СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов 3-го курса, обучающихся по
образовательным программам
направления 27.03.05 «Инноватика»

Воронеж 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра инноватики и строительной физики

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов 3-го курса, обучающихся по образовательным программам
направления 27.03.05 «Инноватика»

Воронеж 2021

УДК 519.85(07)
ББК 22.18.я73

Составители:
П. А. Головинский, А. О. Шаталова

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов 3-го курса, обучающихся по образовательным программам направления 27.03.05 «Инноватика» /ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: П.А. Головинский, А.О. Шаталова. - Воронеж, 2021. – 24 с.

Содержат комплекс требований к структуре, содержанию, порядку разработки и оформлению курсовых работ студентов бакалавров в соответствии с перечнем общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, осваиваемых в процессе обучения. Представлены примерные темы курсовых работ, задания для самостоятельного решения.

Предназначены для студентов, обучающихся по образовательной программе направления 27.03.05 «Инноватика» всех форм обучения.

Ил. 1. Табл. 8. Библиогр.: 6 назв.

УДК 519.85(07)
ББК 22.18.я73

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

***Рецензент** – С. А. Баркалов, д.т.н., профессор кафедры управления строительством Воронежского государственного технического университета*

Введение

Целью курсовой работы по дисциплине «Системный анализ и принятие решений» является закрепление теоретических навыков и их практическое применение к анализу инновационного проекта. Задание на выполнение курсовой работы выдается преподавателем, ведущим данную дисциплину. Примерный перечень тем приведен в разделе 1.

Основной текст курсовой рабаты состоит из двух частей. В первой части проводится общий системный анализ инновационного проекта и определяются возможные сценарии его реализации. Соответствующий теоретический материал содержится в лекциях и учебном пособии [1]. Дополнительный материал можно найти в [2]. Краткие теоретические пояснения к выполнению первой части работы содержатся в разделах 2 и 3. Во второй части работы методом анализа иерархий Т. Саати производится экспертная оценка сценариев и выбирается наилучший. Необходимый для выполнения этой части теоретический материал излагается в лекциях и исчерпывающе описан в [3, 4].

Отчет по курсовой работе должен содержать титульный лист, основной текст, состоящий из двух глав (теоретической и практической) объемом не менее 15 стр., выводы и список литературы не менее чем из 5 оригинальных наименований по теме работы. Отчет набирается в редакторе Microsoft Word шрифтом Times New Roman размером 14 pt, 1,5 межстрочным интервалом, отступом красной строки 1,25 см, верхнее и нижнее поля – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см.

Основной текст выравнивается по ширине, нумерация страниц внизу по центру. Нумерация страниц начинается с введения. Названия разделов, глав, пунктов и подпунктов выделяются полиграфическими средствами и выравниваются по центру, Точка в конце заголовка не ставится и переносы слов в нем не допускаются.

Курсовая работа предоставляется в печатном виде для проверки и электронном виде для дальнейшего хранения.

1. Примерные темы курсовых работ по дисциплине «Системный анализ и принятие решений»

1. Мембраны в строительстве;
2. Многослойные пассивные солнечные панели;
3. Переработка мусора;
4. Интеллектуальные системы безопасности;
5. Системы очистки воды;
6. Системы контроля труб;
7. Системы контроля магистральных трубопроводов;
8. Беспилотная доставка товаров;
9. Получение биогаза в городской среде;
10. On-line изготовление одежды;
11. Инновационные материалы в строительстве;
12. Инновационные материалы в авиационной технике;
13. Дистанционный контроль состояния здоровья человека;
14. Дистанционный мониторинг животных;
15. Интеллектуальные системы экстренного торможения;
16. Интеллектуальные системы пожарной безопасности;
17. Системы хранения продуктов;
18. Защита металла от коррозии;
19. «Умные» покрытия;
20. Экологически чистый транспорт;
21. Инновационное применение графена;
22. «Зеленая» энергетика;
23. Природоподобные технологии;
24. Инновационные системы идентификации;
25. Блокчейн сделки.

2. Основные теоретические представления

Система – это совокупность связанных между собой и согласованно действующих для достижения определенной цели элементов. Совокупная деятельность элементов системы качественно отлична от результатов для отдельных элементов, т.е. проявляется **эмерджентность**. Обязательными составляющими системы являются **внутренние и внешние элементы**, взаимосвязи и назначение (цель). Цель системы может отличаться от декларируемой и определяется по ее поведению. Системный анализ позволяет выявить и проанализировать основные сценарии развития социально-экономических систем и является эффективным инструментом принятия решений.

Примерами систем могут служить: футбольная команда, школа, завод, правительство, живое существо. Взаимосвязи между элементами футбольной команды формально прописаны контрактом, но содержат также значительное число неформальных элементов, которые могут оказывать существенное воздействие на поведение команды. Целью футбольной команды является максимальное количество побед над соперниками.

Системы демонстрируют динамическое поведение, стремление к цели, адаптацию к внешним условиям, самосохранение и эволюционные изменения.

Внутренние элементы системы представляют собой структурно обособленные части, выполняющие существенные функции в рамках системы, взаимосвязанные и влияющие друг на друга. Их не должно быть много, поскольку выделение слишком большого количества элементов скрывает существо функционирования системы. В практически важных случаях, обычно, выделяют 5-10 укрупненных элементов-блоков. Их количество зависит от конкретной системы и решаемой задачи. В случае трудностей с определением элементов сначала проводят кластерный анализ по совокупности признаков, характеризующих выделяемые блоки в рамках системы. В футбольной команде внутренними элементами являются игроки, тренер, врачи, менеджер. Очень важно не перепутать структуру системы с ее административным устройством, где важно, кто и кому починяется. Элементы системы выполняют определенные обособленные функции, и только в некоторых случаях они носят персональный характер. Обычно это укрупненные блоки – отделы, цеха, группы, подразделения.

Внешние элементы системы характеризуют структуру объектов окружающей среды, с которыми взаимодействуют внутренние элементы системы. Главное их отличие от внутренних элементов состоит в том, что их свойства не могут быть изменены в процессе управления самой системой, т.е. они задаются извне, и их изменения происходят независимо от динамики системы, но могут влиять на нее самым существенным образом. В футбольной команде внешними элементами являются клуб, зрители, судьи, стадионы, организаторы соревнований, спонсоры, транспортные организации, службы допинг-контроля.

Взаимосвязи между элементами системы осуществляются тремя возможными способами: через вещественные потоки, передачу информации и финансов. Деньги выступают специфическим видом информации, которая может быть непосредственно обменена на материальные ценности или другие виды информации. Связи между элементами обычно являются двусторонними или замыкаются через другие элементы системы.

Системы влияют сами на себя за счет **механизма обратной связи** (петли обратной связи). Отрицательная обратная связь обеспечивает балансировку, устойчивость или деградацию системы за счет затухания в ней внутренних процессов. Она выступает в виде **тормозящих циклов**, когда многократно повторяющаяся последовательность действий (продаж, производственных

циклов и т.п.) приводит к снижению того или иного ключевого параметра. **Положительная обратная связь**, усиливающая имеющиеся в системе тенденции, приводит к росту параметров системы, но может ее разрушить. Она проявляется в виде **усиливающих циклов**.

На рис. 1 в качестве примера показаны два элемента футбольной команды с прямыми и обратными связями между ними. Между тренером и футболистами идет обмен информацией. Тренер наблюдает за игрой команды, поведением и действиями отдельных футболистов. Он дает команде распоряжения и указания об изменении тренировок и игры. Материальные ценности и деньги обычно между тренером и членами команды не перемещаются.

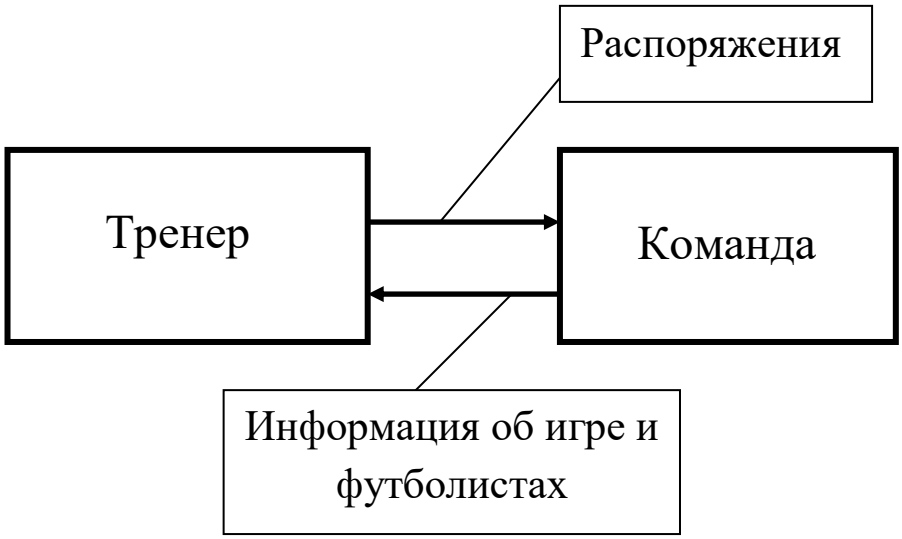

Рис. 1. Элементы футбольной команды: тренер и команда

Следует отличать тормозящие и усиливающие циклы от тормозящих и усиливающих **факторов**, действующих постоянно. Например, плохое качество воды с большим количеством солей отрицательно сказывается на здоровье людей, но это постоянно действующий фактор, который не испытывает циклического усиления или ослабления. Тормозящие и усиливающие циклы важнее постоянных факторов, поскольку они приводят к качественным изменениям в состоянии и поведении системы.

Запасы позволяют в течение определенного времени поддерживать входные и выходные потоки независимыми, обеспечивая стабильность. Люди тщательно следят за запасами (денег, воды, корма для скота, топлива). Судьба системы на длительном временном интервале критически зависит от ресурсов. Поэтому необходимо четко разделять необходимые для функционирования **ресурсы** на **ограниченные (исчерпаемые) и неограниченные (возобновляемые)**. Добыча золота может быть очень прибыльной, но закончится при исчерпании месторождения. Производство пива основано на возобновляемом производстве зерна и может продолжаться столетиями.

Из-за инерции систем текущий запас ресурсов приходится поддерживать несколько выше номинально необходимого. Аналогично этому лицо,

принимающее решение на основе обратной связи, не может изменить текущее поведение системы, вызвавшей эту обратную связь; все принимаемые решения повлияют только на ее поведение в будущем. Ни один поток не может повлиять на другой поток мгновенно. Поэтому важнейшей характеристикой системы являются **времена запаздывания** и особенно наибольшее из них.

Принятие крупных стратегических решений определяет **сценарии развития** системы. Их сравнение и анализ ключевых факторов сценариев позволяет выбрать наилучшее решение.

3. Системный анализ инновационного проекта

Для рассмотрения инновационного проекта как системы, нужно последовательно проделать следующие шаги:

1. Сформулировать суть инновационного проекта и определить его цель;
2. Идентифицировать составные части проекта;
3. Выявить влияние внутренних элементов проекта друг на друга и описать информационно-вещественные потоки между ними;
4. Определить важные для системы внешние элементы;
5. Установить взаимосвязи и потоки между внутренними и внешними элементами;
6. Определить ограниченные и неограниченные ресурсы в рамках проекта;
7. Определить главные тормозящие циклы проекта;
8. Определить главные усиливающие циклы проекта;
9. Найти основные времена запаздывания при выполнении проекта и выделить из них наибольшее как критически важное;
10. Определить не менее трех сценариев развития проекта как совокупности возможных принимаемых решений:

А) выбор способа хозяйствования (собственное предприятие, франчайзинг);

Б) выбор инвестора (банк, господдержка, муниципальный или региональный бюджет, акционеры, собственные средства);

В) определение размеров рынка (город, регион, страна, страны ЕврАзЭС, мировой рынок);

Д) определение используемой технологии (собственный патент, лицензия);

Е) вариант использования оборудования (покупка, лизинг);

Ж) тип используемого помещения (покупка, аренда, собственные площади);

И) задание масштаба предприятия (индивидуальное предприятие, малое предприятие, средний бизнес, крупное производство).

4. Выбор сценария методом анализа иерархий [3, 4]

Для выбора наилучшего сценария реализации проекта, т.е. набора наилучших стратегических решений, необходимо воспользоваться одной из методик экспертных оценок. В результате самоорганизации в системах часто возникает соподчинение в виде **иерархий**. Они характерны для военных, экономических и социальных систем. Иерархии резко упорядочивают системы, придавая им устойчивость, и сокращают потоки информации. Отдельные подсистемы иерархии обладают относительной независимостью. Для анализа таких систем Т. Саати придумал **метод анализа иерархий** (МАИ), который является систематической процедурой для оценки системы на основе иерархического представления элементов, определяющих суть проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие и обработке последовательности суждений лица, принимающего решение, на основе парных сравнений. Относительная степень важности элементов в иерархии выражается численно. Полученные значения являются оценкам в шкале отношений.

Покупка дома может осуществляться на основе следующих критериев [3]:

1. Размеры дома: емкость хранилищ; размеры комнат; число комнат; общая площадь.

2. Удобство транспортных маршрутов: близкие остановки.

3. Окрестности: интенсивность движения транспорта; безопасность; хороший вид из окон; налоги на недвижимость; ухоженность территории.

4. Возраст дома.

5. Двор: включает пространство перед домом, сзади, сбоку, а также расстояние до соседей.

6. Современное оборудование: посудомоечная машина; удаление мусора; кондиционирование воздуха; система сигнализации и другие устройства в доме.

7. Общее состояние: потребность в ремонте; чистота; электропроводка; крыша; водопроводная систем; отопительная система.

8. Финансовые условия: ипотека; условия продажи; банковский кредит.

Мы рассмотрим МАИ на примере двухуровневой системы. Пусть имеется набор из N решений (объектов) $A_n(n = 1, 2, \dots N)$, из которых нужно выбрать наилучшее решение или наилучший объект. Для оценивания каждого из объектов используется одинаковый набор B_m из M критериев сравнения $m = 1, 2, \dots M$. Для построения итоговой оценки решений необходимо сначала сравнить критерии, а затем попарно решения между собой по каждому из критериев.

Начнем со сравнения критериев, которые, обычно, не равнозначны по важности. Производится попарное сравнение критериев по качественной шкале с последующим преобразованием в баллы:

1) одинаково, безразлично = 1;

2) немного лучше (хуже) = 3 (1/3);
3) лучше (хуже) = 5 (1/5);
4) значительно лучше (хуже) = 7 (1/7);
5) принципиально лучше (хуже) = 9 (1/9).

При промежуточном мнении используются промежуточные баллы 2, 4, 6, 8.

Результаты заносятся в таблицу. Подобным же образом создаются матрицы парного сравнения объектов (решений) по критериям.

Для выполнения условий согласованности в матрицах попарных сравнений используются взаимообратные величины. Если a_{ij} есть отношение критерия i к критерию j, то $a_{ji} = 1/a_{ij}$. Если имеются количественные критерии оценки какого-либо качества ω_j, то результат сравнения для двух объектов находится просто делением $\omega_j / \omega_k = a_{jk}$. Соответственно, должно автоматически выполняться условие согласованности

$$\frac{\omega_j}{\omega_k}\frac{\omega_k}{\omega_m} = a_{jk}a_{km} = a_{jk}/a_{mk}. \qquad (1)$$

Если парные сравнения осуществляются на основе шкалы качественных предпочтений, то условие (1) может быть непреднамеренно нарушено. В этом случае оценки потеряют автоматическую согласованность и нужно иметь математический критерий, подтверждающий сохранение согласованности на приемлемом уровне. Непосредственной проверкой можно убедиться, что при полной согласованности и выполнении условия (1) справедливо равенство

$$A\omega = n\omega, \qquad (2)$$

где $A = (a_{jk})$, $\omega = (\omega_1, \omega_2, ..., \omega_n)$, n - число парных сравнений. Если условие (1) нарушается, то максимальное собственное значение уравнения (2) будет отличаться от n и величину отклонения можно взять за меру согласованности в виде коэффициента

$$C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, \qquad (3)$$

где $\lambda_{\max}$ - максимальное собственное значение матрицы A. Согласованность элементов матрицы принимается при $C < 0.1 \div 0.2$.

Если все матрицы сравнения как для сравнения критериев, так и для сравнения объектов по критериям заполнены и согласованы, можно приступать к расчетам. Нужно произвести интегральные оценки M критериев по матрице A:

$$x_i = \sum_{l=1}^{M} a_{il}, S_A = \sum_{i=1}^{M} x_i, \; q_i = \frac{x_i}{S_A}. \qquad (4)$$

Нормировка результата с помощью деления на сумму S_A обеспечивает распределение оценок в долях 1. Такую же процедуру нужно проделать с

матрицами сравнений N объектов по каждому из критериев. В результате мы получим M столбцов (по числу критериев) из N элементов (по числу объектов сравнения), которые можно объединить в матрицу y_{ni}. После этого можно вычислить нормированные оценки каждого из N объектов (решений) с учетом M весов критериев x_i, вычисленных ранее по формуле (4):

$$c_n = \sum_{l=1}^{M} x_i y_{ni}\ ,\ S = \sum_{n=1}^{N} c_n\ ,\ p_n = \frac{c_n}{S}\ . \qquad (5)$$

Сравнение полученных таким образом оценок p_n позволяет по наибольшей из них выбрать наилучший объект (решение).

5. Общие замечания о программах расчета

Все вычисления, кроме оценки согласованности матриц, легко провести вручную. Для автоматизации вычислений далее приводятся две программы на языке Python и в системе MATLAB, небольшая модификация которых позволит провести все необходимые вычисления.

Для расчета с помощью программы, написанной на языке Python, нужно предварительно установить пакет ANACONDA с сайта [5] https://www.anaconda.com. Можно воспользоваться и любым иным способом установки Python из интернета. Нам обязательно потребуется пакет numpy численных вычислений, который есть в пакете ANACONDA. Если Python установлен иным способом и этого пакета нет, то его нужно догрузить командой pip install numpy.

Ниже приведен текст (скрипт) простой программы, реализующей алгоритм МАИ для задачи выбора кадровым отделом одного из трех претендентов, отличающихся опытом, образованием, харизмой и возрастом. Для начала работы нужно программы запустить в ANACONDA приложение Spyder, щелкнув мышкой на кнопке Launch. Откроется Spyder. В окно редактора скопировать текст программы из раздела 7 и запустить ее с помощью панели инструментов вверху экрана. Установить курсор щелчком мыши на консоль и далее следовать указаниям, появляющимся на консоли, для продолжения работы.

Для выполнения курсового задания нужно ознакомиться с работой программы по ее тексту и внести изменения, соответствующие новым данным, после чего запустить программу на выполнение требуемых расчетов.

Если у вас имеется установленная система MATLAB [6], то для расчетов можно воспользоваться программой, приведенной в разделе 8.

6. Пример решения задачи МАИ

Формулировка задачи: Предприятие ООО «ЭнергоСтрой» имеет 3 поставщиков сырья и материалов: 1. ИП «Феликс»; 2. ООО «Зенос»; 3. АО

«Радуга». Необходимо из имеющихся поставщиков выбрать одного, применив метод анализа иерархий. Группой экспертов выбираются наиболее важные, на их взгляд, критерии, чтобы с их помощью оценить поставщиков сырья и материалов. Критерии для оценки могут учитывать особенности отрасли, в которой работает предприятие, и особенности хозяйственной деятельности самого предприятия.

Критерии, по которым могут оцениваться поставщики с использованием шкалы относительной важности, следующие:

- стоимость поставляемых ресурсов;
- качество ресурсов;
- гарантии качества, предоставляемые поставщиком;
- надежность поставки;
- форма расчетов;
- время поставки.

Для оценки поставщиков по перечисленным критериям приглашается группа экспертов. Их мнения по обсуждаемой проблемы сводятся в таблицу «Матрица попарных сравнений критериев» (табл. 1). В этой таблице эксперты определяют важность каждого из показателей, рассматриваемых при определении поставщика. Так, стоимость и качество товаров, по мнению эксперта, имеют одинаковую значимость, поэтому в соответствии со шкалой относительной важности в соответствующую ячейку таблицы ставится 1.

При заполнении данной таблицы необходимо учитывать, что диагональные значения матрицы равны единице, так как одинаковые критерии имеют равную важность.

Таблица 1

Матрица парных сравнений критериев

Критерии оценки поставщиков	С	К	ГК	Н	ФР	ВП	Собственный вектор	Вектор приоритетов
Стоимость (С)	1	1	1	4	1	0,5	1,122	0,169
Качество (К)	1	1	2	4	1	0,5	1,260	0,189
Гарантии качества (ГК)	1	0,5	1	5	3	0,5	1,246	0,187
Надежность (Н)	0,25	0,25	0,2	1	0,333	0,333	0,334	0,050
Форма расчетов (ФР)	1	1	0,333	3	1	1	1,000	0,150
Время поставки (ВП)	2	2	2	3	1	1	1,698	0,255
Итого							6,661	1,000

ИС=0,08 ИС – индекс согласованности

ОС=5,10 % ОС – относительная согласованность, ОС < 10 %

Далее эксперты оценивают поставщиков по каждому из критериев по-отдельности (табл. 2 - 7). Первым критерием является стоимость. Необходимо оценить по этому критерию три имеющихся варианта поставщиков сырья и материалов. Далее проводится оценка этих поставщиков по остальным критериям.

При оценке по каждому из критериев рассчитывают индекс согласованности и относительную согласованность, следя за тем, чтобы относительная несогласованность не превышала 10 %, в противном случае необходимо провести новые экспертные оценки или уточнить статистические данные.

Таблица 2

Оценка альтернатив по критерию «Стоимость»

Стоимость	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	6	8	3,634	0,753
ООО «Зенос»	0,167	1	4	0,874	0,181
АО «Радуга»	0,125	0,25	1	0,315	0,065
Итого				4,823	1

ИС 0,054
ОС 9,28 %

Таблица 3

Оценка альтернатив по критерию «Качество»

Качество	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	5	4	2,714	0,674
ООО «Зенос»	0,2	1	0,333	0,405	0,101
АО «Радуга»	0,25	3	1	0,909	0,226
Итого				4,028	1

ИС 0,044
ОС 7,52 %

Таблица 4

Оценка альтернатив по критерию «Гарантии качества»

Гарантии качества	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	5	0,33	1,182	0,271
ООО «Зенос»	0,2	1	0,125	0,292	0,067
АО «Радуга»	3	8	1	2,884	0,662
Итого				4,359	1

ИС 0,021
ОС 3,69 %

Таблица 5

Оценка альтернатив по критерию «Надежность»

Надежность	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	5	0,33	1,182	0,278
ООО «Зенос»	0,2	1	0,143	0,306	0,072
АО «Радуга»	3	7	1	2,759	0,650
Итого				4,246	1

ИС 0,032
ОС 5,50 %

Таблица 6

Оценка альтернатив по критерию «Форма расчетов»

Форма расчетов	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	1	1	1,000	0,333
ООО «Зенос»	1	1	1	1,000	0,333
АО «Радуга»	1	1	1	1,000	0,333
Итого				3,000	1

ИС 0
ОС 0,00 %

Таблица 7

Оценка альтернатив по критерию «Время поставки»

Время поставки	ИП «Феликс»	ООО «Зенос»	АО «Радуга»	Собственный вектор	Вектор приоритетов
ИП «Феликс»	1	0,14	0,2	0,304	0,072
ООО «Зенос»	7	1	3	2,759	0,650
АО «Радуга»	5	0,33	1	1,182	0,278
Итого				4,244	1

ИС 0,033
ОС 5,75 %

Относительная значимость отдельного объекта в иерархии определяется оценкой соответствующего ему элемента собственного вектора матрицы приоритетов, нормированного на единицу.

Собственный вектор матрицы суждений обеспечивает упорядочение приоритетов, а собственное значение является мерой согласованности суждений. Определив вектор приоритетов, можно найти главное собственное значение матрицы суждений (λ_{max}), которое используется для оценки согласованности, отражающей пропорциональность предпочтений. Чем ближе λ_{max} к размерности матрицы суждений (n), тем более согласован результат. Отклонение от согласованности может быть выражено величиной индекса согласованности, вычисленного по формуле (3).

Индекс сгенерированный случайным образом по шкале от 1 до 9 обратно симметричной матрицы с соответствующими обратными величинами элементов называется случайным индексом (СИ). Среднее значение случайного индекса определяется по соответствующим таблицам по размерности матрицы суждений. Отношение ИС к среднему СИ для матрицы того же порядка называется отношением согласованности (ОС). Значение отношения согласованности меньшее или равное 0,10 считается приемлемым для полученных результатов и является еще одним способом проверки согласованности оценок.

Если индексы относительной согласованности находятся в нужных пределах, то составляется сводная табл. 8 «Итоговые данные», в которой представляются обобщенные приоритеты.

Таблица 8

Итоговые данные

Критерий	Стоимость	Качество	Гарантии качества	Надеж-ность	Форма расчета	Время поставки	Обобщенные приоритеты
Поставщик	0,169	0,189	0,187	0,05	0,15	0,255	
ИП «Феликс»	0,753	0,674	0,271	0,278	0,333	0,072	0,388
ООО «Зенос»	0,181	0,101	0,067	0,072	0,333	0,650	0,282
АО «Радуга»	0,065	0,226	0,662	0,650	0,333	0,278	0,331
							1,000

Из таблицы следует, что предпочтение стоит отдать поставщику ИП «Феликс», так как у него результирующий показатель наибольший и равен 0,388, у поставщика АО «Радуга» он равен 0,331, у поставщика ООО «Зенос» – 0,282.

7. Программа на Python для расчетов по МАИ

```
import numpy as np
# Пример из
https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_hierarchy_process_%E2%80%93
_leader_example
# Выбор одного кандидата из трех на основании «опыта, образования,
харизмы и возраста»
##
# Список претендентов
alt1 = ['Иван','Маша', 'Андрей']
# Опыт
EX = np.mat([[1.0, 1./4., 4.0],
                 [4.0, 1.0, 9.0],
                [1./4., 1./9., 1.0]])
print ('Опыт:')
print(EX)
```

```
# Функция вычисления собственных значений и критерия согласия
def harmony(MATRIX):
    n=len(MATRIX)
    a=np.linalg.eigvals(MATRIX)
    a=abs(a)
    A=a.max()
    c=(A-n)/(n-1)
    return  c
# Вычисление собственных значений матрицы и критерия согласия
c=harmony(EX)
print ('Значение критерия согласия для матрицы 1-"ОПЫТ":', c)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
def result(E):
    S=0
    n1=len(E)
    SE=np.zeros(n1)
    for n in range (n1):
        s=0
        for k in range(n1):
            s=s+(E[n,k])
        S=S+s
        SE[n]=s
    SE=SE/S
    return SE
SEX=result(EX)
print('Нормированные результаты сравнения по критерию 1-
"ОПЫТ":',SEX)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
# Образование
ED = np.mat([[1, 3, .2],
             [1/3., 1, 1/7.],
             [5, 7, 1]])
print('Образование')
print(ED)
# Вычисление собственных значений матрицы и критерия согласия
c=harmony(ED)
print ('Значение критерия согласия для матрицы 2-"ОБРАЗОВАНИЕ":',
c)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
SED=result(ED)
print('Нормированные результаты сравнения по критерию 2-
"ОБРАЗОВАНИЕ":', SED)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
# Харизма
CH = np.mat([[1, 5, 9],
             [.2, 1, 4],
             [1/9., .25, 1]])
print('Харизма')
print(CH)
# Вычисление собственных значений матрицы и критерия согласия
c=harmony(CH)
```

```
print ('Значение критерия согласия для матрицы 3-"ХАРИЗМА" :', c)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
SCH=result(CH)
print('Нормированные результаты сравнения по критерию 3-
"ХАРИЗМА":', SCH)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
# Возраст
AGE = np.mat([[1, 1/3., 5],
              [3, 1, 9],
              [.2, 1/9., 1]])
print('Возраст')
print(AGE)
# Вычисление собственных значений матрицы и критерия согласия
c=harmony(AGE)
print ('Значение критерия согласия для матрицы 4-"ВОЗРАСТ" :', c)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
SAGE=result(AGE)
print('Нормированные результаты сравнения по критерию 4-
"ВОЗРАСТ":', SAGE)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
# Таблица относительных весов критериев
CR = np.mat([[1, 4, 3, 7],
               [.25, 1, 1/3., 3],
               [1/3., 3, 1, 5],
               [1/7., 1/3., .2, 1]])
print('Критерии')
print(CR)
# Вычисление собственных значений матрицы и критерия согласия
c=harmony(CR)
print ('Значение критерия согласия для матрицы "КРИТЕРИИ" :', c)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
SCR=result(CR)
print('Нормированные результаты сравнения по параметру
"КРИТЕРИИ":', SCR)
wait = input("Нажать ENTER для продолжения...")
# Получение итоговой оценки
N=len(alt1)
EV=np.zeros(N)
for k in range(N):
    EV[k]=SCR[0]*SEX[k]+SCR[1]*SED[k]+SCR[2]*SCH[k]+SCR[3]*SAGE[k]
print('Оценки')
print(EV)
max = EV[0]
pos = 0
for i in range(len(EV)):
    if EV[i]>max: max=EV[i];pos=i
print ("max=",alt1[pos])

# Конец программы
```

8. Программа МАИ в системе MATLAB

```
% Программа расчета выбора смартфона
clear all
krit=[1 5 1/3 1/3 1 1/7 1;
      1/5 1 1/9 1/3 1/3 1/7 1;
      3 9 1 5 3 1/5 3;
      3 3 1/5 1 1/3 1/9 1;
      1 3 1/3 3 1 1/7 2;
      7 7 5 9 7 1 7;
      1 1 1/3 1 1/2 1/7 1];

ekran=[1 1/5 1/5 1/7 1/7 1/5 1/7;
         5 1 1/2 1/3 1/3 1/2 1/3;
         5 2 1 1/2 1/2 1 1/2;
         7 3 2 1 2 2 1;
         7 3 2 1/2 1 2 1/2;
         5 2 1 1/2 1/2 1 1/2;
         7 3 2 1 2 2 1];

pixels=[1 1/3 1/5 1/3 1/5 1/3 1/5;
         3 1 1 1 1/2 1 1/2;
         3 1 1 1 1/2 1 1/2;
         3 1 1 1 1/2 1 1/2;
         5 2 2 2 1 2 1;
         3 1 1 1 1/2 1 1/2;
         5 2 2 2 1 2 1];

skorost=[1 1 1/7 1/7 1 1 1/9;
          1 1 1/7 1/7 1 1 1/9;
          7 7 1 1 7 7 1/3;
          7 7 1 1 7 7 1/3;
          1 1 1/7 1/7 1 1 1/9;
          1 1 1/7 1/7 1 1 1/9;
          9 9 3 3 9 9 1];

ozu=[1 1/5 1/9 1 1/9 1/9 1/9;
         5 1 1/7 5 1/7 1/7 1/7;
         9 7 1 9 1 1 1;
         1 1/5 1/9 1 1/9 1/9 1/9;
         9 7 1 9 1 1 1;
         9 7 1 9 1 1 1;
         9 7 1 9 1 1 1];

battery=[1 5 5 3 5 1/3 1;
         1/5 1 1 1/3 1 1/7 1/5;
         1/5 1 1 1/3 1 1/7 1/5;
         1/3 3 3 1 3 1/5 1/3;
         1/5 1 1 1/3 1 1/7 1/5;
```

```
        3 7 7 5 7 1 3;
        1 5 5 3 5 1/3 1];

cena=[1 2 2 2 2 9 9;
        1/2 1 1 2 2 9 9;
        1/2 1 1 2 2 9 9;
        1/2 1/2 1/2 1 1 9 9;
        1/2 1/2 1/2 1 1 9 9;
        1/9 1/9 1/9 1/9 1/9 1 1;
        1/9 1/9 1/9 1/9 1/9 1 1];

nedost=[1 5 1/2 1 1/3 5 1/3;
        1/5 1 1/5 1/3 1/7 1 1/7;
        2 5 1 3 1 5 1;
        1 3 1/3 1 1/5 3 1/5;
        3 7 1 5 1 7 1;
        1/5 1 1/5 1/3 1/7 1 1/7;
        3 7 1 5 1 7 1];

vari=zeros(7,7,7);
vari(1,:,:)=ekran;
vari(2,:,:)=pixels;
vari(3,:,:)=skorost;
vari(4,:,:)=ozu;
vari(5,:,:)=battery;
vari(6,:,:)=cena;
vari(7,:,:)=nedost;

ahp(krit,vari,7,7);


function ahp(krit,vari,kk,kv)
% Analytic Hierarchy Process
% krit - матрица взаимных важностей критериев качества
% vari - трехмерная матрица (krit x kv x kv) взаимных важностей значений
% критериев качества для разных вариантов
% kk - число критериев качества
% kv - число вариантов выбора

k=sobvec(krit,kk);
disp('Собственный вектор матрицы критериев качества:');
disp(dispar(k));

k=k/sum(k);
disp('Вектор важности критериев качества:');
disp(dispar(k));

disp('Собственные вектора матриц значений вариантов для каждого критерия:');
for i=1:kk
  q=sobvec(vari(i,:,:),kv);
```

```
  disp([num2str(i) '-й: ' dispar(q)]);
end

vesa=zeros(kv,kk);

disp('Вектора важности значений вариантов: ');
for i=1:kk
  q=sobvec(vari(i,:,:),kv);
  q=q/sum(q);
  disp([num2str(i) '-й: ' dispar(q)]);
  q=q';q=q*k(i);
  vesa(:,i)=q;
end

disp('Таблица веса каждого значения критерия качества в принятии решения:');
for i=1:kv
  disp(dispar(vesa(i,:)));
end

disp('Итоговые веса каждого варианта выбора:');
itog=zeros(1,kv);
for i=1:kv
  itog(i)=sum(vesa(i,:));
end
disp(dispar(itog));

disp('То же самое, нормированное на максимум:');
disp(dispar(itog/max(itog)));

end

function s=dispar(k)
  s=strtrim(sprintf('%0.4f ',k));
end

function k=sobvec(krit,kk)
  krit=reshape(krit,kk,kk);
  k=zeros(1,kk);
  for i=1:kk
    p=1;
    for j=1:kk
      p=p*krit(i,j);
    end
    k(i)=p^(1/kk);
  end
end
```

Библиографический список

1. Головинский П.А., Суровцев И.С. Системный анализ. –Воронеж: ГУП «Воронежская областная типография», 2013. – 172 с.
2. Медоуз Д. Азбука системного мышления. – М.: Бином, 2011. – 343 с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитичекие сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
5. https://www.anaconda.com
6. http://k504.khai.edu/index.php/entertainment/801-metod-analiza-ierarkhij.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1. Примерные темы курсовых работ по дисциплине 5
«Системный анализ и принятие решений» 5
2. Основные теоретические представления 5
3. Системный анализ инновационного проекта 8
4. Выбор сценария методом анализа иерархий [3, 4] 9
5. Общие замечания о программах расчета 11
6. Пример решения задачи МАИ 11
7. Программа на Python для расчетов по МАИ 15
8. Программа МАИ в системе MATLAB 18
Библиографический список 21

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов, обучающихся по образовательным программам
направления 27.03.05 «Инноватика» всех форм обучения

Составители: Головинский Павел Абрамович,
Шаталова Ангелина Олеговна

Подписано в печать 00.00.2021 Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. 0,0.
Усл. печ. л. 0.0. Бумага для множительных аппаратов. Тираж 50 экз. Заказ №___.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14

Участок оперативной полиграфии издательство ВГТУ
394026 г. Воронеж, Московский проспект, 14