

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

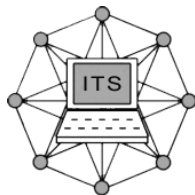


**РОБОЧА ПРОГРАМА,  
методичні вказівки та індивідуальні завдання  
до вивчення дисципліни «Системний аналіз» для студентів**

**122 – “Комп’ютерні науки” заочної форми навчання**

**Дніпро НМетАУ – 2019**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ  
Кафедра інформаційних технологій і систем**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,  
методичні вказівки та індивідуальні завдання  
до вивчення дисципліни «Системний аналіз» для студентів  
122 – “Комп’ютерні науки” заочної форми навчання**

**Дніпро НМетАУ – 2019**

УДК 519.7/.8

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Системний аналіз» для студентів 122 – “Комп’ютерні науки” (рос. мовою) / Укл.: В.І. Кузнецов, Г.Л. Євтушенко. – Дніпро: НМетАУ, ІВК «Системні технології», 2019. – 50 с.

Викладено мету та завдання вивчення дисципліни «Системний аналіз», її зміст, завдання до контрольної роботи, на основі якої студент освоює основні питання дисципліни такі, як основи теорії систем, системний підхід і системний аналіз, загальна методологія системних досліджень, системний аналіз та прийняття рішень; методи багатокритеріального аналізу; інформаційно-аналітичні системи та системи підтримки рішень.

Призначена для студентів для студентів 122 – “Комп’ютерні науки” заочної форми навчання.

Укладачі: В.І. Кузнецов, канд. техн. наук, ст. наук. співр., доц. каф. ІТС  
Г.Л. Євтушенко, к.т.н., доц. каф. ІТС

Відповідальний за випуск О.І. Михальов, д-р техн. наук, проф.

Рецензент В.І. Корсун, д-р техн. наук, професор (НГУ)

Друкується за авторською редакцією.

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних технологій і систем, протокол № 9 від 06.03.2019.

Підписано до друку 15.03.2019. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский. Облік.-вид. арк. 3,125. Умов. друк. арк. 2,94. Тираж 100 пр. Замовлення № \_\_.

Національна металургійна академія України  
49600, Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
1.1. Цель и задача.....	5
1.2. Распределение учебных часов .....	6
1.3. Содержание дисциплины .....	6
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	28
2.1. Задание.....	28
2.2. Контрольные вопросы .....	29
2.3. Пояснения к решению задач .....	33
ВЫВОДЫ.....	49
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ – это комплексная дисциплина, объектом которой являются целенаправленные эргатические (человеко-машинные, организационно-технические, информационные) системы, а предметом – проблемы, связанные с моделированием, анализом, проектированием и модернизацией таких систем. Основное внимание системного анализа таким образом концентрируется на структурировании проблем и принятии многокритериальных решений, как правило – с учетом неопределенностей и субъективных факторов (предпочтений, экспертных знаний). При таком «структурно-операционном подходе» системный анализ выступает как развитие и «расширение» исследования операций. Кратко, хотя и неполно, это можно выразить формулой: «системный анализ – это исследование плюс набор неформальных методов». Этот подход предложен в работах Н.Н. Моисеева и получил развитие в многочисленных научных работах, в учебниках. В ряду таких учебных изданий следует отметить вышедшие в последние годы в Украине учебники по системному анализу М.З. Згуровского и Н.Д. Панкратовой, А.В. Катренко, К.А. Сороки.

Современный системный анализ связан с проектированием информационных технологий и систем. В свою очередь, в решении системных проблем всё шире применяются компьютерные системы поддержки принятия решений, экспертные системы, системы имитационного моделирования.

В соответствии с действующим государственным образовательным стандартом дисциплина «Системный анализ» является обязательной для студентов 122 – «Компьютерные науки» и входит в цикл дисциплин естественнонаучной подготовки.

Основными требованиями к выполнению контрольной работы на момент приезда студента на экзаменационную сессию является наличие конспекта дисциплины, выполненная и зачтённая контрольная работа. Если контрольную работу не зачтено, то студент не допускается к экзамену.

## 1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель и задача

Учебная дисциплина «Системный анализ» является обязательной и входит в цикл дисциплин профессиональной и практической подготовки.

**Цель изучения дисциплины** – усвоение знаний и приобретение навыков, необходимых для решения задач при анализе и разработке информационных систем.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- теоретические основы системных наук;
- основные методы системного анализа;
- методы проектирования компьютерных информационных систем.

**уметь:**

- самостоятельно делать постановку (структурирование) системной проблемы;
- применять алгоритмы методов анализа решений;
- на основе анализа целей системы выбирать и обосновывать методы проектирования, анализировать и интерпретировать полученные результаты;
- пользоваться компьютерными средствами системного анализа и проектирования.

**Для успешной сдачи экзамена по дисциплине необходимо:** проработать вопросы контрольной работы, подготовиться к экзамену по вопросам дисциплины.

**Связь с другими дисциплинами:** дисциплина является базовой при подготовке бакалавров направления «Компьютерные науки». Навыки и умения этой дисциплины применяются в таких дисциплинах, как «Теория принятия решений», «Компьютерные методы интеллектуальной обработки данных», «Проектирование информационных управляющих систем» и др.

Приобретенные знания и умения используются при курсовом и дипломном проектировании.

## 1.2. Распределение учебных часов

Всего часов по учебному плану, в том числе:	180
Аудиторные занятия, из них:	80
Лекции	64
Практические занятия	16
Самостоятельная работа, в том числе при:	100
Подготовке к аудиторным занятиям	40
Подготовке к контрольным мероприятиям	45
Изучение разделов программы, которые не рассматриваются на лекциях	15

## 1.3. Содержание дисциплины

### Раздел I. Основы системных наук

#### *Тема 1. Основы теории систем; структура системных наук*

Системный анализ – комплексная, синтетическая дисциплина. Системный анализ учит широко и объективно мыслить, «разбирать» сложные проблемы, синтезировать рациональные, правильные решения.

Системный подход и системный анализ – мощные инструменты упорядочения и эффективного использования знаний, опыта, интуиции руководителей, экспертов, специалистов, да и современно образованных людей в вопросах постановки целей и решения сложных проблем. Проблем самого различного характера.

#### *Основные понятия и определения*

Множество – это объединение в единое целое вполне определённых, различаемых элементов (точек, прямых, уравнений и т.д.). Множество задаётся либо перечислением его элементов, либо указанием правила, определяющего их.

Система – это тоже совокупность объектов любой природы, но не любая. Система как совокупность определяется не правилами, а свойствами. Примеры систем: организм, автомобиль, компьютер, интернет, предприятие, информационно-аналитическая система, система международного права. Примеры «несистем» (кластеров): куча кирпичей, деталей, толпа, пассажиры в трамвайном вагоне.

По происхождению системы делятся на: естественные (природные), искусственные (технические), искусственные (абстрактные), комплексные (сочетание в одной системе нескольких типов).

Свойство совокупности объектов любой природы, которое не является суммой или средневзвешенным свойств этих объектов, и при этом является свойством более высокого организационного порядка, чем свойства объектов, называется интегративным свойством (эмерджентность, эмерджентное свойство).

Система со сложным, автономным, неочевидным поведением называется сложной системой. Сложность системы определяется в первую очередь сложностью и разнообразием связей.

Система, состоящая из большого числа элементов, называется большой системой.

Элементом (компонентом) системы назовём некоторый объект, который обладает свойством или свойствами, важными для рассматриваемой проблемы, но внутреннее строение его в рамках этой проблемы можно не рассматривать.

В рамках другой проблемы элемент может быть системой (подсистемой). А система может в свою очередь быть подсистемой более крупной системы – надсистемы. Например, для факультета 1 вуз – надсистема, а кафедра 11 – подсистема (рис. 2.1), мировая экономика – надсистема для экономики национальной. Надсистему называют также вмещающей системой.

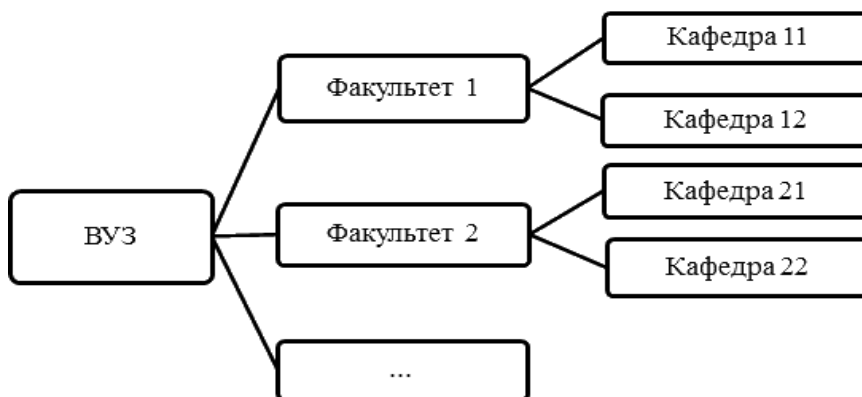


Рисунок 2.1 – Иерархическая структура вуза

Связь – это важный для целей рассмотрения обмен веществом, энергией или информацией между элементами системы, или между системой и внешней средой. Связью будем также называть материальный канал такого взаимодействия (например, провод, оптическое волокно, электромагнитное поле). Связи присоединяются к элементам через входы и выходы.



Различие между элементом и связью (как каналом взаимодействия): связь только передает нечто, а элемент это нечто (вещество, энергию, информацию) существенно перерабатывает. Общее название элементов и связей: звенья системы.

Общее определение системы.

Система – это совокупность элементов, обладающая следующими признаками:

а) связями, позволяющими посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента совокупности (то есть систему можно представить связным графом – графом связей);

б) интегративным свойством (назначением, функцией, поведением) отличным от свойств элементов и не являющимся суммой (объединением) или средневзвешенным свойств отдельных элементов.

Признак а) называют связностью системы, признак б) – функцией системы. Указание элементов, связей и эмерджентных свойств (функций) конкретной системы называется описанием (заданием) системы по определению. Система, как правило, обладает несколькими интегративными свойствами, функциями. Назначение – свойство искусственной, целенаправленной системы. Именно такие системы являются основным объектом системного анализа.

### *Структура системной науки*

Для того чтобы предсказывать, прогнозировать свойства систем, оптимизировать их, управлять ими необходимо владеть некоторым инструментарием (набором знаний и методов). Этот инструментарий создаётся комплексом системных наук, который можно назвать «системикс» (systemics, по аналогии с economics – комплексом наук по экономике). Для обозначения всего комплекса системных наук мы чаще будем использовать термин «системная наука». В него входят три базовых науки: теория систем (системология), системный анализ, системотехника (системный синтез). Смежные науки: кибернетика, исследование операций, синергетика, теория информации и информатика, искусственный интеллект.

Право на существование и полезность системных наук объясняются тем удивительным фактом, что в системах из элементов различной природы наблюдаются похожие (изоморфные) структуры и процессы.

Системы, как правило, являются развивающимися, причём они проходят похожие этапы развития. Сам факт устойчивого существования системы накладывает очень важные ограничения на формы и характер этого существования.

## ***Тема 2. Системный подход***

Системный подход (СП) – это методология (т.е. согласованный набор методов) рационального научного познания и практики. В основе СП лежит принцип системности, который указывает на необходимость и полезность исследования объектов как систем.

Объекты – это сущности, существующие помимо человека. Но объекты могут восприниматься человеком («исследователем») через свои ощущения (или показания приборов), они могут изучаться, конструироваться. От окружающих объектов человек получает те или иные ощущения, сведения, знания. Во взаимодействии с объектами человек достигает или не достигает своих целей. Более того, только взаимодействие с объектами позволяет ему судить, достиг ли он своих целей или нет.

Того, кто обладает сознанием, ощущениями, способностью ставить цели и планировать свои действия, в системных науках называют субъектом. В системных науках используется также термины «актор» (от англ. to act – действовать) и «лицо, принимающее решение» (ЛПР). Применяется термин «децидент», аналогичный термину ЛПР. Эти термины подчеркивает способность субъекта не только познавать и планировать, но и действовать, активно влиять на ситуацию, принимать решения. Отметим, что термины эти могут относиться не только к отдельному лицу, но и к так называемой «консолидированной группе», выступающей как единое целое.

Таким образом, системный подход – это методологическая основа исследования сложных объектов любой природы, не только тех, что изучаются в системном анализе. СП помогает правильно, адекватно ставить проблемы науки и практики, выработать эффективные стратегии их решения.

## ***Тема 3. Системный анализ***

### *Системный анализ как анализ систем и анализ проблем*

Системный анализ – это наука о методах и технологиях, используемых для исследования сложных систем и для поддержки обоснования решений по сложным проблемам технического, экономического, социального, политического характера.

Современный системный анализ способен интегрировать в свою методологию как точные методы (математические модели систем), так и неформализованные «эвристические» методы, опыт, знания и интуицию экспертов, специалистов.

Системный анализ имеет две ветви: анализ систем и анализ проблем (рис. 2.2).

Проблемой (системной задачей) в системном анализе называется сложная и неопределенная задача, допускающая либо несколько приемлемых результатов

решения, либо ни одного (неразрешаемая на данном этапе, в данных условиях проблема). Последовательное, скоординированное, системное решение «внешних» и «внутренних» проблем, возникающих в процессе разработки системы, и составляет проект. Проект – это осуществимый замысел.

Базовых задач в анализе систем всего две: экспертная и конструктивная.

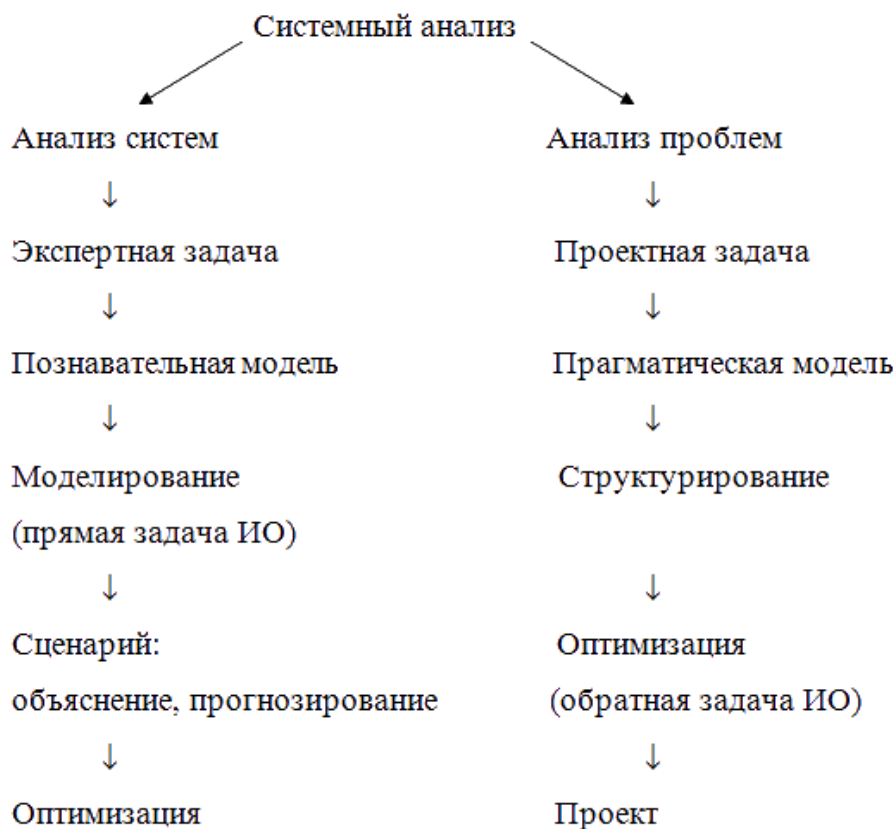


Рисунок 2.2 – Схема системного анализа

Экспертная задача: на основании знаний, имеющихся на настоящий момент, описать прошлое или предсказать будущее рассматриваемой системы, а также выявить неочевидные процессы в настоящем. Модель, созданная для решения экспертной задачи, называется познавательной моделью. Решение экспертной задачи: сценарий. Сценарий – это описание эволюции системы с учётом её окружения. Сценарий должен обоснованно, рационально отвечать на вопросы: «что происходит в настоящее время?», «что произошло бы, если...?», «что произойдет, если...?».

Конструктивная (проектная) задача: создать некоторую систему с заданным интегративным свойством (свойствами). Причем – эффективную и конкурентоспособную систему. Модель, созданная для решения проектной задачи, называется прагматической моделью. Решение конструктивной задачи – проект. Проект – это совокупность действий и решений, объединённая общим замыслом и

целью, с временными и ресурсными ограничениями. Проект должен обоснованно, рационально отвечать на вопросы: «как сделать, чтобы...?», «какими будут затраты и результаты?», «как это сделать лучшим образом?».

Основным методом решения и экспертной и проектной задачи является математическое моделирование.

«Генеральная схема» системного исследования: понимание – объяснение – прогнозирование – проектирование – управление. Первые три этапа относятся к анализу систем, два остальных – к анализу проблем.

#### ***Тема 4. Математическое моделирование в системном анализе***

Моделирование – это построение и изучение структурных, логических, математических и других абстрактных моделей систем (как существующих, так и разрабатываемых) и процессов в них.

Модель – это отображение существенных свойств объекта (системы) при его изучении.

Основным методом изучения систем является математическое моделирование. Для построения хороших математических моделей надо знать предметную область, нужные разделы математики и применять системный подход.

В системном анализе ключевую роль играют системно-структурные или просто структурные модели, представляющие проблему в виде системы с определенной структурой. При их построении используется теория графов. Структурные модели могут при необходимости дополняться любыми другими.

Важную роль играет также вербальная (словесная) аналитика – рациональное, логичное описание системы и процессов в ней на естественном языке. В системном исследовании не обойтись без экспертных суждений и неформальных процедур. Это так называемый информационно-аналитический метод.

#### *Проблемные ситуации в анализе систем*

Различают три проблемные ситуации в анализе и моделировании.

1) Хорошо структурированные проблемы. Здесь мы можем построить адекватную количественную модель и исследовать её, опираясь на математические методы.

2) Слабо структурированные проблемы. Мы не можем построить «полностью количественную» модель, но можем построить модель (или иерархию моделей) на основе системного подхода, вербальных и количественных методов системного анализа.

3) Неструктурируемые проблемы. Мы не можем построить количественную модель, применяя методы частных наук и системного анализа, поэтому можем и должны использовать системы и проблемы только при помощи естественного или профессионального языка на основе знаний и опыта.

Собственной сферой системного анализа являются слабо структурированные проблемы. Но применение принципов системного подхода весьма полезно для разработки моделей хорошо структурированных проблем и в анализе результатов моделирования.

Современный системный анализ имеет методы для решения неструктурируемых проблем практически без использования математики. Это вербальная аналитика, вербальный анализ решений, так называемые неформальные и эвристические методы.

Наиболее универсальным методом математического моделирования является имитационное моделирование.

#### *Иерархия моделей в анализе систем и проблем*

Процесс разработки моделей сложной системы имеет иерархические уровни, такую последовательность.

1) Структурная модель («анатомия системы») – подсистемы, элементы и связи.

2) Функциональная модель («физиология системы») – на качественном уровне описывает функции, интегративные свойства системы и влияние на них внешних воздействий.

3) Динамическая модель («поведение системы») – описывает изменение состояний системы во времени и пространстве, описывает по возможности количественно.

4) Имитационная модель – описывает поведение системы в различных, в том числе и случайных условиях (случайных внешних воздействиях или случайных изменениях параметров и структуры системы).

5) Оптимизационная модель – служит для поиска лучших проектных параметров.

#### *Этапы разработки модели сложной системы*

1. Анализ требований (и к проектируемой системе и к модели); уточнение объекта моделирования; оценка необходимых ресурсов.
2. Определение структуры модели (архитектуры).
3. Выбор методов моделирования для частных моделей и выбор программных средств (предварительный).

4. Планирование разработки и распределение работ.
5. Уточнение методов и программных средств, программирование и тестирование частных задач.
6. Синтез частных моделей (задач) и тестирование модели в целом.
7. Идентификация параметров модели.
8. Проверка чувствительности.
9. Оптимизация структуры, параметров и (если необходимо) управлений системы.

## **Раздел II. Методы анализа систем и проблем**

### ***Тема 5. Системный анализ и принятие решений; количественный анализ решений***

Методы многокритериального сравнительного анализа проблем, называемые также методами анализа решений, составляют ядро, сердцевину системного анализа.

Сравнение объектов по совокупности разнородных критериев является одной из фундаментальных задач системного анализа. Процесс многокритериального сравнительного анализа – это практическая реализация схемы системного исследования.

В многокритериальном анализе сравниваемые объекты называются альтернативами. А под объектами понимаются как существующие системы, так и проекты. Критерий – количественная или качественная характеристика, существенная для суждения об объекте. Показатель – количественная или качественная оценка оцениваемого объекта по определенному критерию. Можно сказать, что система критериев – это система координат в многомерном пространстве, в котором анализируются объекты, а набор показателей конкретного объекта – это точка или область, занимаемая объектом в пространстве критериев.

Сложность задачи многокритериального сравнительного анализа заключается в том, что сравниваемые объекты, как правило, необходимо сопоставлять по большому числу количественных и качественных критериев. А стандартной является ситуация, когда ни один из объектов не доминирует над остальными по всем показателям одновременно. Методы многокритериального сравнительного анализа применяются в самых разных задачах: выбора лучшего объекта, распределения ресурсов, проектирования, управления.

### *Применение многокритериальных методов*

При применении большинства методов возникают две основные проблемы: 1) как получить оценки по отдельным критериям и 2) как объединить, агрегировать, эти оценки в общую оценку полезности альтернативы. В каждом методе эти проблемы решаются по-своему. По сути, это проблемы двух главных процедур системного анализа: декомпозиции и агрегирования.

В типичной схеме принятия решений по сложной проблеме есть три группы участников (исследователей): руководители (ЛПР), эксперты и консультанты. Консультанты вместе с руководителем разрабатывают обычно перечень критериев. При этом определяется, как измерять уровень качества по каждому критерию, т. е. как строить шкалу измерений.

На основе полученных оценок каждой из альтернатив по каждому из критериев осуществляется получение общей (глобальной) оценки каждой альтернативы по всей системе критериев. Это делается на основании формулы или алгоритма для агрегации (объединения) оценок по отдельным критериям в общую оценку полезности альтернативы. Анализируя глобальные оценки ЛПР принимает решение: выбирает лучшую альтернативу, распределяет ресурсы между приемлемыми альтернативами, уточняет задачу и т.д.

Выбор того или иного алгоритма, метода анализа, чаще всего определяется консультантом. Методов многокритериального анализа довольно много, существуют две «ветви» методов – количественный анализ решений и вербальный («словесный») анализ решений.

Методы количественного анализа решений реализованы в системе поддержки принятия решений NooTron (раздел 4, тема 15).

#### *Основные прикладные задачи многокритериального анализа*

Базовой задачей многокритериального анализа является ранжирование. Альтернативы, занимающие область в многомерном пространстве критериев в результате многокритериального ранжирования (например, методом анализа иерархий или методом взвешенных сумм) становятся линейно упорядоченными – от «лучшей» к «худшей».

Решение задачи ранжирования служит основой для решения более сложных и комплексных проблем (системных задач).

К основным задачам многокритериального анализа относятся:

1. Выбор альтернатив, лучших по совокупности критериев.
2. Кластеризация и классификация.

3. Многокритериальная оптимизация.
4. Проектирование по количественным и качественным критериям.
5. Анализ эффективности проектов.
6. Распределение ресурсов.
7. Управление проектами.
8. Диагностика (медицинская, техническая), управление качеством.

### ***Тема 6. Метод анализа иерархий***

В 70-80-е годы американский учёный Т.Л. Саати разработал и развил «иерархический аналитический процесс» (analytic hierarchy process, АНР) – мощный метод сопоставительного анализа и ранжирования объектов, характеризующихся наборами критериев и показателей, количественных и качественных. В литературе этот метод называют также методом анализа иерархий (МАИ).

Основные задачи МАИ: сравнительный анализ объектов (многокритериальное ранжирование), многокритериальный выбор лучшего объекта, распределение ресурсов между проектами, проектирование систем по количественным и качественным характеристикам.

Алгоритм метода анализа иерархий состоит из 6 этапов:

1. Представление исходной проблемы в виде иерархической структуры (рис. 2.3). Цель составляет высший уровень иерархии. На этом уровне может находиться лишь один объект. На следующем уровне находятся критерии. По системе этих критериев оцениваются сравниваемые объекты (*альтернативы*). Альтернативы располагаются на самом нижнем уровне.

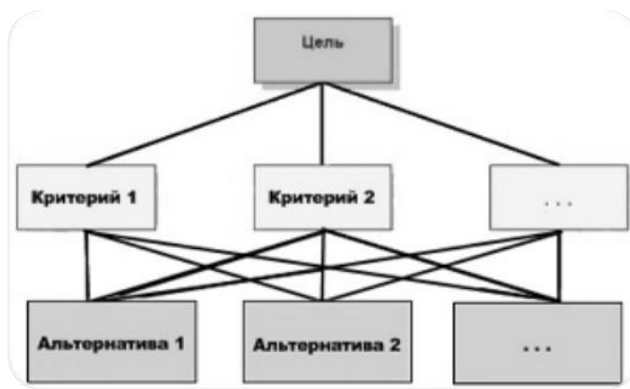


Рисунок 2.3 – Трёхуровневая иерархия «цель – критерии – альтернативы»

2. Вынесение экспертных суждений на каждом уровне иерархии по парным сравнениям: критерии сравниваются попарно по отношению к цели, альтернативы – попарно по отношению к каждому из критериев.



Соответственно заполняются матрицы парных сравнений, МПС (рис. 2.4): одна МПС – для критериев,  $n$  матриц – для альтернатив; здесь  $n$  – количество критериев.

	Название	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	ЛПр.
Кр1	Размер з/п	1	5	3	3	0.522
Кр2	Транспорт	1/5	1	1/3	1/3	0.078
Кр3	Коллектив	1/3	3	1	1	0.200
Кр4	Рабочая обстановка	1/3	3	1	1	0.200

Рисунок 2.4 – Матрица парных сравнений критериев и их локальные приоритеты для задачи выбора места работы в СППР NooTron.

Сравнения проводятся либо по шкале отношений, либо по шкале Саати (п. 2.3).

3. Математическая обработка матриц парных сравнений для нахождения локальных и глобальных приоритетов.

При точном процессе определения вектора локальных приоритетов задача сводится к нахождению собственного вектора матрицы парных сравнений:

$$A \cdot X = \lambda_{\max} \cdot X \quad (2.2)$$

где  $A$  – матрица парных сравнений (МПС),  $X$  –  $n$ -мерный вектор, составленный из искомым приоритетов,  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное значение МПС;

и последующего нормирования этого вектора, т.е. выполнения условия:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (2.3)$$

4. Имея вектор локальных приоритетов критериев размерности  $m$  ( $m$  – число критериев) и  $m$  векторов локальных приоритетов альтернатив размерности  $n$  ( $n$  – число альтернатив), вектор глобальных приоритетов альтернатив по отношению к цели вычисляется так. Каждый компонент этого  $m$ -вектора – это скалярное произведение вектора локальных приоритетов критериев на  $m$ -вектор, составленный из локальных приоритетов данной альтернативы по каждому критерию («профиль альтернативы»).

5. Анализ результатов. На этом шаге проводится анализ полученных глобальных приоритетов, принимается решение завершить проведение сравнительного анализа или провести дополнительное сравнение альтернатив, отбросив явных аутсайдеров, или, например, добавив новые важные критерии.

6. Выводы по МАИ. Вычисленные глобальные приоритеты альтернатив представляют собой математическое решение поставленной задачи.

Вектор глобальных приоритетов – это и есть решение задачи многокритериального ранжирования. На основании его можно, например, решить задачу выбора: альтернатива с максимальным значением глобального приоритета является лучшей по совокупности критериев с учётом относительной важности последних.

### **Тема 7. Метод взвешенных сумм и его аналоги**

Метод взвешенных сумм (МВС) позволяет работать с большим количеством критериев сложной иерархической структуры и большим количеством сравниваемых объектов. Обычно используется для составления рейтингов и классификации.

Структура проблемы в МВС имеет одну цель и систему критериев. В МВС обычно используют сложные древовидные структуры критериев (рис. 2.5), которые строятся «сверху вниз». А расчёт глобальных показателей идёт от объектов, через частые и общие критерии к глобальной оценке альтернативы, то есть вверх по уровням иерархии.

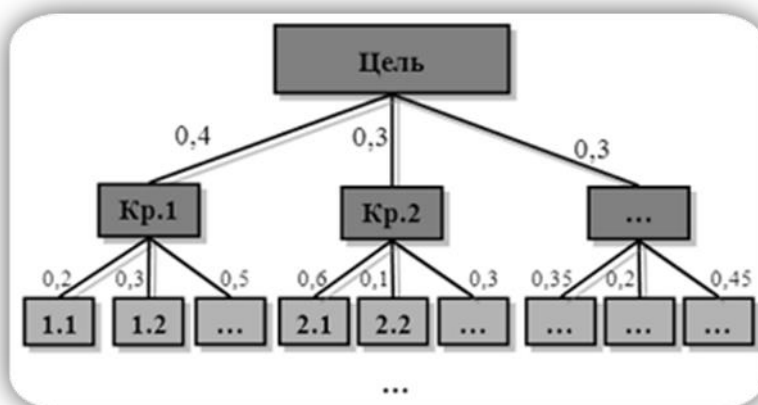


Рисунок 2.5 – Структура критериев в МВС

Принципиальные ограничения на количество и структуру критериев, равно как и на количество сравниваемых объектов в этом методе отсутствуют, но платой является точность и устойчивость. При увеличении числа уровней количество критериев растёт в экспоненциально и так же экспоненциально уменьшается вклад каждого критерия на нижнем уровне в глобальную оценку объекта.

Основная проблема метода – согласованное определение весов критериев. Метод имеет много разновидностей и аналогов.

В методе взвешенных сумм при определении глобальной оценки альтернативы в качестве глобальной функции полезности используется полилинейная свёртка (2.6).

$$U = \sum_{i=1}^N w_i x_i, \quad (2.6)$$

где  $w_i$  – вес (важность)  $i$ -го критерия, назначаемый ЛПР;  $x_i$  – оценка альтернативы по  $i$ -му критерию.

Заметим, что это – скалярное произведение вектора весов (локальных приоритетов) критериев на вектор оценок альтернатив.

Сумма весов критериев в методе взвешенной суммы должна быть нормирована:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1. \quad (2.7)$$

Иногда этот метод используют при одинаковых весах критериев.

Логическим обоснованием метода взвешенной суммы является представление об общей полезности альтернативы как о сумме оценок нескольких независимых критериев. Коэффициенты  $w_i$  выражают относительную важность оценок критериев.

Оценка альтернатив методом взвешенной суммы – скоринг, от английского to score – подсчитывать очки, баллы. Результаты оценки – рейтинги, (rating – оценка, определение ценности). Рейтинг вуза, рейтинг студента. Понятно, что эти методы используются на практике очень широко.

### **Тема 8. Метод матрицы решений**

Для этого метода и его аналогов исходная информация по проблеме аккумулируется в специальной таблице – матрице решений (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Матрица решений

Альтерна-тивы	Варианты внешних условий			
	$B_1$	$B_2$	...	$B_m$
$A_1$	$U_{11}$	$U_{12}$	...	$U_{1m}$
...	...	...	...	...
$A_N$	$U_{N1}$	$U_{N2}$		$U_{Nm}$

Элементы матрицы решений называются полезностями (utilities). Полезности – это некоторые количественные оценки (например, в деньгах или в натуральных показателях) результата принятия решения (выбора конкретной альтернативы) при

том или ином варианте внешних условий, характеризующих обстановку после принятия решений. Они рассчитываются по методикам предметной области, либо оцениваются экспертно.

Возможны два случая:

- 1) вероятности внешних условий заранее известны (ситуация риска);
- 2) вероятности внешних условий заранее неизвестны (ситуация неопределённости).

Выбор лучшей альтернативы (с полезностью  $U^*$ ) производится на основании одного из следующих критериев:

- 1) Максиминный критерий (наибольшая осторожность). Выбирается:

$$U^* = \max_i \min_j U_{ij} \quad (2.10)$$

где  $i$  – индекс строки,  $j$  – индекс столбца таблицы.

- 2) Критерий, минимаксного сожаления. Вводится понятие сожаления для  $i$ -й альтернативы при  $j$ -м варианте внешних условий:

$$C_{ij} = \max_i U_{ij} - U_{ij} \quad (2.11)$$

Далее выбирается:

$$U^* = \min_j C_{ij} \quad (2.12)$$

- 3) Критерий максимакса (крайний оптимизм)

$$U^* = \max_i \max_j U_{ij} \quad (2.13)$$

- 4) Критерий Гурвица. Пусть для  $i$ -й альтернативы

$$m_i = \min_j U_{ij}, \quad M_i = \max_j U_{ij} \quad (2.14)$$

Для каждой альтернативы  $A$  вычисляют показатель:

$$U_i(\alpha) = \alpha m_i + (1 - \alpha) M_i, \quad (2.15)$$

где  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

Далее выбирается (при заданном  $\alpha$ )

$$U^* = \max_i U_i(\alpha) \quad (2.16)$$

5) Критерий Лапласа. Все варианты внешних условий принимаются равновероятными и для каждой альтернативы  $A_i$  определяется показатель

$$U_{i\text{cp}} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{ij} \quad (2.17)$$

Далее выбирается:

$$U^* = \max_i U_{i\text{cp}}. \quad (2.18)$$

Обычно нет особых оснований априорно считать один критерий чем-то лучшим, чем другой. Поэтому принято, что такой выбор должен делать руководитель. Если исключить очевидные случаи (доминирование одной альтернативы над всеми), то для ЛПР выбор критерия столь же труден, как и прямой выбор одной из альтернатив. В решении сложных и ответственных проблем исследование надо проводить по нескольким критериям (см. «Интегрированный метод МАИ+ММР» в справке СППР NooTron: <http://nootron.net.ua/Help.htm?p=chapter3.5.html>).

### ***Тема 9. Вербальный анализ решений***

Основой вербального анализа решений (ВАР) является качественное (вербальное, то есть словесное) описание проблемы, которое сохраняется (без перевода ее в числовую форму) на всех этапах анализа.

Методологически ВАР опирается на психологические модели человеческой системы переработки информации, теории поведения индивида при решении многокритериальных задач.

Подход ВАР позволяет постепенно разработать решающее правило методом "проб и ошибок", характерным для поведения человека. Предусмотрена возможность получения для ЛПР объяснений результатов анализа в виде, понятном для ЛПР. Подход ВАР опирается на некоторые результаты многокритериальной теории полезности, связанные с выполнением условий независимости. Эти результаты используются при вербальных оценках.

В рамках подхода ВАР большое значение уделяется проблемам получения информации от ЛПР и экспертов. В качестве языка описания (структуризации) решаемой проблемы используется естественный язык, привычный для ЛПР и экспертов. Разрабатываются порядковые шкалы оценок по критериям с вербальными оценками. Далее осуществляются логические операции преобразования вербальной информации. Все процедуры получения информации от ЛПР основаны на использовании вербальных оценок качества по отдельным критериям.

В отличие от подхода количественного анализа решений (КАР), где информация берется «одномоментно» в полном виде, в подходе ВАР получение информации ЛПР – поэтапное.

### **Раздел III. Информация и экспертные знания в системном анализе**

#### ***Тема 10. Определение понятия информации***

Существует ряд определений, но до сих пор нет общепризнанного. Рассмотрим два определения информации, важные именно системного анализа.

Определение Г. Кастлера: «Информация есть случайный и заполненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных».

Но это определение не исчерпывает всех случаев, и поэтому Д.С.Чернавский уточнил определение Кастлера.

Определение информации по Д.С. Чернавскому: «Информация есть запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных».

Здесь исчезло слово «случайный», поскольку выбор может быть как случайным, так и неслучайным, сделанным, например, под внешним воздействием. Выбор возможен как результат решения проблемы: решил – и сделал выбор.

Согласно Д.С. Чернавскому, неслучайный выбор – это **рецепция** (приём) информации, а случайный выбор – **генерация** информации. В любом из этих случаев если информация не запоминается, то это – микроинформация, а запомненный выбор – макроинформация.

Возможный и равноправный выбор – это значит, что варианты выбора принадлежат одному множеству (например, слов одного языка, букв одного алфавита) и априорные (заранее предполагаемые) различия между ними невелики.

#### ***Тема 11. Количество информации***

Понятие «количество информации» сформулировано в работах американских учёных Хартли и Шеннона. Оно является центральным в «классической» теории информации, основная проблема которой – изучение передачи информации по каналам связи, хранения её, кодирования и декодирования, борьбы с шумами и помехами.

По К. Шеннону количество информации  $I_N$  в сообщении, содержащем  $N$  символов определяется по формуле:

$$I_N = -N \sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i \quad (2.19)$$

$M$  – число букв (символов) в используемом алфавите;

$p_i$  – частота (статистическая вероятность) появления  $i$ -той буквы в языке сообщения;

минус – чтобы величина  $I_N$  была неотрицательной.

Двоичные логарифмы используются в теории информации исходя из естественного требования, чтобы в минимальном сообщении содержалось количество информации, равное 1. Минимальный алфавит состоит из двух символов, например 0 и 1 (меньше нельзя):  $M=2$ , минимальное сообщение – из одного символа  $N=1$ , частоты символов равны:  $P_i = \frac{1}{2}$ .

Подставив эти значения в формулу (2.19) действительно получим 1:

$$I_2 = -1 \times \left( \frac{1}{2} \times (-1) + \frac{1}{2} \times (-1) \right) = 1.$$

Это минимальное количество информации  $I=1$ , получило название «бит» (от английских слов binary digit – двоичный знак). Если в (2.19) использовать натуральные логарифмы, то единица информации называется «нат». Между битами и натами существуют соотношения:

1 бит = 1.44 ната;

1 нат = 0.69 бита.

Если делаем выбор одного из  $n$  возможных вариантов (с известными вероятностями этих вариантов  $p_i$ ,  $i=1;2;\dots;n$ ), то количество информации определяется по формуле:

$$I_n = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (2.20)$$

Если все варианты равновероятны:  $p_i = \frac{1}{n}$ , тогда формула (2.20) принимает вид:

$$I_n = \log_2 n \quad (2.21)$$

Это исторически первая формула теории вероятностей, формула Хартли.

Формулы (2.19) и (2.20) отражают количество информации, но не ее ценность. Количество информации в сообщении, определяемое формулой Шеннона, не зависит от сочетания букв: переставив (случайным образом или кодированием) буквы мы можем сделать сообщение бессмысленным. Количество информации по Шеннону сохранится, а ценность информации может исчезнуть.

Количество и ценность информации – разные понятия и не стоит подменять одно другим.

## ***Тема 12. Ценность информации***

Понятия ценности, осмысленности информации – центральные в современной информатике, системном анализе. Ценностью информации, смыслом сообщений занимается семантическая теория информации.

Основные положения семантической теории информации.

1. Ценность информации зависит от цели.

Если цель достижима, то ценность информации может быть определена по уменьшению затрат на её достижение.

Если достижение цели – не обязательно, то ценность информации  $V$  по Бонгарду и Харкевичу равна:

$$V = \log_2 \frac{P}{p} \quad (2.22)$$

$p$  – вероятность достижения цели до получения информации (знаменатель);  $P$  – вероятность достижения после получения информации (числитель).

Апостериорная вероятность  $P$  может быть как больше, так и меньше  $p$ . ( $P < p$ ) – это дезинформация. При изменении апостериорной вероятности  $P$  в пределах  $0 < P < 1$ , ценность информации по Бонгарду и Харкевичу изменяется в пределах  $-\infty < V < V_{\max}$ ;

Ценность информации по Корогодину даётся формулой:

$$V = \frac{P - p}{1 - p} \quad (2.23)$$

Она изменяется в пределах  $V \leq V \leq 1$ .

2. Ценность информации зависит от величины  $p$ , от так называемого тезауруса (предварительной информации).

3. Ценность информации субъективна – она зависит от целей и тезауруса реципиента (получателя).

Бессмысленная информация – это информация, не имеющая ценности ни для кого из тех, кого интересуется смысл текста. Соответственно, как противоположность, возникает понятие осмысленной информации.

Объективность понятия «осмысленная информация» основана на следующем утверждении: в информационной таре, куда может быть помещена данная



информация, можно выделить определенное количество информации, которая ни для кого, ни для каких дел не понадобится. Это – бессмысленная информация, все остальное – осмысленная. Но осмысленность текста зависит от тезауруса. Для человека, не знающего иероглифов, любой текст, составленный из них – текст бессмысленный.

Вот еще две меры, связанные с истинностью информации (2.24), (2.25).

$$inf(s) = -\log_2 p(s) = -1.44 \ln p(s) \quad (2.24)$$

где  $s$  – предложение, смысл которого измеряется;

$p(s)$  – вероятность того, что предложение  $S$  – истинно.

Некоторые свойства функции  $inf(s)$ :

1)  $inf(s) \geq 0$  поскольку  $0 \leq p(s) \leq 1$ ;

2) при  $p(s) = 1$ ,  $inf(s) = 0$  (в тривиальном (истинном) предложении никакой информации не содержится);

3) при  $p(s) \rightarrow 0$ ,  $inf(s) \rightarrow \infty$  – чем неожиданнее сообщение, тем больше информации в нём содержится.

4) если  $s_1 \rightarrow s_2$  (из  $s_1$  следует  $s_2$ ) истинна, то  $inf(s_1) \geq inf(s_2)$ ;

5) условия независимости:  $inf(s_1 s_2) = inf(s_1) + inf(s_2) \leftrightarrow p(s_1) * p(s_2) = p(s_1 * s_2)$ .

Значение функции-меры  $inf(s)$  больше для предложений, исключающих большое количество возможностей.

Пример: из  $s_1$ : “ $a > 3$ ”, из  $s_2$ : “ $a = 7$ ”, следует, что  $s_1 \rightarrow s_2$  и  $inf(s_2) > inf(s_1)$ .

Ясно, что  $s_2$  исключает больше возможностей, чем  $s_1$ .

$$cont(s) = 1 - p(s). \quad (2.25)$$

Связь между этими мерами дается формулами:

$$cont(s) = 1 - 2^{-inf(s)} = 1 - e^{-0.69 inf(s)};$$

$$inf(s) = -\log_2(1 - cont(s)) = -0.69 \ln(1 - cont(s))$$

## **Раздел IV. Прикладной системный анализ**

### ***Тема 13. Информационно-аналитические системы и системы поддержки принятия решений***

Термин «прикладной системный анализ» (сам системный анализ – прикладная наука) относится к системному анализу с использованием компьютеров и специального программного обеспечения.

Прикладной системный анализ сложных проблем на современном уровне невозможен без информационно-аналитической системы (ИАС) особого типа – системы поддержки принятия решений (СППР), использующей передовые информационные технологии. К таким технологиям сегодня следует отнести: хранилища данных (Data Warehouse), оперативный анализ данных (OLAP-технологии), интеллектуальный анализ данных (Data Mining).

Основное требование к СППР – возможность не только оперативной обработки накопленных данных, но и проведение аналитической обработки этих данных. То есть они должны обеспечить оперативное проведение системных исследований, работая с большими объёмами данных. Появление таких систем обусловлено достижениями в области технологий получения, хранения и распределенной обработки больших массивов информации.

СППР можно разделить на две группы:

- оперативные, предназначенные для немедленного реагирования на текущую ситуацию;
- стратегические, предназначенные для анализа большого количества информации из разных источников с привлечением знаний (методик расчётов, многокритериального и статистического анализа), экспертных систем, аккумулирующих опыт решения проблем.

Основой СППР являются методы системного анализа, в том числе – многокритериальные. Любая СППР, независимо от методов и технологий, должна обеспечивать возможность оперативного диалога с исследователем, т.е. она должна быть интерактивной.

К особому классу СППР можно отнести экспертные системы, основанные на базах знаний и методах логического вывода, в т.ч. нечёткого и нейро-нечёткого.

## ***Тема 14. Информационные технологии в системном анализе: OLTP, OLAP, Data Mining***

Технология комплексного многомерного анализа данных получила название «процесс онлайн-анализа» (OLAP, On-Line Analytical Processing). OLAP – это ключевой компонент организации хранилищ данных. Эта технология основана на построении многомерных наборов данных – OLAP-кубов (гиперкубов), оси которых содержат параметры, а ячейки – зависящие от них агрегатные данные.

Главной задачей OLAP-приложений является возможность с заданной функциональностью предоставлять пользователю результаты анализа за приемлемое время, осуществлять логический и статистический анализ, поддерживать многопользовательский доступ к данным, осуществлять многомерное концептуальное представление данных и иметь возможность обращаться к любой нужной информации.

Технологии Data Mining («разработка данных») служат для обнаружения закономерностей в данных, взаимосвязей между данными, в общем, для интеллектуального анализа больших массивов данных.

Целью технологии интеллектуального анализа данных является производство нового знания, которое пользователь может в дальнейшем применить в своей деятельности. Можно выделить, по крайней мере, шесть задач выявления и анализа знаний: кластеризация, классификация, регрессионный анализ, прогнозирование временных последовательностей, ассоциация, последовательность.

Многокритериальные методы и технологии Data Mining – это основные современные инструменты прикладного системного анализа.

## ***Тема 15. Система поддержки принятия решений NooTron***

Существует ряд СППР на базе многокритериальных методов, которые используют один метод или несколько близких методов (СППР «Император», СВИРЬ-Р, Expert Choice, Super Decisions, ELECTRA). Все СППР работают в интерактивном, диалоговом режиме. Они не заменяют исследователя, лицо, принимающее решение (ЛПР), а помогают им.

Система поддержки принятия решений NooTron разработана на кафедре «Информационные технологии и системы» Национальной металлургической академии Украины. Она содержит библиотеку программно реализованных количественных методов многокритериального анализа.


Система поддержки принятия решений NooTron выполнена в виде веб-приложения и находится в свободном доступе по адресу: <http://nootron.net.ua/>.

В библиотеке содержатся как известные, наиболее часто применяемые на практике количественные методы многокритериального анализа (МКА), так и оригинальные интегрированные методы, а также метод, базирующийся на теории искусственных нейронных сетей. В системе также содержится «Справка» с достаточно подробным описанием теоретических основ всех методов, содержащихся в библиотеке СППР NooTron (в том числе – рассмотренных выше МАИ, МВС и ММР), и примерами решения задач этими методами.

### *Начало работы с СППР NooTron*

Для начала решения многокритериальной задачи необходимо: зайти на сайт <http://nootron.net.ua/>; войти в систему как «Гость»; нажать на пункт меню «Решить задачу».

Прежде чем приступить к решению задачи необходимо на появившейся странице «Выбор метода» задать имя проекта (в поле «Введите имя проекта») и выбрать метод решения задачи, отметив соответствующий переключатель (рис. 2.10).

Выбрать подходящий Вашей задаче метод могут помочь подсказки, появляющиеся по нажатию на кнопку .

Если информации в подсказке оказалось недостаточно для выбора метода, то, нажав на ссылку «Подробнее», Вы сможете перейти на страницу «Справки» по этому методу.

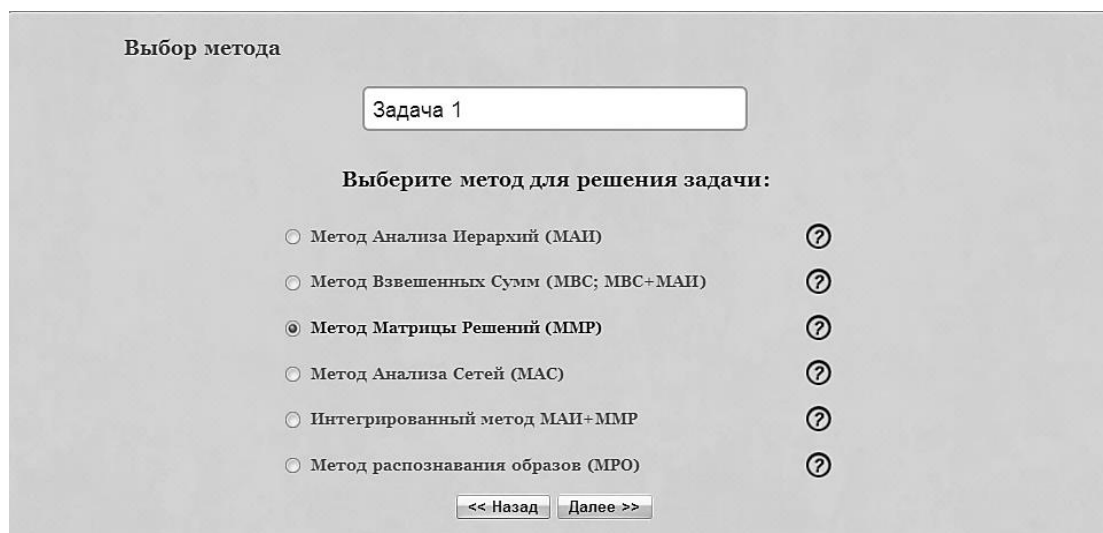


Рисунок 2.10 – Заполненная страница «Выбор метода»

Метод выбран, имя проекта задано – можно переходить на страницу метода, нажав кнопку «Далее».

Подробнее о решении многокритериальных задач в СППР NooTron по каждому из методов можно ознакомиться в справке системы: <http://nootron.net.ua/Help.htm>.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Тема работы:** Теоретические основы и методы системного анализа. Информационные технологии в системном анализе.

### 2.1. Задание

Задание состоит из теоретической части и решения задач. При решении задач рекомендуется пользоваться системой поддержки принятия решений NooTron (<http://nootron.net.ua>).

**1. Теоретическая часть.** Контрольные вопросы (см. п. 2.2) разбиты на 4 раздела. Из **каждого** раздела надо кратко, но содержательно ответить **на один или два** вопроса. Общее количество ответов – **не менее шести**. Рекомендуется пользоваться конспектом лекций по дисциплине.

Поскольку проблема рационального выбора – одна из центральных в системном анализе, студенту предоставляется возможность **самостоятельно** выбрать наиболее важные или интересные (по его мнению) вопросы. Желательно кратко обосновать свой выбор.

**2. Практическая часть (решение задач).** Необходимо решить **три** задачи методами количественного анализа решений (в СППР NooTron: <http://nootron.net.ua>) и **одну** – вербальным методом (см. п. 2.3).

Поскольку в системном анализе постановка проблемы является не менее важным этапом исследования, нежели её решение, студентам необходимо самостоятельно сформулировать задачу выбора лучшей альтернативы и решить её указанным в задании методом.

Примеры решения задач приведены в п. 2.3, а также подробно изложены в справке по адресу: <http://nootron.net.ua/Help.htm>.

### 3. Оформить отчет:

- 3.1. Титульный лист (стандартный).
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Задание.
- 3.4. Ответы на теоретические вопросы (название раздела, вопрос, ответ).
- 3.5. Описание решенных задач в СППР NooTron: screenshot каждой заполненной страницы и краткое описание хода работы.
- 3.6. Описание решенной задачи вербальным методом.
- 3.7. Выводы.
- 3.8. Литература.

## 2.2. Контрольные вопросы

### Раздел I. Основы системных наук

#### *Основы теории систем; структура системных наук*

- 1) Структура системных наук.
- 2) Определения понятия «система».
- 3) Примеры систем и «несистем» (кластеров).
- 4) Классификация систем по происхождению.
- 5) Дайте определение интегративного свойства (эмерджентности), системы, приведите примеры.
- 6) Понятие «структура», связь его с понятиями «система» и «проблема».
- 7) Системный подход, его значение и ценность в науке и практике.
- 8) Что изучает теория систем?
- 9) Что изучают системный анализ и прикладной системный анализ?
- 10) Что изучают системотехника и системный синтез?
- 11) Иерархия систем: надсистема, подсистема, элемент, связь.
- 12) Понятия «сложная система» и «большая система»; провести сравнение.
- 13) Понятия «элемент», «связь», различие между элементами и связями.
- 14) Два основных признака системы; дайте развернутое определение системы.
- 15) Классы систем (по элементам, отношениям) и разделение наук.
- 16) Краткая история системных наук.

#### *Системный подход, связи системных наук*

- 1) Системный подход, его методологическое и практическое значение.
- 2) Основные принципы системного подхода.
- 3) Основные задачи системотехники и системного синтеза.
- 4) Провести сравнение кибернетики и системной науки.
- 5) Провести сравнение синергетики и системного анализа.
- 6) Роль информатики, искусственного интеллекта в системном анализе.
- 7) Исследование операций и его задачи.
- 8) Связь между исследованием операций и системным анализом.
- 9) Почему формулирование проблемы в системном анализе считают наиболее ответственным шагом для ее решения?
- 10) Каково практическое значение системного анализа в сфере информационных технологий?

### *Системный анализ*

- 1) Структура системного анализа как анализа систем и анализа проблем.
- 2) Каковы последовательные шаги системного исследования на основе системного подхода?
- 3) Значение определения цели (целей) для решения проблемы.
- 4) Как в системном анализе связаны понятия «проблема» и «система»?
- 5) Экспертная задача и познавательная модель в СА, сценарий.
- 6) Конструктивная задача и прагматическая модель в СА, проект.
- 7) Роль экспертной и проектной задач в системном анализе и синтезе.
- 8) Роль познавательной и прагматической моделей в системном анализе и синтезе.
- 9) Дайте определение понятиям «анализ» и «синтез».
- 10) Опишите процессы декомпозиции, агрегирования; как они связаны с анализом и синтезом информационных систем?
- 11) Объясните термины: «эксперт», «консультант», «системный аналитик».
- 12) Объясните термины «организация», «лицо, принимающее решение», «консолидированная группа».

### *Математическое моделирование в системном анализе*

- 1) Понятия «модель» и «моделирование».
- 2) Основные виды моделей; примеры.
- 3) Математическое моделирование, основные виды моделей.
- 4) Оптимизационные модели, основные задачи и методы.
- 5) Основные требования к моделям, область применимости.
- 6) Адекватность и эффективность моделей.
- 7) Роль компьютеров, информационных технологий в СА.
- 8) Дайте определение понятию «граф»; графы как модели систем.
- 9) Методы и инструменты изучения систем.
- 10) Значение моделирования в системном анализе и проектировании сложных систем.

## **Раздел II. Методы анализа систем и проблем**

### *Системный анализ и принятие решений; количественный анализ решений*

- 1) Понятия «проблема», «выбор», «рациональное решение», «оптимальное решение».

- 2) Роль многокритериального анализа в системном анализе и принятии решений.
- 3) Основная проблема многокритериального сравнительного анализа.
- 4) Понятия «цель», «критерий», «показатель», «альтернатива», примеры.
- 5) Основные требования к методике многокритериального сравнительного анализа.
- 6) Достоинства многокритериальных методов.
- 7) Основные проблемы многокритериальных методов.
- 8) Количественный анализ решений: основные идеи, общая схема.
- 9) Основные группы методов количественного анализа решений.
- 10) Основные системные задачи, где применяются методы анализа решений.

#### *Метод анализа иерархий*

- 1) Метод анализа иерархий: сущность, условия, основные задачи.
- 2) Базовая иерархическая структура метода анализа иерархий.
- 3) Парные сравнения в МАИ и шкала Саати, построить матрицу парных сравнений и пояснить её свойства.
- 4) Каково количество матриц парных сравнений для 3-уровневой иерархии: 1 цель,  $m$  критериев и  $n$  альтернатив?
- 5) Главное собственное число и собственный вектор матрицы парных сравнений.
- 6) Локальные приоритеты и методы их вычисления.
- 7) Согласованность, индекс и отношение согласованности в МАИ.
- 8) Глобальные приоритеты и их вычисление, пример вычисления.
- 9) Анализ результатов в МАИ: что показывают локальные и глобальные приоритеты.
- 10) Основные системные задачи, где применяется метод анализа иерархий.

#### *Метод взвешенных сумм и метод матрицы решений*

- 1) Провести сравнение метода анализа иерархий и метода взвешенной суммы.
- 2) Методы простой и взвешенной суммы, скоринг и рейтинг.
- 3) Мультипликативный метод и его связь с методами сумм.
- 4) Метод матрицы решений, построить и объяснить матрицу решений.
- 5) Критерии максимального оптимизма и гарантированного результата; построить матрицу решений и вычислить.
- 6) Критерий Гурвица; построить матрицу решений и вычислить.
- 7) Критерии Лапласа и Байеса-Лапласа; построить матрицу решений и вычислить.
- 8) Критерий минимаксного сожаления (критерий Сэвиджа); построить матрицу решений и вычислить.



- 9) Критерий Ходжа-Леманна; построить матрицу решений и вычислить.
- 10) Сущность метода дерева решений.

### *Вербальный анализ решений*

- 1) Провести сравнение количественного и вербального анализа решений.
- 2) Основные идеи и особенности вербального анализа решений.
- 3) Построить и объяснить матрицу вербального анализа решений.
- 4) Провести (показать на примере) сравнительный анализ альтернатив вербальной компенсацией.
- 5) Графическое представление оценок в количественном и вербальном анализе решений.

### **Раздел III. Информация и экспертные знания в системном анализе**

- 1) Фундаментальность понятия «информация», основное отличие информации от материи и энергии.
- 2) Формула Шеннона для сообщения, единицы измерения информации.
- 3) Формула Шеннона для выбора, связь с системным анализом.
- 4) Формула Хартли, единицы измерения информации.
- 5) Какие вопросы изучает теория информации – «классическая» и семантическая.
- 6) Определение информации по Кастлеру и Чернавскому.
- 7) Понятия «ценная информация», «осмысленная информация», «тезаурус».
- 8) Мера ценности информации по Бонгарду-Харкевичу.
- 9) Мера ценности информации по Корогодину.
- 10) Вероятностные меры семантики высказываний.

### **Раздел IV. Прикладной системный анализ**

- 1) Классификация информационно-аналитических систем.
- 2) Классификация систем поддержки принятия решений.
- 3) Основные технологии прикладного системного анализа.
- 4) Схема работы оперативной системы поддержки принятия решений.
- 5) Схема работы стратегической системы поддержки принятия решений.
- 6) Хранилища данных и витрины данных. Провести сравнение баз данных и хранилищ данных.
- 7) Показать структуру системы поддержки принятия решений.
- 8) Представление результатов анализа в системах поддержки принятия решений.
- 9) Оперативный анализ данных (OLAP): основные технологии, задачи.

- 10) Многомерное представление данных: гиперкубы и проекции («срезы»).
- 11) Интеллектуальный анализ данных (Data Mining): основные задачи, методы, сферы практического применения.
- 12) Провести сравнение методов интеллектуального анализа данных с многокритериальным анализом.

## 2.3. Пояснения к решению задач

### 2.3.1. Решение многокритериальных задач методом анализа иерархий в СППР NooTron

#### *Задание*

Решить задачу многокритериального выбора лучшей альтернативы методом анализа иерархий. Количество критериев – 3-4, количество альтернатив – 2-3.

Проблему, критерии и альтернативы необходимо сформировать самостоятельно. Дать краткое словесное описание альтернатив.

При проведении парных сравнений использовать шкалу Саати (шкалу 1-9). Необходимо также учитывать ситуации «меньше – лучше» (например, в критерии «цена») и «больше – лучше» (например, в критерии «время работы батареи» или в критерии «зарплата»).

#### *Постановка задачи МАИ*

Рассмотрим задачу выбора лучшего дома, за основу взята задача из книги Саати Т.Л. «Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети».

Семья хочет купить дом. Члены семьи определили четыре важных для них критерия выбора лучшего дома.

Применяя МАИ, на первом шаге необходимо структурировать проблему в виде иерархии (рис. 2.11). На первом уровне (в фокусе) иерархии расположена главная цель – Выбрать лучший дом. На втором уровне находятся критерии, каждый из которых вносит определенный вклад в цель, и на третьем (самом нижнем) уровне – три дома-кандидата, которые оцениваются в терминах критериев, расположенных на втором уровне.

Для данной семьи важны следующие факторы (критерии):

1. Размер – размер дома: число и размер комнат, площадь подсобных помещений, общая площадь дома.
2. Транспорт – транспортное сообщение: удобство и близость метро и автобуса.

3. Состояние – общее состояние дома: необходимость ремонта, состояние стен, пола, проводки, обоев, чистота.

4. Стоимость – цена дома в тыс. грн.

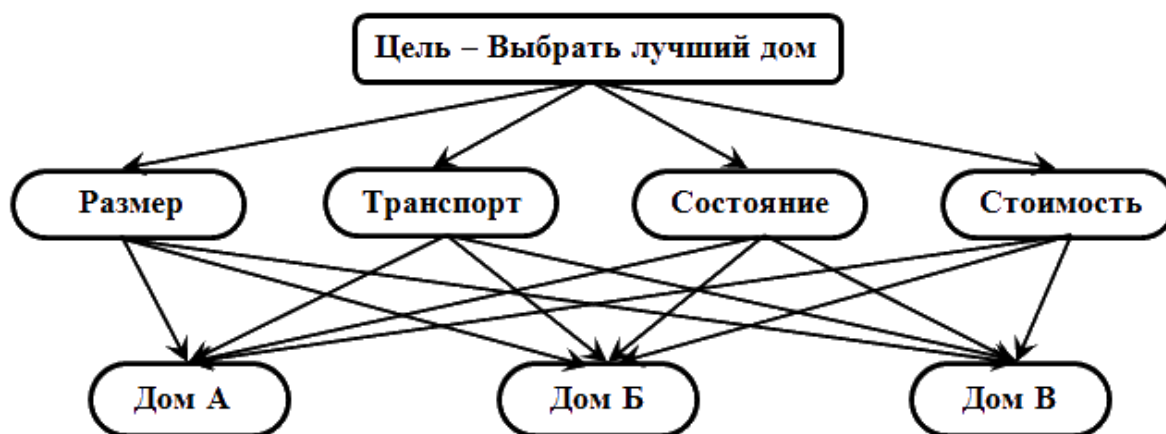


Рисунок 2.11 – Иерархия проблемы «Выбор дома»

Проблема заключается в выборе одного дома из трех имеющихся альтернатив:

1) Дом А. Этот дом самый большой из всех. Он расположен в хорошем районе с небольшим движением транспорта и низкими налогами. Общее состояние дома не очень хорошее, при переезде потребуются косметический ремонт. Кроме того, этот дом самый дорогой – 1000 тыс. грн.

2) Дом Б. Этот дом немного меньше, чем А, и расположен не очень близко к нужному автобусному маршруту. Общее состояние дома очень хорошее. Цена дома – 500 тыс. грн.

3) Дом В. Этот дом очень маленький и частично оснащен современной бытовой техникой. Район благоустроенный. Общее состояние хорошее, в доме красивые ковровые покрытия и обои. Цена дома – 700 тыс. грн.

Постановка задачи метода анализа иерархий в СППР NooTron осуществляется на странице «Ввод данных» (рис. 2.12), которая появляется после перехода со страницы выбора метода (рис. 2.10). Здесь необходимо задать входные данные (цель, критерии, альтернативы), иначе переход к странице решения задачи не будет доступен – кнопка «Далее» становится активной после заполнения всех полей.

Пример для МАИ. Ввод данных

Метод Анализа Иерархий

Для решения задачи необходимы следующие входные данные:

Цель:  
 Выбор лучшего дома

Количество альтернатив

3

Количество критериев

4

№	Альтернативы	№	Критерии
A1	Дом А	Кр1	Размер
A2	Дом Б	Кр2	Транспорт
A3	Дом В	Кр3	Состояние
		Кр4	Стоимость

<< Назад | Далее >>

Рисунок 2.12 – Заполненная страница «Ввод данных»

Решение задачи МАИ в СППР Nootron

На первой части страницы «Решение» – «ШАГ 1» (рис. 2.13) необходимо сравнить критерии попарно по отношению к цели, заполнив матрицу парных сравнений выше главной диагонали (поля таблицы, которые не помечены «-»).

Метод Анализа Иерархий

ШАГ 1.

Заполните матрицу парных сравнений Критериев относительно цели, используя:

Шкалу Саати {1/2; 1/3; ... ; 1/9; 1; 2; ...; 9;}

Шкалу отношений (Шк.Отн.)

Чем больше, тем лучше

Цель: Выбор лучшего дома

	Название	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	ЛПр.
Кр1	Размер	1	5	1/3	1/4	0.152
Кр2	Транспорт	1/5	1	1/5	1/7	0.051
Кр3	Состояние	3	5	1	1/2	0.302
Кр4	Стоимость	4	7	2	1	0.495

Dim	Lam	CI	CR
4.000	4.166	0.055	0.061

Вычислить

Рисунок 2.13 – Заполненная страница «Решение: ШАГ 1»

При сравнении пары критериев в данной задаче следует задавать такие вопросы: какой из двух сравниваемых критериев является более важным? насколько он важнее с точки зрения цели, отражающей меру удовлетворения домом?

В матрице парных сравнений (МПС) мы оцениваем предпочтительность критерия, указанного в строке, по сравнению с критерием, который приведен в столбце. При этом для измерения степени предпочтения используются суждения из фундаментальной шкалы Саати (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Шкала Саати

Степень предпочтения	Определение
1	Равная предпочтительность
2	Слабая степень предпочтения
3	Средняя степень предпочтения
4	Предпочтение выше среднего
5	Умеренно сильное предпочтение
6	Сильное предпочтение
7	Очень сильное (очевидное) предпочтение
8	Очень, очень сильное предпочтение
9	Абсолютное предпочтение

Если указанный в строке фактор не является доминирующим по предпочтению, используется обратное значение. Например, значение 5 в первой строке и втором столбце соответствует суждению о том, что размер дома является более важным критерием, чем транспортное сообщение. Обратная величина 1/5 автоматически записывается на пересечении второй строки и первого столбца.

После нажатия кнопки «Вычислить», если поля МПС были заполнены корректно, происходит вычисление локальных приоритетов критериев и заполнение таблицы индексов.

Первые три индекса используются для нахождения CR, который показывает, насколько согласованы суждения об объектах. Допустимым считается значение CR не превышающее 0.10-0.20. Иначе – рекомендуется пересмотреть оценки.

В данном случае критерий «Стоимость» имеет наибольший приоритет: 0.495.

На странице «Решение: ШАГ 2» выполняется следующий этап МАИ – сравнение альтернатив относительно каждого критерия. Здесь необходимо заполнить столько МПС, сколько критериев рассматривается в задаче.

2.1 По отношению к критерию "Размер", используя:

- Шкалу Саати {1/2; 1/3; ...; 1/9; 1; 2; ...; 9;}
  - Шкалу отношений (Шк.Отн.)
- Чем больше, тем лучше ▾

Название	A1	A2	A3	Шпр.
A1 Дом А	1	5	9	0.743
A2 Дом Б	1/5	1	4	0.194
A3 Дом В	1/9	1/4	1	0.063

а

2.3 По отношению к критерию "Состояние", используя:

- Шкалу Саати {1/2; 1/3; ...; 1/9; 1; 2; ...; 9;}
  - Шкалу отношений (Шк.Отн.)
- Чем больше, тем лучше ▾

Название	A1	A2	A3	Шпр.
A1 Дом А	1	1/2	1/2	0.200
A2 Дом Б	2	1	1	0.400
A3 Дом В	2	1	1	0.400

б

2.2 По отношению к критерию "Транспорт", используя:

- Шкалу Саати {1/2; 1/3; ...; 1/9; 1; 2; ...; 9;}
  - Шкалу отношений (Шк.Отн.)
- Чем больше, тем лучше ▾

Название	A1	A2	A3	Шпр.
A1 Дом А	1	4	1/5	0.194
A2 Дом Б	1/4	1	1/9	0.063
A3 Дом В	5	9	1	0.743

в

2.4 По отношению к критерию "Стоимость", используя:

- Шкалу Саати {1/2; 1/3; ...; 1/9; 1; 2; ...; 9;}
  - Шкалу отношений (Шк.Отн.)
- Чем меньше, тем лучше ▾

Название	A1	A2	A3	Шпр.
A1 Дом А	1	500/10	700/10	0.225
A2 Дом Б	1000/5	1	700/50	0.452
A3 Дом В	1000/7	500/70	1	0.323
Шк.Отн. Стоимость	1000	500	700	

г

Рисунок 2.14 – Заполненные МПС со страницы «Решение: ШАГ 2»

Для заполнения МПС можно использовать как шкалу Саати, если альтернативы сравниваются относительно качественной характеристики (например: удобство, состояние), так и шкалу отношений, если альтернативы сравниваются относительно количественной характеристики (например: длина, цена).

На рис. 2.14 приведены матрицы парных сравнений домов, являющихся альтернативами данной задачи. Т.к. критерий «Стоимость» – количественная характеристика, локальные приоритеты альтернатив вычислялись по шкале отношений (рис. 2.14, г) при условии «чем меньше, тем лучше».

Следующим шагом является синтез глобальных приоритетов, который выполняется после нажатия кнопки «Далее» на последней части страницы «Решение» и перехода к странице «Результат».

### Результат решения задачи МАИ в СППР Nootron

Результат решения задачи методом анализа иерархий представлен на данной странице в виде двух таблиц и диаграммы глобальных приоритетов альтернатив.

Альтернатива с наибольшим значением глобального приоритета является лучшей для данной цели.

**Пример для МАИ. Результат**

**Метод Анализа Иерархий**

*Цель: Выбор лучшего дома*

**1. Матрица приоритетов Критериев относительно цели и Альтернатив относительно каждого из критериев:**

	Пр.Кр.	Дом А	Дом Б	Дом В
Размер	0.152	0.743	0.194	0.063
Транспорт	0.051	0.200	0.400	0.400
Состояние	0.302	0.194	0.063	0.743
Стоимость	0.495	0.225	0.452	0.323

**2. Глобальные приоритеты Альтернатив:**

№	Альтернативы	Гл. Пр.
I	Дом В	0.414
II	Дом Б	0.293
III	Дом А	0.293

**3. Диаграмма глобальных приоритетов альтернатив:**

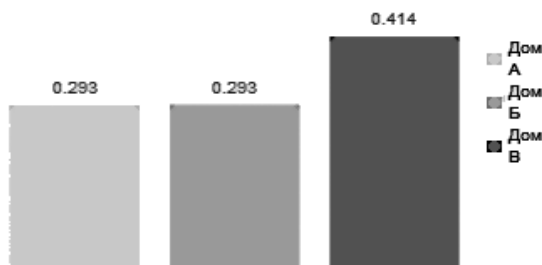


Рисунок 2.15 – Страница «Результат» МАИ

Выводы. В рассмотренной задаче лучшей альтернативой оказался «Дом В», который получил высокие оценки по критериям «Состояние» и «Транспорт», а также имеет средний показатель по критерию «Стоимость». Также отметим, что «Дом В» занял последнее место по критерию «Размер», но этот показатель слабо повлиял на глобальную оценку, т.к. имеет низкий приоритет.

### 2.3.2. Решение многокритериальных задач методом взвешенных сумм в СППР NooTron

#### Задание

Составить рейтинг 2-х или 3-х объектов методом взвешенных сумм.

Рейтинг надо составить для однородных объектов. Например: потенциальных мест работы, учебных заведений (с точки зрения абитуриента), мест отдыха. Дерево критериев должно иметь не менее 3-х уровней. Шкала оценок объектов (альтернатив) – 10-ти, 12-ти или 100-балльная.

#### Постановка задачи МВС в СППР NooTron

Рассмотрим задачу составления рейтинга студентов. При постановке задачи составления рейтинга в методе взвешенных сумм необходимо построить многоуровневую иерархическую структуру критериев (рис. 2.16).



Рисунок 2.16 – Многоуровневая структура критериев задачи

В СППР NooTron можно задать 2 или 3 уровня критериев. На первом уровне можно задать от 2 до 5 критериев; на втором по каждой ветви критериев первого уровня можно задать от 2 до 5 критериев, либо 0; на третьем по каждой ветви критериев второго уровня можно задать от 2 до 5 критериев, либо 0.



Вид заполненных страниц ввода данных для рассматриваемой задачи показан на рисунках 2.17-2.19.

**Метод Взвешенных Сумм**

Для решения задачи необходимы следующие входные данные:

Цель:  
Составление рейтинга студентов

**Количество уровней критериев:**

3

**Уровень 1**

**Количество критериев:**

3

№	Критерии
Кр1	<input type="text" value="Знания"/>
Кр2	<input type="text" value="Личные качества"/>
Кр3	<input type="text" value="Внешний вид"/>

Рисунок 2.17 – Заполненная страница «Ввод данных: Уровень 1»

**Метод Взвешенных Сумм**

**Уровень 2**

**Количество критериев:**

**Ветвь по Кр1**

"Знания"

3

**Ветвь по Кр2**

"Личные качества"

3

**Ветвь по Кр3**

"Внешний вид"

0

№	Критерии	№	Критерии
Кр1.1	<input type="text" value="Спец. науки"/>	Кр2.1	<input type="text" value="Ответственность"/>
Кр1.2	<input type="text" value="Общие науки"/>	Кр2.2	<input type="text" value="Пунктуальность"/>
Кр1.3	<input type="text" value="Гуманит. науки"/>	Кр2.3	<input type="text" value="Общительность"/>

Рисунок 2.18 – Заполненная страница «Ввод данных: Уровень 2»

**Метод Взвешенных Сумм**

**Уровень 3**

**Количество критериев:**

**Ветвь по Кр1**

"Знания"

**Ветвь по Кр1.1**

"Спец. науки"

2 ▾

**Ветвь по Кр1.2**

"Общие науки"

2 ▾

**Ветвь по Кр1.3**

"Гуманит. науки"

2 ▾

№	Критерии	№	Критерии	№	Критерии
Кр1.1.1	Теоретические	Кр1.2.1	Математические	Кр1.3.1	Иностр. языки
Кр1.1.2	Программирование	Кр1.2.2	Физические	Кр1.3.2	Остальные

**Ветвь по Кр2**

"Личные качества"

**Ветвь по Кр2.1**

"Ответственность"

0 ▾

**Ветвь по Кр2.2**

"Пунктуальность"

0 ▾

**Ветвь по Кр2.3**

"Общительность"

0 ▾

**Ветвь по Кр3**

"Внешний вид"

Рисунок 2.19 – Заполненная страница «Ввод данных: Уровень 3»

После задания всех критериев происходит переход к странице «Ввод данных: Выбор способа задания весов критериев». Здесь необходимо выбрать соответствующий переключатель, в данном случае – «Вручную».

**Метод Взвешенных Сумм**

**Выберите способ задания Весов Критериев:**

Вручную

С помощью Метода Анализа Иерархий

С помощью Метода Ранжированных Весов Критериев

Рисунок 2.19 – Страница «Ввод данных: Выбор способа задания весов критериев»

После нажатия кнопки «Далее» происходит переход к странице «Решение».

*Решение задачи МВС в СППР Nootron*

На странице «Решение: Шаг 1» (рис. 2.20) необходимо задать веса критериев всех уровней, при этом сумма весов критериев в каждой группе должна равняться 1.


**Метод Взвешенных Сумм**

**ШАГ 1.**

Задайте значения Весов критериев (от 0 до 1):

**Уровень 1**


№	Критерии	Вес
Кр.1	Знания	<input type="text" value="0.4"/>
Кр.2	Личные качества	<input type="text" value="0.4"/>
Кр.3	Внешний вид	<input type="text" value="0.2"/>



**Уровень 2**


**Ветвь по Кр1**  
"Знания"

№	Критерии	Вес
Кр1.1	Спец. науки	<input type="text" value="0.5"/>
Кр1.2	Общие науки	<input type="text" value="0.3"/>
Кр1.3	Гуманит. науки	<input type="text" value="0.2"/>



**Ветвь по Кр2**  
"Личные качества"

№	Критерии	Вес
Кр2.1	Ответственность	<input type="text" value="0.4"/>
Кр2.2	Пунктуальность	<input type="text" value="0.4"/>
Кр2.3	Общительность	<input type="text" value="0.2"/>




**Ветвь по Кр3**  
"Внешний вид"

**Уровень 3**


**Ветвь по Кр1.1**  
"Спец. науки"

№	Критерии	Вес
Кр1.1.1	Теоретические	<input type="text" value="0.4"/>
Кр1.1.2	Программирование	<input type="text" value="0.6"/>




**Ветвь по Кр1.2**  
"Общие науки"

№	Критерии	Вес
Кр1.2.1	Математические	<input type="text" value="0.500"/>
Кр1.2.2	Физические	<input type="text" value="0.500"/>



**Ветвь по Кр1.3**  
"Гуманит. науки"

№	Критерии	Вес
Кр1.3.1	Иностр. языки	<input type="text" value="0.7"/>
Кр1.3.2	Остальные	<input type="text" value="0.3"/>




**Ветвь по Кр2.1**  
"Ответственность"

**Ветвь по Кр2.2**  
"Пунктуальность"

**Ветвь по Кр2.3**  
"Общительность"

**Ветвь по Кр3**  
"Внешний вид"

Рисунок 2.20 – Заполненная страница «Решение: Шаг 1»

При нажатии на кнопку  «Установить равные веса» происходит заполнение полей таблицы весов критериев равными значениями.

На странице «Решение: Шаг 2» (рис. 2.21) необходимо задать альтернативы и их оценки, нормированные к выбранной шкале.

Метод Взвешенных Сумм

Шаг 2

Задайте альтернативы и оцените их по Критериям:

№	Критерии	№	Критерии
Кр1	Теоретические	Кр6	Остальные
Кр2	Программирование	Кр7	Ответственность
Кр3	Математические	Кр8	Пунктуальность
Кр4	Физические	Кр9	Общительность
Кр5	Иностр. языки	Кр10	Внешний вид

Выберите шкалу

0 - 10   
  0 - 12   
  0 - 100

№	Альтернативы	Кр1	Кр2	Кр3	Кр4	Кр5	Кр6	Кр7	Кр8	Кр9	Кр10	
A1	Студент1	11	10	8	6	11	8	10	7	5	8	✖
A2	Студент2	9	11	8	8	5	7	7	7	11	5	✖
A3	Студент3	7	8	9	11	5	6	7	8	9	12	✖
A4	Студент4	10	10	9	9	8	9	7	8	11	10	✖
A5	Студент5	7	10	10	12	10	9	7	7	9	9	✖

+ Добавить альтернативу

Рисунок 2.21 – Заполненная страница «Решение: Шаг 2»

Количество альтернатив можно регулировать с помощью кнопок:

**+** – «Добавить альтернативу»; **✖** – «Удалить альтернативу».

Следующим шагом является расчет рейтинга альтернатив, который происходит после нажатия кнопки «Далее» и перехода к странице «Результат».

*Результат решения задачи МВС в СППР Nootron*

Результат решения задачи методом взвешенных сумм представлен на данной странице (рис. 2.22) в виде таблицы глобальных оценок альтернатив, упорядоченных в порядке убывания. Лучшим студентом в данной задаче оказался Студент 4.

Метод Взвешенных Сумм

Альтернативы, упорядоченные в порядке убывания Глобальных оценок:

№	Альтернативы	Гл.Оценки
1	Студент4	9.024
2	Студент3	8.664
3	Студент5	8.616
4	Студент1	8.448
5	Студент2	7.568

Рисунок 2.22 – Страница «Результат» МВС

### 2.3.3. Решение многокритериальных задач методом матрицы решений в СИПР Nootron

#### Задание

Самостоятельно заполнить матрицу решений (3-4 альтернативы, 5 вариантов внешних условий) и выбрать альтернативы, лучшие по таким критериям (правилам):

- критерий максимина (он же – критерий максимального пессимизма, наибольшей осторожности, гарантированного результата, критерий Вальда);
- критерий Гурвица при двух значениях параметра  $\alpha = 0.25$  и  $\alpha = 0.75$ ;
- критерий Байеса - Лапласа.

Сделать общий вывод: какая альтернатива является лучшей по совокупности рассмотренных критериев.

#### Постановка задачи ММР в СИПР Nootron

Рассмотрим задачу о закупке сырья на предприятие с учетом вариантов внешних условий.

Постановка задачи метода матрицы решений осуществляется на странице «Ввод данных» (рис. 2.23), которая появляется после перехода со страницы выбора метода (рис. 2.10). Здесь необходимо задать входные данные: цель, альтернативы, варианты внешних условий. Отметим, что варианты внешних условий – это набор возможных условий, например, проект будет сдан: в срок, с опозданием, с опережением сроков.

**Метод Матрицы Решений**

Для решения задачи необходимы следующие входные данные:

Цель:  
Определить оптимальную величину закупаемого сырья

<b>Количество альтернатив</b>	<b>Варианты внешних условий</b>
3	3

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="width: 30px;">№</th><th>Альтернативы</th></tr></thead><tbody><tr><td>A1</td><td>На 1 оборотный цикл</td></tr><tr><td>A2</td><td>На 2 оборотных цикла</td></tr><tr><td>A3</td><td>На 4 оборотных цикла</td></tr></tbody></table>	№	Альтернативы	A1	На 1 оборотный цикл	A2	На 2 оборотных цикла	A3	На 4 оборотных цикла	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="width: 30px;">№</th><th>Варианты внешних условий</th></tr></thead><tbody><tr><td>B1</td><td>Цена на сырьё упадёт</td></tr><tr><td>B2</td><td>Цена на сырьё не изменится</td></tr><tr><td>B3</td><td>Цена на сырьё вырастет</td></tr></tbody></table>	№	Варианты внешних условий	B1	Цена на сырьё упадёт	B2	Цена на сырьё не изменится	B3	Цена на сырьё вырастет
№	Альтернативы																
A1	На 1 оборотный цикл																
A2	На 2 оборотных цикла																
A3	На 4 оборотных цикла																
№	Варианты внешних условий																
B1	Цена на сырьё упадёт																
B2	Цена на сырьё не изменится																
B3	Цена на сырьё вырастет																

Известны ли вероятности наступления вариантов внешних условий?

Да                       Нет

Рисунок 2.23 – Заполненная страница «Ввод данных»

*Решение задачи ММР в СИПР Nootron*

На странице «Решение: Шаг 1» (рис. 2.24) необходимо заполнить матрицу полезностей и в последней строке данной таблицы задать вероятности наступления вариантов внешних условий (сумма заданных вероятностей должна быть равной 1).

**Метод Матрицы Решений**

**ШАГ 1.**

**Заполните матрицу полезностей**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>
<b>A1</b>	115	90	65
<b>A2</b>	50	91	145
<b>A3</b>	20	92	175
<b>P</b>	0.1	0.3	0.6

Рисунок 2.24 – Заполненная страница «Решение: Шаг 1»

Матрица полезностей – составляет каждой паре «альтернатива-вариант внешних условий» некоторое числовое значение – «полезность». Методики заполнения этой матрицы находится за пределами метода, они должны отражать предметную область. Например, размер ожидаемой прибыли при выбранной альтернативе и выбранном варианте внешних условий.

На странице «Решение: Шаг 2» необходимо выбрать хотя бы одно правило ММР, подробно ознакомиться с каждым из правил можно в разделе справки «Метод матрицы решений: Решающие правила (критерии) ММР»: <http://nootron.net.ua/Help.htm?p=chapter3.3.html#dRules>.

Так как в нашей задаче были заданы вероятности наступления вариантов внешних условий, то выбираем правила ММР, учитывающие вероятности.

**Метод Матрицы Решений**

**ШАГ 2.**

**Выберите правила ММР:**

<p><b>Не учитывающие вероятности</b></p> <p><input type="checkbox"/> Минимаксное (MM)</p> <p><input type="checkbox"/> Сэвиджа (S)</p> <p><input type="checkbox"/> Гурвица (HW)</p> <p><input type="checkbox"/> Произведений (P)</p>
<p><b>Учитывающие вероятности</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Байеса-Лапласа (BL)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ходжа-Лемана (HL)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Гермейера (G)</p>

Рисунок 2.25 – Заполненная страница «Решение: Шаг 2»

Так как было выбрано решающее правило, требующее задания дополнительного параметра, то происходит переход к странице «Решение: Шаг 3».

### Метод Матрицы Решений

#### ШАГ 3.

Задайте значения параметров:

1. Для правила Ходжа-Лемана (HL)

$v =$

Этот параметр выражает степень доверия к используемой статистике.

Может принимать значения от 0 до 1.

Рисунок 2.26 – Заполненная страница «Решение: Шаг 3»

После нажатия кнопки «Далее» происходит переход на страницу «Результат».

### Результат решения задачи ММР в СППР Nootron

Результат решения задачи методом матрицы решений представлен на данной странице (рис. 2.27) в виде двух таблиц: таблицы, где указаны обобщённые полезности альтернатив и таблицы, где указаны лучшие альтернативы по каждому из выбранных правил ММР.

### Метод Матрицы Решений

*Цель: Определить оптимальную величину закупаемого сырья*

1. Матрица обобщенных полезностей по каждому правилу ММР:

Альтернативы	BL	HL	G
На 1 оборотный цикл	77.500	71.250	-72.000
На 2 оборотных цикла	119.300	84.650	-28.200
На 4 оборотных цикла	134.600	77.300	-27.900

2. Лучшие альтернативы по каждому правилу ММР:

Критерий	Лучшая альтернатива	Полезность
Байеса-Лапласа (BL)	На 4 оборотных цикла	134.600
Ходжа-Лемана (HL)	На 2 оборотных цикла	84.650
Гермейера (G)	На 4 оборотных цикла	-27.900

Рисунок 2.27 – Страница «Результат»

Выводы. По двум из трёх выбранных правил лучшей альтернативой оказалась «Закупка сырья на 4 оборотных цикла».

Необходимо отметить, что для правила Ходжа – Лемана мы задали параметр  $v = 0,5$ , т.е. степень доверия к используемому распределению вероятностей – средняя. Если это доверие велико, то акцентируется BL-правило, в противном случае предпочтение отдается максиминному правилу, полностью исключая риск.

**2.3.4. Решение многокритериальных задач методом вербального анализа решений***Задание*

Решить задачу многокритериального выбора лучшей альтернативы методом вербального анализа.

Количество критериев – 3 или 4. Количество альтернатив – 2 или 3. Количество уровней каждой вербальной шкалы – 3. Проблема выбора в этой задаче может быть аналогичной задаче 1 (п. 2.3.1).

*Постановка задачи ВАР*

Пусть имеется проблема выбора наилучшего проекта на конкурсе проектов решения крупной социально-технической задачи (например, предотвращение наводнений в крупном городе, постройка завода по переработке отходов и т.д.). Предположим, что конкурсная комиссия для оценки проектов подготовила список критериев и их порядковые шкалы с вербальными оценками, приведенные в табл. 2.3. Приведенные описания представляют собой язык, принятый ЛПР и экспертами.

Таблица 2.3 – Вербальные шкалы критериев

Критерии		Вербальные шкалы
А	Эффективность проекта.	1. Полностью удовлетворяет требованиям. 2. Удовлетворяет основным требованиям. 3. Не удовлетворяет основным требованиям.
Б	Воздействие на окружающую среду.	1. Нет заметного отрицательного воздействия. 2. Сравнительно небольшое и допустимое воздействие. 3. Заметное отрицательное воздействие.
В	Стоимость реализации проекта.	1. Не превышает реальные возможности финансирования. 2. Незначительно превышает возможные расходы. 3. Проект заметно дороже, чем первоначально ожидалось.
Г	Шансы реализации в срок.	1. Хорошие. 2. Средние. 3. Небольшие.

Пусть на конкурс поступило три проекта. В табл. 2.4 представлены оценки проектов. Поясним таблицу. Запись А1 в клетке на пересечении строки матрицы «Критерий А» (эффективность проекта) и столбца П1 (проект №1) – это значит, что проект №1 по критерию эффективности полностью удовлетворяет требованиям. И так по всем клеткам матрицы.



Таблица 2.4 – Оценки проектов при подходе ВАР

Критерии	Проекты		
	П1	П2	П3
А	А1	А2	А1
Б	Б2	Б2	Б1
В	В3	В2	В2
Г	Г2	Г1	Г3

*Решение задачи ВАР*

При подходе ВАР информация ЛПР выявляется поэтапно и проекты сопоставляются попарно. При обсуждении проблемы уточняется, что небольшое воздействие на окружающую среду допустимо. При сопоставлении *П1* и *П2*, задача сводится к сравнению пониженной эффективности проекта с существенно большей стоимостью. Пусть ЛПР выбирает *П2*.

Критерии	П1	П2	П3
А	+ А1	А2	А1 *
Б	Б2	+ Б2	Б1 *
В	В3	+ В2	В2
Г	Г2	+ Г1 *	Г3

ШАГ 1	+
ШАГ 2	+

Рисунок 2.5 – Схема сравнительного анализа по ВАР

При сопоставлении проектов *П2* и *П3* сравнивается пониженная эффективность с значительной задержкой реализации проекта. Предположим, что, будучи осторожным, ЛПР (конкурсная комиссия) выбирает *П2*.

В вербальном анализе мы использовали парные сравнения как в МАИ, но обошлись вообще без математических расчетов, даже таких простых, как в методе взвешенной суммы. Разработано немало методов вербального анализа решений.

Методы количественного анализа решений широко известны и применяются при решении самых разных задач. В то же время результаты психологических исследований убедительно демонстрируют возможности и ограничения системы переработки информации человеком. Поэтому заслуживают внимания и методы вербального анализа решений. Многочисленные практические применения показали, что нет универсальных методов и метод должен соответствовать особенностям решаемой задачи.

## **ВЫВОДЫ**

Подготовлены методические указания для студентов 122 – “Компьютерные науки” заочной формы обучения.

Приведено содержание дисциплины «Системный анализ».

Рассмотрены основные вопросы дисциплины: основы теории систем, структура системных наук; системный подход, системный анализ; математическое моделирование в системном анализе; системный анализ и принятие решений; количественный анализ решений; метод анализа иерархий; метод взвешенных сумм и его аналоги; методы матрицы решений и дерева решений; основы семантической теории информации; вербальный анализ решений; информационно-аналитические системы и системы поддержки решений; информационные технологии в системном анализе (OLTP, OLAP, Data Mining).

Материал предназначен для самостоятельной работы студентов заочной формы обучения и может быть использован для выполнения контрольной работы по дисциплине «Системный анализ»

## РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Системный анализ*

1. Катренко А.В. Системний аналіз. – Львів: Новий світ, 2007. – 396 с.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – К.: Наук. думка, 2005. – 744 с.
3. Сорока К.О. Основы теорії систем і системного аналізу: Навчальний посібник. – Х.: Тимченко, 2005. – 288 с.
4. Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций: Учебное пособие / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 4-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 216 с.
5. Чернавский Д.С. Синергетика и информация – М.: УРСС, 2005. – 300 с.
6. Микони С.В., Ходаковский В.А. Основы системного анализа: Учеб. пособие. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – 143 с.

### *Методы многокритериального анализа. Системы поддержки принятия решений*

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
2. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
3. Катренко А.В., Пасічник В.В., Пасько В.П. Теорія прийняття рішень. – К.: видавнича група ВНУ, 2009. – 448 с.
4. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: Учебное пособие. – СПб.: Издательство "Лань", 2009. – 272 с: ил.
5. Бідюк П.І. Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень: [навчальний посібник] / П.І. Бідюк, О.П. Гожій, Л.О. Коренюк. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – 380 с.
6. Система поддержки принятия решений NooTron [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nootron.net.ua>

### *Моделирование*

1. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 368 с.
2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
3. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование систем с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
4. AnyLogic. Многоподходное имитационное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru>