpha$ -уровня при  $\alpha = 0.05$ .

Данный метод упрощает процедуру построения функций принадлежности, а также задачу хранения этих функций в памяти ЭВМ, при этом обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к функциям принадлежности термов лингвистических переменных. Кроме того, эксперт достаточно быстро может изменить функции принадлежности, область определения лингвистической переменной. Достоинством является также то, что функция принадлежности определяется на непрерывном носителе, что позволяет вычислить ее значение при любых значениях переменной.

## 7.2. Методические указания для выполнения практической работы

Этап 1. Постановка задачи.

Данный метод можно применять только для количественных показателей. Эксперт определяет следующие параметры стандартных функций (таблица 4.1)

Таблица 7.1

Базовые значения	Доминирующее значение $u$ нечеткого множества, описывающего терм, $a_i$	Пограничные значения соседних термов $y_{k_j}$	Степень принадлежности пограничных значений (степень разделения), $\mu_{k_j}$
$a_{Y_1}$ – малое			
$a_{Y_2}$ – умеренное			
$a_{Y_3}$ – высокое			

Этап 2. Обработка полученных экспертных данных.

Вычисляем значения  $2\sigma_{ij}^2$  по формуле:

$$2\sigma_{ij}^2 = \frac{(y_{k_j} - a_i)^2}{-\ln \mu_{k_j}}. \quad (7.3)$$

Вычисляем значения  $y_{ik}$ , при которых  $\mu_{a_{y_i}} = 0$  по формулам:

$$\begin{aligned} y_{11} &= a_1 + \left| \sqrt{-2\sigma_{11}^2 \ln 0.05} \right|; & y_{21} &= a_2 - \left| \sqrt{-2\sigma_{21}^2 \ln 0.05} \right|; \\ y_{22} &= a_2 + \left| \sqrt{-2\sigma_{22}^2 \ln 0.05} \right|; & y_{32} &= a_3 - \left| \sqrt{-2\sigma_{32}^2 \ln 0.05} \right|. \end{aligned} \quad (7.4)$$

Этап 3. Определение функций принадлежности.

Функции принадлежности определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \mu_{a_{y_1}} &= \begin{cases} 1 & \text{при } y \leq a_1; \\ e^{-(y-a_1)^2/2\sigma_{11}^2} & \text{при } a_1 < y < y_{11}; \\ 0 & \text{при } y \geq y_{11}; \end{cases} \\ \mu_{a_{y_2}} &= \begin{cases} 0 & \text{при } y_{21} \geq y \geq y_{22}; \\ e^{-(y-a_2)^2/2\sigma_{21}^2} & \text{при } y_{21} < y < a_2; \\ e^{-(y-a_2)^2/2\sigma_{22}^2} & \text{при } a_2 \leq y < y_{22}; \end{cases} \\ \mu_{a_{y_3}} &= \begin{cases} 0 & \text{при } y \leq y_{32}; \\ e^{-(y-a_3)^2/2\sigma_{32}^2} & \text{при } y_{32} < y < a_3; \\ 1 & \text{при } y \geq a_3. \end{cases} \end{aligned} \quad (7.5)$$

### 7.3. Пример выполнения практической работы

1. Построим терм-множества лингвистической переменной  $\beta_Y$  – рост объема произведенной промышленной продукции (%) с областью определения  $Y = [0;50]$  и

множеством базовых значений  $T_Y = \{\text{малый рост, умеренный рост, высокий рост}\} = \{a_{Y_1}, a_{Y_2}, a_{Y_3}\}$ .

Экспертные оценки параметров, необходимых для построения функций принадлежности переменной  $\beta_Y$ , представлены в таблице 7.2

Таблица 7.2

Базовые значения	$a_i$	$y_{k_j}$	$\mu_{k_j}$
$a_{Y_1}$ – малое	0	$y_{k_1} = 10$ $y_{k_2} = 35$	$\mu_{k_1} = 0.5$ $\mu_{k_2} = 0.5$
$a_{Y_2}$ – умеренное	20		
$a_{Y_3}$ – высокое	50		

2. Вычисляем значения  $2\sigma_{ij}^2$ .

$$2\sigma_{11}^2 = \frac{(y_{k_1} - a_1)^2}{-\ln \mu_{k_1}} = \frac{(10 - 0)^2}{-\ln 0.5} = 144.16;$$

$$2\sigma_{21}^2 = \frac{(y_{k_1} - a_2)^2}{-\ln \mu_{k_1}} = \frac{(10 - 20)^2}{-\ln 0.5} = 144.16;$$

$$2\sigma_{22}^2 = \frac{(y_{k_2} - a_2)^2}{-\ln \mu_{k_2}} = \frac{(35 - 20)^2}{-\ln 0.5} = 324.1;$$

$$2\sigma_{32}^2 = \frac{(y_{k_2} - a_3)^2}{-\ln \mu_{k_2}} = \frac{(35 - 50)^2}{-\ln 0.5} = 324.1.$$

Вычисляем значения  $y_{ik}$ , при которых  $\mu_{a_{y_i}} = 0$ , по формулам (7.4):

$$y_{11} = 20.78; y_{21} = -0.78; y_{22} = 51.16; y_{32} = 18.84.$$

Так как  $y_{21} = -0.78$ ;  $y_{22} = 51.16$  выходят из области определения  $Y$ , то принимаем  $y_{21} = 0$ ;  $y_{22} = 50$ .

3. Определяем функции принадлежности по формулам (7.5):

$$\mu_{a_{y_1}} = \begin{cases} 1 & \text{при } y \leq 0; \\ e^{-(y)^2/144.16} & \text{при } 0 < y < 20.78; \\ 0 & \text{при } y \geq 20.78; \end{cases}$$

$$\mu_{a_{y_2}} = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \geq y \geq 50; \\ e^{-(y-20)^2/144.16} & \text{при } 0 < y < 20; \\ e^{-(y-20)^2/324.1} & \text{при } 20 \leq y < 50; \end{cases}$$

$$\mu_{a_{y_3}} = \begin{cases} 0 & \text{при } y \leq 18.84; \\ e^{-(y-50)^2 / 324,1} & \text{при } 18.84 < y < 50; \\ 1 & \text{при } y \geq 50. \end{cases}$$

#### 7.4. Задание на практическую работу

Оценить любой стратегический фактор развития предприятия, используя метод экспертных оценок параметров стандартных функций. Лингвистическая переменная, выбранная для описания фактора, должна иметь три базовых значения (например, «низкий», «средний», «высокий»).

## 8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ»

### 8.1. Интегральный показатель выполнения стратегии предприятия

Одним из этапов стратегического управления предприятием является мониторинг состояния эффективности реализации стратегического плана. Естественно использовать для контроля выполнения стратегии целевые показатели развития предприятия, которые показывают степень продвижения по выбранным стратегическим направлениям к главной цели стратегического развития.

Набор показателей, служащих ориентирами стратегического развития, индивидуален для каждого конкретного предприятия. По каждому показателю должны быть определены желательные их изменения по годам развития предприятия.

Целевые показатели развития носят многоплановый характер, имеют различные единицы измерения, направление и интенсивность изменения. Установление однозначной математической зависимости между ними проблематично и требует проведения дополнительных исследований.

Также нельзя забывать о том, что процесс разработки стратегии развития, целевые ориентиры стратегии, оценки социально-экономического положения города основываются на информации, получаемой от человека (эксперта), что обуславливает наличие качественных описаний. Таким образом, сформулируем основные требования к модели интегральной оценки выполнения стратегии предприятия:

1. Агрегирование многих критериев, имеющих различную размерность и направленность изменений.
2. Универсальная форма агрегации критериев, т.е. должна быть возможность использования модели интегральной оценки для разных муниципальных образований.
3. Учет весов критериев, т.е. их важности в интегральной оценке.
4. Формализация нечетких понятий для обеспечения эффективной обработки качественной информации наравне с четкими количественными данными.
5. Привязка интегрального показателя к целевым ориентирам стратегического развития города.

Использование аппарата теории нечетких множеств в модели интегральной оценки позволяет учесть все эти требования.[5]

Каждый целевой показатель стратегического развития (критерий интегральной оценки) можно рассматривать как нечеткую переменную  $(\alpha_i, X, C(\alpha_i))$ , где  $\alpha_i$  – наименование нечеткой переменной,  $X = \{x\}$  – область ее определения (базовое множество),  $C(\alpha_i) = \{\mu_{C_{\alpha_i}}(x)/x\}, (x \in X)$  – нечеткое подмножество множества  $X$ , описывающее ограничения на возможные значения переменной  $\alpha_i$ .

Экспертным путем строятся функции принадлежности критериев. По сути, функции принадлежности критериев будут отражать степень соответствия фактического значения критерия запланированному.

Оценка критерия на определенный момент времени задается как степень принадлежности  $\mu_{C_{\alpha_i}}(x)$  фактического значения критерия нечеткому множеству  $C(\alpha_i)$ .

Свертка критериев осуществляется на основе операции пересечения нечетких множеств.

Если имеется  $n$  критериев  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , то интегральная оценка  $IS$  определяется по формуле :

$$IS = C(\alpha_1) \cap C(\alpha_2) \cap \dots \cap C(\alpha_n).$$

Операция пересечения нечетких множеств соответствует операция  $\min$ , выполняемая над их функциями принадлежности:

$$\mu_{IS} = \min_{i=1, n} \mu_{C\alpha_i}(x). \quad (8.1)$$

Чем больше значение функции принадлежности  $\mu_{IS}$ , тем выше значение интегрального показателя, тем ближе развитие предприятия к состоянию, определенному целевыми ориентирами развития.

В случае если критерии имеют различную важность, каждому из них приписывается число  $w_i \geq 0$  (чем важнее критерий, тем больше  $w_i$ ). Тогда интегральная оценка определяется по формуле:

$$IS = C^{w_1}(\alpha_1) \cap C^{w_2}(\alpha_2) \cap \dots \cap C^{w_n}(\alpha_n);$$

$$w_i \geq 0, i = \overline{1, n}; \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1, n} w_i = 1.$$

Функция принадлежности  $\mu_{IS}$  определяется по формуле:

$$\mu_{IS} = \min_{i=1, n} \mu^{w_i}_{C\alpha_i}(x) \quad (8.2)$$

При определении области определения нечетких переменных  $\alpha_i$ , описывающих целевые ориентиры реализации стратегии, используются следующие правила:

1. В области определения выделить интервал запланированных значений показателя. При этом в качестве «нижней» контрольной точки  $x_1$  можно, например, использовать значение показателя развития за год, предшествующий началу реализации стратегии, или пороговое значение показателя развития.

2. В качестве «верхней» контрольной точки  $x_2$  использовать значение, которое можно достигнуть при выполнении запланированных изменений показателя (целевого ориентира).

3. Область определения не должна ограничиваться нижней и верхней контрольными точками, так как реальное значение показателя может оказаться как выше, так и ниже базового и планового значений. Предлагается область определения задавать следующим интервалом:

$$X \in [x_1 \mp \frac{|x_2 - x_1|}{2}; x_2 \pm \frac{|x_2 - x_1|}{2}]. \quad (8.3)$$

Выбор знака «+» или «-» зависит от желательного направления изменения показателя. Например, для показателя «Убытки»  $x_1$  будет находиться правее  $x_2$ , следовательно, в формуле нужно использовать нижний знак.

Таким образом, область определения нечеткой переменной, описывающей целевой ориентир стратегического развития предприятия, условно можно разделить на три области (см. табл.5.1). Соответственно функцию принадлежности  $\mu_{C\alpha_i}(x) \in [0;1]$  также условно нужно разбить на три интервала, значения функции принадлежности представлены в таблице 8.1.



Таблица 8.1

Область $X$	Характеристика	$\mu_{c_{\alpha_i}}(x)$
$X_{пл}$	Область планового изменения критерия	[0,25; 0,75]
$X_{отр}$	Область ухудшения нижнего значения критерия	[0; 0,25]
$X_{пол}$	Область превышения верхнего значения критерия	[0,75; 1]

Так как  $\mu_{c_{\alpha_i}}(x) \in [0;1]$ , то и значение интегрального показателя стратегического развития города находится в интервале  $[0;1]$ , интерпретация значений представлена в таблице 8.2.

Значения  $\mu_{IS}$ , представленные в таблице 8.2, отражают случай равенства весов критериев. При различных весах значения границ интервалов  $\mu_{IS}$  в таблице 8.2 нужно возвести в степень  $W_{\max} = \max_{i=1,n} W_i$ .

Предлагаемая модель интегральной оценки стратегического развития предприятия позволяет отслеживать изменение ситуации, проводить сравнение интегральных оценок по годам развития, а также осуществлять мониторинг эффективности реализации стратегии развития предприятия.

Таблица 8.2

$\mu_{IS}$	Характеристика
[0,25; 0,75]	Все целевые ориентиры не ниже нижних контрольных значений, причем, чем ближе к 0,75, тем ближе текущее состояние социально-экономического развития предприятия к комплексному целевому стратегическому ориентиру реализации стратегии.
[0; 0,25]	Значения одного или нескольких критериев ухудшились по сравнению с контрольными значениями
[0,75; 1]	Значения всех критериев достигли или превысили запланированные значения

## 8.2. Методические указания по выполнению практической работы

### Этап 1. Постановка задачи.

Выбрать целевые ориентиры стратегического развития предприятия. Это могут быть, например, объемы продаж, средняя заработная плата, прибыль, квалификация персонала и т.д.

Этап 2. Построение функций принадлежности нечетких множеств, описывающих целевые ориентиры развития.

При построении функции принадлежности нечетких переменных критериев интегральной оценки использовать прямой метод, задавать функцию принадлежности простым перечислением. При определении области определения нечетких переменных  $\alpha_i$ , описывающих целевые ориентиры реализации стратегии, использовать правила, приведенные в разделе 8.1.

Этап 3. Определение конкретных значений степеней принадлежности для каждого целевого показателя по годам развития.

Для каждого фактического значения показателя в конкретном году развития определить степени принадлежности этого значения нечеткому множеству. Если конкретное значение отсутствует в перечислении нечеткого множества, то необходимо применить линейную аппроксимацию.

Этап 4. Назначение весов критериев.

Назначить веса важности для каждого целевого показателя. Должно соблюдаться следующее условие нормировки: сумма весов, деленная на количество критериев, равна единице.

Этап 5. Расчет интегральных оценок.

Рассчитать интегральные оценки для каждого года развития при равной важности критериев (по формуле 8.1) и разной важности (по формуле 8.2).

### 8.3. Пример использования метода интегральной оценки на примере стратегии развития города Юрги

1. Разработка стратегии социально-экономического развития города Юрги была впервые осуществлена в 2004 году. Целевые ориентиры стратегического развития установлены на период 2004–2013 гг. Это не позволяет рассчитать интегральный показатель стратегического развития города по полному перечню целевых ориентиров.

В связи с этим, для апробации предложенной модели, были рассчитаны интегральные показатели по ограниченному перечню целевых ориентиров за период 2000–2003 гг. Выбранные целевые показатели социально-экономического развития в динамике представлены в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Целевые показатели социально-экономического развития города	Годы			
	2000	2001	2002	2003
1. Постоянное население (на начало года), тыс. чел.	86,1	85,2	84,5	83,8
2. Общая смертность, человек на 1000 населения	15,2	15,9	15,5	14,7
3. Младенческая смертность, человек на 1000 родившихся	7	7	9,1	8,9
4. Рождаемость, человек на 1000 населения	8,9	9,4	10,1	9,9
5. Соотношение денежных доходов населения и величины прожиточного минимума	1,47	1,6	1,7	1,7

2. В качестве экспертов, перед которыми ставилась задача построения функций принадлежности целевых показателей, выступили специалисты отдела по социально-экономическому планированию, прогнозированию и труду Администрации города Юрги. В результате были построены функции принадлежности нечетких множеств для пяти нечетких переменных:

$$C(\alpha_1) = \{0/82,65; 0,25/83,8; 0,75/86,1; 1/87,25\};$$

$$C(\alpha_2) = \{0/17,5; 0,25/16,1; 0,75/14,7; 1/13,3\};$$

$$C(\alpha_3) = \{0/10,75; 0,25/9,5; 0,75/7,0; 1/5,75\};$$

$$C(\alpha_4) = \{0/8,3; 0,25/8,9; 0,75/10,1; 1/10,7\};$$

$$C(\alpha_5) = \{0/1,355; 0,25/1,47; 0,75/1,7; 1/1,815\}.$$

3. Далее были определены конкретные значения функций принадлежности для каждого целевого показателя по годам развития (представлены в таблице 8.4).

4. Веса критериев были определены экспертами:  $w_1 = 0,75$ ;  $w_2 = 1,25$ ;  $w_3 = 0,75$ ;  $w_4 = 1,25$ ;  $w_5 = 1,0$ .

Таблица 8.4

Целевой показатель	Значения $\mu_{c_{\alpha_i}}$ по годам развития			
	2000	2001	2002	2003
1. Постоянное население (на начало года)	0,75	0,55	0,42	0,25
2. Общая смертность	0,57	0,32	0,46	0,75
3. Младенческая смертность	0,75	0,75	0,33	0,3
4. Рождаемость	0,25	0,46	0,75	0,67
5. Соотношение денежных доходов населения и величины прожиточного минимума	0,25	0,7	0,75	0,75

5. Расчет интегрального показателя осуществлялся в двух вариантах.

А) По формуле (8.1) определили значения интегральных показателей по годам при равенстве важности критериев:

$$\mu_{IS}(2000) = 0,25; \mu_{IS}(2001) = 0,32; \mu_{IS}(2002) = 0,33; \mu_{IS}(2003) = 0,25.$$

В 2002 году наблюдается наибольшее значение интегрального показателя. Таким образом, при равной важности целевых показателей, именно в 2002 году комплексное социально-экономическое положение города было наиболее близко к желаемому (планируемому).

Б) По формуле (8.2) определили значения интегрального показателя при разной важности критериев. Значения интегральных показателей составили:

$$\mu_{IS}(2000) = 0,18; \mu_{IS}(2001) = 0,24; \mu_{IS}(2002) = 0,38; \mu_{IS}(2003) = 0,35.$$

Как и в первом случае, наилучшее значение интегрального показателя в 2002 году.

#### 8.4. Задание на практическую работу

Рассчитать интегральный показатель выполнения стратегии предприятия по пяти целевым ориентирам за четыре года:

- при равной значимости критериев;
- при одинаковой значимости критериев.

Сравнить полученные показатели по годам развития и сделать выводы об успешности выполнения стратегии предприятия.

Примечание. Целевые ориентиры развития выбрать самостоятельно. При построении функции принадлежности нечетких переменных критериев интегральной оценки использовать прямой метод, задавать функцию принадлежности простым перечислением. При определении области определения нечетких переменных  $\alpha_i$ , описывающих целевые ориентиры реализации стратегии, использовать правила, приведенные в разделе 8.1.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечеткие методы принятия решений в системе поддержки принятия решений о стратегии развития предприятия // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП). Материалы международной научно-технической конференции: 25–26 мая 2006 г. – Орел: ОрелГТУ, 2006, Т.1. – С.82–87
2. Мицель А.А., Захарова А.А. Применение нечетких лингвистических моделей при разработке стратегии развития муниципального образования / Известия ТПУ, 2005, т.308. № 4, С.178–182
3. Захарова А.А., Мицель А.А. Модель интегральной оценки стратегического развития города / Доклады ТУСУР, 2005, №3(11), С. 11–16.
4. Захарова, А. А. Модели и программное обеспечение поддержки принятия стратегических решений в социально-экономических системах на основе экспертных знаний : специальность 05.13.10 "Управление в социальных и экономических системах" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Захарова Александра Александровна. – Томск, 2017. – 22 с. – EDN ХВРВАР.
5. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и дополн. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 500 с