

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

Кафедра систем информационной безопасности

257-2015

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Математические основы управления рисками»
для студентов специальностей
090301 «Компьютерная безопасность»,
090302 «Информационная безопасность
телекоммуникационных систем»,
090303 «Информационная безопасность
автоматизированных систем»
очной формы обучения

Воронеж 2015

Составитель д-р техн. наук О. Н. Чопоров

УДК 004.056

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Математические основы управления рисками» для студентов специальностей 090301 «Компьютерная безопасность», 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», 090303 «Информационная безопасность автоматизированных систем» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. О. Н. Чопоров. Воронеж, 2015. 45 с.

В данных методических указаниях приведены краткие теоретические сведения и задания для проведения практических занятий по курсу «Математические основы управления рисками» с примерами их выполнения. В ходе выполнения приведенных заданий студенты получают практические навыки по менеджменту риска информационной безопасности и использованию различных методов принятия решений для выбора адекватных мер контроля и управления, направленных на снижение риска.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле Чопоров_ПЗ_МОУР.pdf.

Ил. 1. Табл. 33. Библиогр.: 22 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. А. Г. Остапенко

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А. Г. Остапенко

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015

Тема 1. МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Менеджмент рисков является одной из основных составляющих системы менеджмента информационной безопасности (ИБ) и должен применяться как на этапе ее внедрения, так и в процессе повседневного использования.

Согласно **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005–2010** «Информационная технология «Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности» [11], процесс менеджмента риска ИБ состоит из установления контекста, оценки риска, обработки риска, принятия риска, коммуникаций риска, а также мониторинга и переоценки риска ИБ (рисунок) [14, 15].

Установление контекста включает определение основных критериев, необходимых для менеджмента риска ИБ, определение области применения и границ, а также создание соответствующей организационной структуры, занимающейся менеджментом риска ИБ. Подробная информация об определении области применения и границ процесса менеджмента риска ИБ приведена в приложении А ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010.

Процесс **оценки риска** состоит из: **анализа риска**, включающего идентификацию риска и установление значения риска, и оценивания риска.

Идентификация риска представляет собой процесс нахождения, составления перечня и описания элементов риска и включает следующие этапы:

- 1) определение (идентификация) активов;
- 2) определение угроз;
- 3) определение существующих мер и средств контроля и управления;
- 4) выявление уязвимостей;
- 5) определение последствий.

Идентификация активов включает в себя: формирование модели бизнес-процессов; инвентаризацию активов;

формирование реестра активов; определение взаимосвязей между реестрами активов; построение модели активов; определение владельцев активов и их обязанностей; делегирование обязанностей по обеспечению безопасности активов; классификацию и категорирование активов; определение правил допустимого использования активов [2, 5, 14].



Процесс менеджмента риска информационной безопасности

Подробная информация об определении и установлении ценности активов и оценке влияния приведена в приложении В ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010.

Для каждого информационного актива или группы активов определяется список угроз в отношении конфиденциальности, целостности и доступности. Подробный перечень примерных типичных угроз безопасности, рассматриваемых при оценке информационных рисков, приведен в приложении С ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010. По завершении оценки угроз составляется список идентифицированных угроз, затрагиваемых ими активов или групп активов и меры вероятности того, что угроза произойдет.

На третьем этапе должен быть определен перечень всех существующих и планируемых мер и средств контроля и управления, их нахождение и состояние использования.

Выявление уязвимостей включает выявление слабых мест, которые могут быть использованы источником угрозы для причинения вреда активам. Примеры уязвимостей и методы их оценки приведены в приложении D ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010.

Перед оценкой риска должны быть определены последствия для активов, вызванные потерей конфиденциальности, целостности и доступности. В результате формируется перечень сценариев инцидентов с их последствиями, связанными с активами и бизнес-процессами [2, 14].

Анализ риска может быть выполнен с различной степенью детализации в зависимости от критичности активов, распространенности известных уязвимостей и прежних инцидентов, касавшихся организации.

Методология **установления значения риска** может быть качественной, количественной или комбинированной, в зависимости от обстоятельств. Форма анализа должна согласовываться с критериями оценки риска, разработанными как часть установления контекста.

Для установления качественного значения используется шкала квалификации атрибутов, с помощью которой описываются величины возможных последствий (например, «низкий», «средний» и «высокий») и вероятности возникновения этих последствий.

Для установления количественной оценки используется шкала с числовыми значениями как последствий, так и вероятности, с применением данных из различных источников.

Различные методы оценки риска приведены в ГОСТ Р ИСО 31010–2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [7], а также рассматриваются в ряде работ [3, 12, 13, 16-19, 21, 22]. В результате формируется *Реестр информационных рисков* – основной документ, описывающий текущую ситуацию с рисками в организации [2, 14].

На этапе *оценки рисков* выполняется сравнение установленных значений рисков с критериями оценки риска, выбранными на этапе установления контекста. В результате получается перечень рисков с назначенными приоритетами в соответствии с критериями оценки рисков, касающимися сценариев инцидентов, которые приводят к этим рискам.

Целью **обработки рисков** является их уменьшение до приемлемого уровня путем уменьшения вероятности инцидента, либо минимизации возможного ущерба.

Для обработки риска имеется четыре варианта: 1) снижение риска, 2) сохранение риска, 3) предотвращение риска и 4) перенос риска [2, 11, 14, 15]. Варианты обработки риска должны выбираться исходя из результатов оценки риска, предполагаемой стоимости реализации этих вариантов и их ожидаемой эффективности.

Снижение риска – действия, предпринятые для уменьшения вероятности, негативных последствий или того и другого вместе, связанных с риском. Уменьшить риски можно следующими способами: уменьшением вероятности воздействия угрозы на активы; ликвидацией имеющихся уязвимостей; уменьшением вероятности использования уязвимости; уменьшением возможного ущерба в случае

осуществления риска путем обнаружения нежелательных событий, реагирования и восстановления после них.

Более подробная информация об ограничениях, сопутствующих решениям по снижению риска, приведена в приложении F ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010 [11], а в ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012 дается подробная информация по выбору мер и средств контроля и управления [10].

Сохранение риска – принятие бремени потерь или выгод от конкретного риска. Основными факторами, влияющими на решение о принятии рисков, являются: возможные последствия осуществления риска, то есть расходы организации в каждом случае, когда это происходит; ожидаемая частота подобных событий. Если уровень риска соответствует критериям принятия риска, то нет необходимости реализовывать дополнительные меры и средства контроля и управления, и риск может быть сохранен.

Предотвращение риска – решение не быть вовлеченным в рискованную ситуацию или действие, предупреждающее вовлечение в нее. Если идентифицированные риски считаются слишком высокими или расходы на реализацию других вариантов обработки риска превышают выгоду, может быть принято решение о полном предотвращении риска путем отказа от планируемой или существующей деятельности, или их совокупности, или изменения условий, при которых осуществляется деятельность.

Перенос риска – разделение с другой стороной бремени потерь или выгод от риска. Риск должен быть перенесен на сторону, которая может наиболее эффективно осуществлять менеджмент конкретного риска, в зависимости от оценки риска. Перенос может быть осуществлен путем страхования, которое будет поддерживать последствия, или путем заключения договора субподряда с партнером, чья роль будет заключаться в проведении мониторинга информационной системы и осуществлении незамедлительных действий по прекращению атаки, прежде чем она приведет к определенному уровню ущерба.

После того как решения по обработке рисков были приняты, должны быть определены и спланированы действия по реализации этих решений. Каждое мероприятие должно быть четко определено и разбито на такое количество действий, которое необходимо для четкого распределения ответственности между исполнителями, оценки требований к выделению ресурсов, установки вех и контрольных точек, определения критериев достижения целей и мониторинга продвижения. Решения руководства по обработке рисков оформляются в виде «Плана обработки рисков» [2, 14]. Этот документ является производным от «Реестра информационных рисков», определяющим для каждой группы угроз и уязвимостей перечень мер по обработке риска, позволяющих уменьшить максимальный для данной группы угроз уровень риска до уровня остаточного риска, приемлемого для организации. План обработки рисков также определяет сроки реализации, выделяемые ресурсы и ответственных исполнителей.

На этапе **принятия риска информационной безопасности** должно быть принято решение о принятии рисков и установлена ответственность за это решение, что должно быть официально зарегистрировано. Критерии принятия риска устанавливаются на этапе анализа контекста.

Коммуникация риска представляет собой деятельность, связанную с достижением соглашения о том, как осуществлять менеджмент риска путем обмена и/или совместного использования информации о риске лицами, принимающими решения, и другими причастными сторонами. Информация включает в себя наличие, характер, форму, вероятность, серьезность, обработку и приемлемость рисков.

Риски не являются статичными. Угрозы, уязвимости, вероятность или последствия могут изменяться неожиданно, без каких-либо признаков изменений. Поэтому необходим непрерывный **мониторинг и переоценка рисков и их факторов** (т.е. ценность активов, влияние, угрозы, уязвимости, вероятность возникновения) с целью определения любых

изменений в контексте организации на ранней стадии, и должно поддерживаться общее представление о всей картине риска.

Подробная информация о методике управления рисками информационной безопасности с подробными комментариями, примерами шкал для оценки активов, угроз, уязвимостей и рисков, а также примерами отчетных документов, включая реестр активов, реестр рисков, план обработки рисков, приведена в учебном пособии [14].

Практическое задание

На примере выбранного предприятия реализовать основные этапы менеджмента риска информационной безопасности (в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010).

Для выполнения задания необходимо:

1) дать описание организации (области применения и границ процесса менеджмента риска ИБ) в соответствии с приложением А ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010;

2) определить основные критерии, необходимые для менеджмента риска ИБ (критерии оценки риска, критерии влияния, критерии принятия риска);

3) разработать реестр информационных активов организации;

4) определить требования безопасности для активов (законодательные и нормативные требования, контрактные обязательства, требования бизнеса);

5) разработать шкалу для определения ценности активов;

6) идентифицировать угрозы, предложить шкалу для их оценки;

7) описать профиль и жизненный цикл для одной из угроз;

8) составить список идентифицированных угроз, затрагиваемых ими активов или групп активов и мер

вероятности того, что угроза произойдет (на основ разработанной шкалы);

9) составить список уязвимостей, связанных с идентифицированными угрозами, предложить шкалу для оценки уязвимостей;

10) предложить шкалу для оценки величины рисков;

11) составить реестр информационных рисков;

12) описать алгоритм выбора варианта обработки рисков и разработать план обработки рисков.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой менеджмент риска информационной безопасности? Перечислите задачи менеджмента риска информационной безопасности.

2. Перечислите основные этапы менеджмента риска информационной безопасности и их взаимосвязи.

3. Что включает в себя этап установление контента? Перечислите основные критерии, необходимые для менеджмента риска ИБ.

4. В чем заключается и какие этапы включает в себя оценка риска ИБ?

5. В чем заключается и какие этапы включает в себя анализ риска ИБ?

6. В чем заключается идентификация риска ИБ? Перечислите этапы идентификации риска ИБ.

7. Что включает в себя идентификация активов? Перечислите основные виды активов.

8. Что представляют собой требования безопасности для активов?

9. Что включает в себя реестр информационных активов?

10. Каким образом может быть определена ценность активов? Приведите пример критериев и соответствующих шкал для оценки возможного ущерба.

11. Что такое профиль и жизненный цикл угрозы?

12. По каким признакам классифицируются угрозы информационной безопасности?

13. Перечислите угрозы, реализуемые при помощи программных средств.

14. Перечислите угрозы утечки информации по техническим каналам.

15. Перечислите угрозы в отношении программных средств и технических средств.

16. Какими способами может быть выполнена оценка вероятности угроз информационной безопасности?

17. Какими способами может быть выполнена оценка уязвимостей?

18. Каким образом может быть получена количественная оценка риска информационной безопасности?

19. Что включает в себя реестр рисков информационной безопасности?

20. В чем заключается оценивание рисков информационной безопасности?

21. Какие существуют варианты обработки рисков информационной безопасности?

22. В чем заключается снижение риска информационной безопасности? Перечислите способы снижения рисков. Какие типичные ограничения должны быть учтены?

23. В чем заключается сохранение риска информационной безопасности? Перечислите факторы, влияющие на решение о принятии рисков.

24. В чем заключается предотвращение риска информационной безопасности? Перечислите основные способы предотвращения риска.

25. Что такое перенос риска информационной безопасности?

26. Какие задачи решаются в процессе коммуникации риска информационной безопасности?

27. Какие факторы подлежат мониторингу в процессе переоценки риска информационной безопасности?

Тема 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ

На этапе обработки рисков основной задачей является выбор мер и средств контроля и управления из множества имеющихся альтернатив. Для решения данной задачи целесообразно использовать элементы теории принятия решений. Одним из наиболее распространенных, простых, универсальных и доступных являются методы экспертных оценок.

2.1. Методы экспертных оценок

К наиболее распространенным методам измерений при экспертизе относятся ранжирование, непосредственная оценка, парное сравнение.

При ранжировании эксперт должен расположить альтернативы в порядке, который представляется ему наиболее рациональным, и приписать каждой из них числа натурального ряда – ранги. При этом ранг 1 получает наиболее предпочтительная альтернатива, а ранг n – наименее предпочтительная.

При наличии эквивалентных (имеющих одинаковый ранг) альтернатив, им присваивают так называемые связанные ранги. Значения связанных рангов определяются как среднее суммы мест, поделенных между собой альтернативами с одинаковыми рангами.

При групповом экспертном оценивании каждый i -й эксперт присваивает каждой j -й альтернативе ранг r_{ij} . В результате экспертного оценивания получается матрица рангов (матрица ранжирования) $\|r_{ij}\|$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, размерностью $m \times n$, где m – число экспертов, n – число альтернатив.

Один из распространенных способов получения групповой ранжировки заключается в следующем. Для каждой альтернативы подсчитывают сумму рангов:

$$R_j = \sum_{i=1}^m r_{ij}$$

Затем, исходя из величины R_j , устанавливают результирующий ранг для каждой альтернативы. Часто для удобства в обработке суммарные оценки рангов нормируются. Наиболее часто используются два способа нормировки: 1) когда сумма нормированных оценок всех альтернатив равна единице; 2) относительно интервала $[0,1]$, где оценка «0» соответствует наименее значимой альтернативе, а «1» – наиболее значимой.

Метод непосредственной оценки представляет собой процедуру приписывания альтернативам числовых значений в шкале интервалов. Диапазон изменения какой-либо переменной разбивается на несколько интервалов, каждому из которых присваивается определенная оценка (балл), например от 0 до 5. Задача эксперта заключается в помещении каждой из рассматриваемых альтернатив в определенный оценочный интервал или в соответствии со степенью обладания тем или иным свойством, или в соответствии с представлениями эксперта об их значимости.

Метод парных сравнений обычно используется при выявлении предпочтений для большого числа альтернатив и заключается в сравнении каждой пары альтернатив с целью определения наиболее важной. При сравнении пары альтернатив возможны отношения или строгого порядка, или порядка и эквивалентности, что доводится до сведения экспертов. В результате проведения экспертизы формируется матрица парных сравнений, для которой рассчитывается собственный вектор, соответствующий максимальному собственному числу этой матрицы. Упорядочение объектов проводится по величине компонентов собственного вектора.

При ранжировании альтернатив эксперты обычно расходятся во мнениях. В связи с этим возникает необходимость в количественной оценке степени согласия экспертов. В качестве меры согласованности мнений группы экспертов часто используют дисперсионный коэффициент конкордации (или согласованности) Кэндалла. Для случая отсутствия связанных рангов (все альтернативы разные) коэффициент конкордации Кэндалла определяют по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2.$$

где \bar{r} – оценка математического ожидания:

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_j = \frac{1}{2} m(n + 1).$$

При наличии связанных рангов дисперсионный коэффициент конкордации вычисляется по следующей формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad T_i = \sum_{k=1}^{H_i} (h_k^3 - h_k),$$

где T_i – показатель связанных рангов в i -й ранжировке; H_i – число групп равных рангов в i -й ранжировке; h_k – число равных рангов в k -й группе связанных рангов в i -й ранжировке.

Коэффициент конкордации является выборочной оценкой истинного (теоретического) значения коэффициента и, следовательно, представляет собой случайную величину. Для определения значимости оценки коэффициента конкордации необходимо знать распределение частот для разных значений числа экспертов m и количества альтернатив n .

Для малых значений m и n ($2 \leq m \leq 20$, $3 \leq n \leq 7$) анализируется значение S с использованием табл. 1. В ней при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и в соответствии со «входами» (m ,

п) даны «критические» значения S_T величины S , т.е. такие значения, при превышении которых следует отвергать гипотезу об отсутствии связей между ранжировками (признавать их статистическую значимость).

При числе альтернатив $n > 7$ оценка значимости коэффициента конкордации может быть проведена по критерию χ^2 . Величина $m(n-1)W$ имеет χ^2 -распределение с $\nu = n - 1$ степенями свободы. Для оценки значимости W выбирают уровень значимости критерия α (часто равный 0,05), определяют по табл. 2 при $\nu = n - 1$ величину $\chi_{\alpha}^2(\nu)$. Если $m(n-1)W \geq \chi_{\alpha}^2$ то гипотезу об отсутствии связи между ранжировками следует отвергнуть (т.е. W статистически значимое) и считать, что ранжировки связаны.

Более подробно методы экспертных оценок представлены в [14].

Таблица 1

Проверка статистической значимости выборочной величины коэффициента конкордации W . Критические значения α_T коэффициента конкордации W при уровне значимости α при n сравниваемых альтернативах и m ранжировках

$\alpha = 0,05$							
m	n					$n = 3$	
	3	4	5	6	7	m	S_T
3			64,4	103,9	157,3	9	54,0
4		49,5	88,4	143,3	217,0	12	71,9
5		62,6	112,3	182,4	276,2	14	83,8
6		75,7	136,1	221,4	335,2	16	95,8
8	48,1	101,7	183,7	299,0	453,1	18	107,7
10	60,0	127,8	231,2	376,7	571,0		
15	89,8	192,9	349,8	570,5	864,9		
20	119,7	258,0	468,5	764,4	1158,7		

Продолжение табл. 2

$\alpha = 0,01$							
m	n					$n = 3$	
	3	4	5	6	7	m	S_T
3			75,6	122,8	185,6	9	75,9
4		61,4	109,3	176,2	265,0	12	103,5
5		80,5	142,8	229,4	343,8	14	121,9
6		99,6	176,1	282,4	422,6	16	140,2
8	66,8	137,4	242,7	388,3	579,9	18	158,6
10	85,1	175,3	309,1	494,0	737,0		
15	131,0	269,8	475,2	758,2	1129,5		
20	177,0	364,2	641,2	1022,2	1521,9		

Таблица 2

Значения 100 α %-ых точек $\chi^2_{\alpha}(v)$ степенями свободы

v	α	
	0,010	0,005
1	6,6349	7,8794
2	9,2103	10,5966
3	11,3449	12,8381
4	13,2767	14,8602
5	15,0863	16,7496
6	16,8119	18,5476
7	18,1753	20,2777
8	20,0902	21,9550
9	21,6660	23,5893
10	23,2093	25,1882
11	24,7250	26,7569
12	26,2170	28,2995
13	27,6883	29,8194
14	29,1413	31,3193
15	30,5779	32,8013
16	31,9999	34,2672

17	33,4087	35,7185
-----------	---------	---------

Продолжение табл. 2

<i>v</i>	<i>α</i>	
	0,010	0,005
18	34,8053	37,1564
19	36,1908	38,5822
20	37,5662	39,9968
21	38,9321	41,4010
30	50,8922	53,6720
40	63,6907	66,765
50	76,1539	79,4900
60	88,3794	91,9517
70	100,425	104,215
80	112,329	116,321
90	124,116	128,299
100	135,807	140,169

Практические задания

1. Семь сравниваемых альтернатив эксперт расположил в порядке уменьшения их важности: $x_1 > x_2 \propto x_3 \propto x_4 > x_5 \propto x_6 > x_7$. Представить данную ранжировку с помощью стандартизованных рангов.

2. Эксперт расположил 11 альтернатив в порядке увеличения их важности: $x_1 > x_2 > x_3 \propto x_4 \propto x_5 > x_6 > x_7 \propto x_8 > x_9 \propto x_{10} > x_{11}$. Представить данную ранжировку с помощью стандартизованных рангов.

3. Два эксперта провели ранжирование восьми альтернатив: $x_1 > x_2 > x_3 \propto x_4 \propto x_5 \propto x_6 > x_7 \propto x_8$ и $x_2 > x_1 \propto x_3 \propto x_4 > x_6 > x_5 > x_8 > x_7$. Представить данные ранжировки с помощью стандартизованных рангов и определить групповую ранжировку.

4. Два эксперта провели оценивание шести альтернатив в баллах, используя собственные шкалы (табл. 3).

Таблица 3

Оценки экспертов

Эксперт	Альтернатива					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
Э ₁	10	6	9	2	4	6
Э ₂	9	7	20	5	2	6

Определить групповую оценку каждой альтернативы. Согласованы ли мнения экспертов?

5. Три эксперта провели оценивание семи альтернатив в баллах, используя собственные шкалы (табл. 4).

Таблица 4

Оценки экспертов

Эксперт	Альтернатива						
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇
Э ₁	15	10	6	9	2	4	6
Э ₂	25	9	7	20	5	2	6
Э ₃	20	9	7	20	5	2	6

Проведя преобразование шкал, найти групповые оценки альтернатив. Оценить согласованность мнений экспертов. Вычислить коэффициенты компетентности экспертов.

5. Два эксперта провели ранжирование пяти альтернатив (табл. 5).

Таблица 5

Оценки экспертов

Эксперт	Альтернатива				
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
Э ₁	2	1	4	3	5
Э ₂	1	2	4	5	3

Определить взаимосвязь мнений экспертов, вычислив коэффициент ранговой корреляции Спирмена и дисперсионный коэффициент конкордации.

6. В результате оценивания экспертом пяти альтернатив методом парных сравнений получена матрица парных сравнений (табл. 6).

Таблица 6

Матрица парных сравнений

Альтернатива	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	—	0	1	1	1
x_2	1	—	1	0	0
x_3	0	0	—	0	0
x_4	0	1	1	—	1
x_5	0	1	1	0	4

Дать предварительную ранжировку альтернатив, учитывая число случаев, когда альтернатива x_i предпочтительнее альтернативы x_j .

7. Результаты ранжирования шести альтернатив пятью экспертами представлены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты ранжирования

Альтернатива	Эксперт				
	\mathcal{E}_1	\mathcal{E}_2	\mathcal{E}_3	\mathcal{E}_4	\mathcal{E}_5
x_1	1	2	1,5	1	2
x_2	2,5	2	1,5	2,5	1
x_3	2,5	2	3	2,5	3
x_4	5	4	4,5	4,5	4
x_5	5	4	4,5	4,5	5,5
x_6	6	6	6	6	5,5

Проранжировать альтернативы, вычислить коэффициент конкордации и оценить его значимость (вероятность ошибки $p_{ош} = 5 \%$, $\chi^2_T = 11,07$ при $\nu = 5$).

8. Десять экспертов провели ранжирование шести альтернатив (табл. 8).

Таблица 8

Результаты ранжирования

Альтернатива	Эксперт									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
x ₁	6	1	6	6	6	6	4	5	6	6
x ₂	4	5	4	5	5	3	5	6	4	5
x ₃	2	2	2	3	3	2	1	1	1	2
x ₄	1	4	3	2	2	4	3	3	3	3
x ₅	3	3	1	1	1	1	2	2	2	1
x ₆	5	6	5	4	4	5	6	4	5	4

Провести ранжирование признаков, вычислить коэффициент конкордации и оценить его значимость ($p_{ош} = 1 \%$, $\chi^2_T = 15,09$ при $\nu = 5$).

9. Четыре эксперта оценили важность двух критериев, дав оценки в баллах (табл. 9).

Таблица 9

Оценки экспертов

Критерий	Эксперт			
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄
y ₁	10	15	8	5
y ₂	5	6	3	2

Вычислить групповой весовой вектор и коэффициенты компетентности экспертов.

10. Группа, состоящая из 10 экспертов, провела оценивание взаимной важности семи критериев в баллах (табл. 10).

Таблица 10

Оценка экспертов

Критерий	Эксперт									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
y ₁	50	60	20	50	40	45	50	60	30	60
y ₂	90	100	80	100	100	90	60	75	90	100
y ₃	70	80	60	75	90	85	100	85	75	90
y ₄	100	95	100	90	85	100	70	100	100	70
y ₅	10	30	15	25	20	10	20	15	20	25
y ₆	20	15	25	15	20	30	30	10	15	20
y ₇	30	40	70	35	25	20	40	30	60	35

Вычислить значения весового вектора, оценить согласованность мнений экспертов, выделить подгруппы с согласованными мнениями.

11. Экспертная группа провела ранжирование семи критериев по важности, приписывая наибольшие значения наиболее важным критериям (табл. 11).

Таблица 11

Результаты ранжирования

Критерий	Эксперт									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
y ₁	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4
y ₂	5	4	6	5	4	4	4	6	5	5
y ₃	4	5	4	4	6	6	6	5	4	3
y ₄	6	6	5	6	5	5	5	4	6	6
y ₅	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
y ₆	1	0	0	0	1	2	0	0	1	2
y ₇	2	2	3	2	2	0	2	2	2	1

Вычислить значения весового вектора и оценить согласованность мнений экспертов.

12. Организации требуется приобрести несколько офисных принтеров для сотрудников, занятых одной и той же

работой. При выборе типа принтера их качество оценивается по следующим критериям: y_1 — качество печати; y_2 — скорость печати; y_3 — цена; y_4 — простота эксплуатации; y_5 — возможность печатать листы формата А3; y_6 — возможность цветной печати; y_7 — уровень шума при печати. Перед группой из трех экспертов была поставлена задача оценить критерии по важности. Результаты оценивания критериев в баллах каждым из экспертов приведены в табл. 12.

Таблица 12

Оценки критериев

Эксперт	Критерий						
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
\mathcal{E}_1	4	4	3	5	5	3	2
\mathcal{E}_2	13	12	5	9	16	20	7
\mathcal{E}_3	30	10	15	23	20	13	17

Предполагая, что каждый из экспертов провел оценивание в своей шкале, построить групповую ранжировку критериев по важности, оценить согласованность мнений экспертов. Используя исходную информацию, получить групповую оценку критериев в баллах.

13. На основе парных сравнений по взаимной важности семи критериев получены данные, приведенные в табл. 13.

Таблица 13

Оценки критериев

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
y_1	—	0	0	0	1	1	1
y_2		—	1	0	1	1	1
y_3			—	0	1	1	1
y_4				—	1	1	1
y_5					—	0	0
y_6						—	0
y_7							—

Дополнить таблицу и определить веса критериев.

14. 5 экспертов оценили по 50-ти бальной шкале механизмы защиты системы от НСД: x_1 – идентификация и проверка подлинности субъекта, x_2 – контроль доступа субъектов к защищенным ресурсам, x_3 – контроль целостности ключевых компонент системы, x_4 – аудит действий пользователей, x_5 – затирание остаточной информации (табл. 14).

Таблица 14

Оценки экспертов

Эксперт	Механизмы защиты				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
\mathcal{E}_1	5	15	42	17	40
\mathcal{E}_2	10	15	25	12	42
\mathcal{E}_3	40	42	25	45	40
\mathcal{E}_4	30	1	40	32	40
\mathcal{E}_5	42	32	50	12	35

Дать групповую экспертную оценку механизмам защиты, оценить согласованность мнений экспертов.

15. На этапе выбора программного продукта для защиты информации, экспертам было предложено оценить шесть альтернатив из списка требований компании к ним: x_1 – физическая безопасность, x_2 – системы контроля доступа, x_3 – телекоммуникации и сетевая безопасность, x_4 – практическое управление безопасностью, x_5 – криптография, x_6 – безопасность операций. Все эксперты провели оценку эффективности с использованием шкалы от 0 до 10 (табл. 15).

Оценки экспертов

Эксперты	Альтернативы					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
Э1	1	5	3	4	7	9
Э2	2	6	3	5	8	9
Э3	1	4	4	3	8	6
Э4	3	5	5	6	9	7

Обработать результаты оценки, оценить согласованность мнений экспертов.

16. Привести примеры использования экспертных оценок для различных приложений.

Контрольные вопросы

1. Привести примеры задач принятия решений.
2. Охарактеризовать роль лица, принимающего решения, экспертов, консультантов в задачах принятия решений.
3. Привести примеры задач оценивания.
4. Привести общую схему алгоритма экспертизы.
5. Описать основные этапы экспертизы.
6. Описать основные формы опроса экспертов, взаимодействия экспертов при опросе.
7. Как оценить взаимосвязь между ранжировками?
8. Составить алгоритм оценивания согласованности мнений экспертов.

2.2. Детерминированные модели и методы принятия решений

Детерминированные методы принятия решений предполагают отсутствие случайных воздействий внешней среды (состояния системы или действий злоумышленника). Задачи многокритериального принятия решений при определенности могут быть решены за счет перехода к

однокритериальным задачам оптимизации на основе принципов оптимальности. Полученные таким образом задачи можно решать однокритериальными методами оптимизации.

На начальной стадии решения задачи в целях уменьшения исходного множества решений используется принцип оптимальности по Парето. Решение (альтернативу) называют оптимальным по Парето, если невозможно улучшить (увеличить) решение ни по одному из критериев без ухудшения (уменьшения) решения хотя бы по одному из критериев. Парето-оптимальные решения (альтернативы) составляют множество Парето (множество компромиссов).

Для выбора одного оптимального решения используются следующие принципы оптимальности.

1. **Принцип идеальной точки**, согласно которому лучшим считается решение, расположенное в пространстве параметров ближе всего к «идеальной точке» z^I .

2. **Принцип антиидеальной точки**, в соответствии с которым лучшим считается наиболее удаленное решение от антиидеальной точки z^{AI} .

3. **Принцип равенства**, согласно которому наилучшим будет решение, равноудаленное от всех локальных критериев.

4. **Принцип квазиравенства** – смягченная версия слишком «жесткого» принципа равенства.

5. **Принцип максимина** – каждое решение описывается наименьшей взвешенной величиной из m критериев, затем выбирается наибольшее среди этих наименьших значений и соответствующее ему решение принимается за наилучшее.

6. **Принцип последовательного максимина** – если принцип максимина не приводит к единственному решению, то он может быть последовательно применен до m раз.

7. **Квазиоптимальный принцип последовательного максимина** – принцип последовательного максимина может быть последовательно применен до m раз. Каждое максиминное i -е решение ослабляется на величину Δ_i , такое ослабление производят до m раз.

8. **Принцип абсолютной уступки** – представляет собой свертку в виде взвешенной суммы величин критериев.

9. **Принцип относительной уступки** – представляет собой свертку в виде произведения значений критериев, возведенных в степень, соответствующую их весам.

10. **Принцип главного критерия** – один из критериев принимается за главный, для остальных критериев назначают пороговые величины.

11. **Лексикографический принцип** – используется ряд приоритета и решается последовательность задач: сначала максимизируется самый важный критерий; полученное в результате множество решений является допустимым множеством для максимизации следующего по важности критерия и т.д.

12. **Лексикографический принцип квазиоптимальности** – решается последовательность задач максимизации с введенными отклонениями от оптимума (уступками).

Важной рекомендацией по использованию принципов оптимальности может быть их комбинирование и разумное сочетание их применения в диалоге с ЛПР.

Помимо принципов оптимальности для выбора наилучшей альтернативы широко используются следующие подходы: построение функции полезности, метод аналитической иерархии; метод порогов несравнимости (ЭЛЕКТРА) и др.

При построении функции полезности предполагается, что альтернативы обладают определенной полезностью и рядом свойств, на основе которых строится функция полезности. В свою очередь, по значениям функции полезности можно сравнить альтернативы, упорядочить их или выбрать лучшие.

Функция полезности U многокритериальной альтернативы x может быть представлена в виде

$$U(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i U_i(z_i(x)),$$

где z_i – оценка альтернативы x по i -му критерию; U_i – функция полезности по i -му критерию; α_i – весовой коэффициент.

Метод аналитической иерархии использует дерево критериев, в котором более общие критерии разделяются на критерии частного характера. Для каждой группы критериев определяются коэффициенты важности. Альтернативы сравниваются между собой по отдельным критериям в целях определения критериальной ценности каждой из них. Средством определения коэффициентов важности критериев, или критериальной ценности альтернатив, является попарное сравнение. Результат сравнения оценивается по балльной шкале (обычно от 1 до 10). На основе таких сравнений вычисляются коэффициенты важности критериев, оценки альтернатив и находится общая оценка как взвешенная сумма оценок критериев.

Методы ЭДЕКТРА представляют собой подход к решению задачи многокритериального выбора на основе попарного сравнения альтернатив по совокупности их критериальных оценок. В этих методах строится последовательность бинарных отношений, на основе которых последовательно исключаются из рассмотрения худшие альтернативы. Процедура выбора заканчивается, когда остается приемлемое для ЛПР число лучших альтернатив.

Более подробно детерминированные модели и методы принятия решений представлены в [14].

Практические задания

1. Группа, состоящая из шести экспертов, провела оценивание взаимной важности шести критериев в баллах (табл. 16).

Таблица 16

Оценки экспертов

Критерий	Эксперт					
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆
y ₁	10	15	20	25	25	10
y ₂	30	25	30	50	30	35
y ₃	40	50	100	90	45	60
y ₄	40	40	80	100	50	70
y ₅	5	10	30	40	10	15
y ₆	25	10	20	25	15	20

Вычислить значения весового вектора и оценить согласованность мнений экспертов. Построить различные свертки критериев (функции полезности), использующие разные принципы оптимальности.

2. Оценивалось качество семи курсов лекций по двум критериям: y₁ — содержательность материала; y₂ — методический уровень его изложения. Оценка качества проводилась методом ранжирования 32 слушателями. В результате получены обобщенные ранжировки по двум критериям (табл. 17).

Таблица 17

Результаты ранжировки

Критерии (сумма рангов)	Курс						
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇
y ₁	72	90,5	127	204	179,5	67	156
y ₂	97	85	128,5	210,5	182	65	128

Оценить связь ранжировок по двум критериям. Дать графическую интерпретацию суммарным ранжировкам, представив результаты в двухкритериальном пространстве. Определить множества Парето, поочередно исключая наилучшие курсы. Предложить обобщенную ранжировку курсов.

3. В результате оценивания 10 альтернатив по двум критериям получены следующие оценки в баллах (табл. 18).

Таблица 18

Оценки по критериям

Критерии	Альтернативы									
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
y ₁	5	3	4	2	1	7	5	4	3	5
y ₂	5	6	4	6	5	1	3	6	6	4

С учетом того, что первый критерий в 3 раза важнее второго, определить множество компромиссных решений. Выбрать наилучшую альтернативу, используя принцип равенства, принцип абсолютной и относительной уступки. Предложить свои методы выбора лучшего варианта.

4. При оценке 9 альтернатив по двум критериям группа экспертов дала следующие оценки в баллах (табл. 19).

Таблица 19

Оценки по критериям

Критерии	Альтернативы								
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
y ₁	9	7	2	4	3	2	1	4	8
y ₂	4	3	6	4	5	4	5	2	5

Считая, что наилучшими оценками по критериям являются те, которые имеют наибольшее число баллов, определить область компромиссов и область согласия (множество Парето, множество эффективных решений), найти лучшую альтернативу. Дать геометрическую интерпретацию. Решить задачу, считая, что лучшими являются решения, имеющие меньшее число баллов.

5. Решить задачу 4, считая, что первый критерий в 10 раз важнее второго. Определить весовой вектор и найти лучшие решения.

6. Построить линейную свертку пяти нормализованных критериев, если первый критерий важнее второго в 3 раза, второй важнее третьего в 4 раза, третий важнее четвертого в 2 раза, а четвертый и пятый равны по важности.

7. Построить линейную свертку четырех нормализованных критериев, если первый критерий важнее второго в 2 раза, третьего – в 4 раза, четвертого – в 5 раз.

8. Построить линейную свертку пяти нормализованных критериев, если первый и второй критерии равны по важности, первый критерий важнее четвертого и пятого в 6 раз, а второй критерий важнее третьего в 4 раза.

9. Построить свертку семи нормализованных критериев, если первый критерий важнее второго в 5 раз, важнее третьего в 7 раз, третий и четвертый критерии равны по важности, четвертый критерий важнее пятого и шестого в 2 раза, шестой критерий важнее седьмого в 3 раза.

10. Определить весовой вектор, если первый критерий важнее пятого в 6 раз, второй критерий важнее третьего в 2 раза, третий критерий важнее четвертого в 2 раза, а пятого – в 3 раза.

11. Проведено оценивание 8 альтернатив по пяти критериям в баллах (табл. 20).

Таблица 20

Оценки по критериям

Критерий	Технологический процесс							
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈
y ₁	10	15	25	10	40	50	45	55
y ₂	50	45	15	25	40	5	15	10
y ₃	25	40	50	15	30	25	10	20
y ₄	25	15	45	10	20	25	10	10
y ₅	30	45	40	15	50	15	60	70

Определить множество эффективных решений. Выбрать разными методами наилучшие альтернативы, считая, что критерии обладают одинаковой важностью.

12. Группа, состоящая из 10 экспертов, провела оценивание взаимной важности семи критериев в баллах (табл. 21).

Таблица 21

Оценки по критериям

Критерий	Эксперт									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
y ₁	50	60	20	50	40	45	50	60	30	60
y ₂	90	100	80	100	100	90	60	75	90	100
y ₃	70	80	60	75	90	85	100	85	75	90
y ₄	100	95	100	90	85	100	70	100	100	70
y ₅	10	30	15	25	20	10	20	15	20	25
y ₆	20	15	25	15	20	30	30	10	15	20
y ₇	30	40	70	35	25	20	40	30	60	35

Вычислить значения весового вектора, оценить согласованность мнений экспертов, выделить подгруппы с согласованными мнениями. Построить различные свертки критериев, использующие разные принципы оптимальности.

13. Группа из шести экспертов провела оценивание взаимной важности шести критериев в баллах (табл. 22).

Таблица 22

Оценки по критериям

Критерий	Эксперт					
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆
y ₁	10	15	20	25	25	10
y ₂	30	25	30	50	30	35
y ₃	40	50	100	90	45	60
y ₄	40	40	80	100	50	70
y ₅	5	10	30	40	10	15
y ₆	25	10	20	25	15	20

Вычислить значения весового вектора и оценить согласованность мнений экспертов. Построить различные свертки критериев, использующие разные принципы оптимальности.

14. Экспертная группа провела ранжирование семи критериев по важности, приписывая наибольшие значения наиболее важным критериям (табл. 23).

Таблица 23

Оценки по критериям

Критерий	Эксперт									
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅	Э ₆	Э ₇	Э ₈	Э ₉	Э ₁₀
у ₁	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4
у ₂	5	4	6	5	4	4	4	6	5	5
у ₃	4	5	4	4	6	6	6	5	4	3
у ₄	6	6	5	6	5	5	5	4	6	6
у ₅	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
у ₆	1	0	0	0	1	2	0	0	1	2
у ₇	2	2	3	2	2	0	2	2	2	1

Вычислить значения весового вектора и оценить согласованность мнений экспертов.

15. Группа, состоящая из пяти экспертов, провела оценивание взаимной важности трех критериев в баллах (табл. 24).

Таблица 24

Оценки по критериям

Критерий	Эксперт				
	Э ₁	Э ₂	Э ₃	Э ₄	Э ₅
у ₁	10	15	5	20	30
у ₂	20	25	15	25	70
у ₃	40	40	30	30	100

ЛПР провело оценивание альтернатив по данным трем критериям, которые приведены в табл. 25.

Таблица 25

Оценки альтернатив

Критерий	Альтернатива						
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇
y ₁	10	0	50	20	15	90	80
y ₂	25	40	10	60	80	10	20
y ₃	40	18	10	40	30	10	35

Вычислить значения весового вектора, оценить согласованность мнений экспертов. Выделить множество компромиссов, область согласия. Выбрать наилучшую альтернативу, используя принципы оптимальности: равенства, максимина, абсолютной и относительной уступки, лексикографический и главного критерия. Сравнить полученные решения, дать интерпретацию.

16. Экспертом проведено оценивание семи альтернатив (x_i) по восьми критериям (y_i) и построен вектор приоритета (λ_i) (табл. 26).

Таблица 26

Оценки альтернатив и вектор приоритета

Альтернатива	Критерии							
	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇	y ₈
x ₁	10	50	30	40	90	60	70	20
x ₂	20	90	70	60	80	40	30	10
x ₃	50	40	70	60	30	10	0	20
x ₄	30	90	90	40	20	30	80	50
x ₅	100	40	90	10	30	80	0	50
x ₆	40	90	0	80	100	10	20	30
x ₇	60	0	10	90	20	30	50	40
λ_i	1	2	2	1	3	1	2	3

Выбрать наилучшие альтернативы методами порогов несравнимости. Решить задачу другими методами и сравнить полученные решения.

17. Четыре компьютерные фирмы были оценены по четырем критериям: y_1 — цена; y_2 — срок гарантийного обслуживания; y_3 — время пребывания фирмы на рынке; y_4 — квалификация обслуживающего персонала. Были получены следующие оценки в баллах (табл. 27).

Таблица 27

Оценки по критериям

Фирма	Критерий			
	y_1	y_2	y_3	y_4
А	23	15	22	21
Б	18	21	25	25
В	20	25	17	19
Г	25	22	10	15
Весовой вектор	0,3	0,25	0,25	0,2

Выбрать лучшую альтернативу, используя принципы абсолютной уступки, идеальной точки, антиидеальной точки, максимина и главного критерия. Предложить другие методы решения задачи и сравнить полученные решения.

18. Привести содержательные примеры задач, решаемых с помощью известных методов многокритериальной оценки альтернатив. Решив задачи различными методами, сравнить полученные решения и оценить примененные методы принятия решений.

Контрольные вопросы

1. Описать методы формирования исходного множества альтернатив.

2. Что такое область компромиссов, область согласия, множество Парето, множество эффективных решений? Как выделяют область компромиссов? Предложить алгоритмы

построения паретовского множества для выпуклого и невыпуклого случаев, используя модели их описания.

3. Описать признаки и свойства методов решения многокритериальных задач принятия решений. Провести классификацию методов многокритериальной оценки альтернатив и методов решения многокритериальных задач принятия решений.

4. Охарактеризовать аксиоматические методы многокритериальной оценки альтернатив. Какие аксиомы применяются в этих методах? Указать способы проверки аксиом.

5. Какие принципы оптимальности используются в прямых методах многокритериальной оценки альтернатив?

6. Определить нормализованную задачу без приоритета.

7. Каковы основные приемы нормализации критериев?

8. Как определяется важность критериев?

9. Как корректируются принципы оптимальности при различной важности критериев?

10. Выделить роль ЛПР при реализации различных принципов оптимальности и предложить диалоговые варианты реализации принципов оптимальности.

11. Какие принципы оптимальности инвариантны к единицам измерения критериев?

12. Какие принципы оптимальности используют минимальную информацию о взаимной важности критериев?

13. Предложить различные постановки задач оптимизации на основе комбинирования принципов оптимальности.

14. Построить структурные схемы методов порогов несравнимости. К каким решениям могут приводить данные методы?

15. Построить структурную схему метода аналитической иерархии.

16. Модифицировать метод аналитической иерархии, предложив иные способы оценки весового вектора.

17. Привести содержательные примеры задач, решаемых с помощью принципов оптимальности, метода аналитической иерархии.

2.3. Статистические модели и методы принятия решений в условиях неопределенности

Статистическую модель принятия решений используют во многих реальных ситуациях выбора вариантов, проектов, действий, связанных с неопределенным влиянием среды на ситуацию выбора, осуществляемого органом принятия решений – ЛПР.

При оценивании качества альтернатив возможна одна из следующих *трех ситуаций априорной информированности ЛПР* о состояниях среды для локального критерия качества z_i .

1. ЛПР известно априорное распределение вероятностей состояний среды.

2. ЛПР известно, что среда активно противодействует его целям: среда стремится к выбору таких состояний $s_{ij} \in S_i, j = 1, \dots, q_i$ для которых в случае если локальный критерий или характеристика качества z_i описывается функцией полезности U_i , то среда принимает состояние, обеспечивающее наименьшее значение функции полезности из множества своих максимально возможных (по решениям) значений. В случае если локальный критерий или характеристика качества z_i описывается функцией потерь V_i то среда принимает состояние, обеспечивающее наибольшее значение функции потерь из множества своих минимально возможных (по решениям) значений.

3. ЛПР имеет приблизительную априорную информацию о состояниях среды, являющуюся промежуточной между первой и второй ситуациями априорной информированности.

Для каждой из трех ситуаций априорной информированности используются критерии оценки и выбора решений (критерии снятия неопределенности).

Для первой ситуации – критерии Байеса-Лапласа, критерий минимума среднего квадратического отклонения функции полезности или функции потерь, критерий максимизации вероятности распределения функции полезности, модальный критерий, критерий минимума энтропии математического ожидания функции полезности, критерий Гермейера, комбинированные критерии. Для второй ситуации – максиминный критерий Вальда, критерий минимаксного риска Севиджа. Для третьей ситуации – критерий Гурвица, критерий Ходжеса-Лемана.

Более подробно статистические модели и методы принятия решений представлены в [14].

Практические задания

1. Предложить модели принятия решений для задачи, в которой одна часть характеристик соответствует принятию решений при риске, а другая — принятию решений при определенности.

2. Для многокритериальной задачи при риске построить двухуровневую модель, в которой на нижнем уровне объединяются значения характеристик с помощью принципов оптимальности, а на верхнем уровне неопределенность задачи преодолевается с помощью различных критериев.

3. Предложить описание моделей принятия решений при риске для непрерывного случая.

4. Предложить свои постановки задач многокритериального выбора на основе комбинирования принципов оптимальности.

5. В задаче принятия решения заданы семь альтернатив ($x_1 - x_7$), восемь вариантов состояний среды ($s_1 - s_8$). Матрица полезности представлена в табл. 28.

Таблица 28

Оценки альтернатив

Альтернатива	Состояние внешней среды							
	s ₁	s ₂	s ₃	s ₄	s ₅	s ₆	s ₇	s ₈
x ₁	10	50	30	40	90	60	70	20
x ₂	20	90	70	60	80	40	30	10
x ₃	50	40	70	60	30	10	0	20
x ₄	50	90	90	40	20	30	80	50
x ₅	100	40	90	10	30	80	0	50
x ₆	40	90	0	80	100	20	20	30
x ₇	60	0	10	90	20	30	50	40

Предполагая, что известно априорное распределение вероятностей состояний среды $p = \{p_1, \dots, p_2\} = \{0,2; 0,3; 0,1; 0,15; 0,05; 0,1; 0,05; 0,05\}$, найти лучшие альтернативы, используя разные критерии. Для случая недоверия к значениям вектора p найти лучшие альтернативы. Сравнить полученные решения и дать рекомендации по применению критериев.

5. В задаче принятия решения известны шесть альтернатив ($x_1 - x_6$) и десять возможных ситуаций ($s_1 - s_{10}$), при которых принимается решение. Матрица полезности альтернатив для разных ситуаций приведена в табл. 29.

Таблица 29

Оценки альтернатив

Альтернатива	Вариант ситуации									
	s ₁	s ₂	s ₃	s ₄	s ₅	s ₆	s ₇	s ₈	s ₉	s ₁₀
x ₁	0	90	20	30	100	15	25	100	25	15
x ₂	15	70	40	0	90	80	15	90	35	10
x ₃	0	50	40	10	80	70	45	70	15	5
x ₄	25	25	40	30	45	40	50	70	55	5
x ₅	45	40	50	25	25	30	25	80	60	10
x ₆	70	80	10	30	0	30	10	0	15	25

Предполагая, что известно априорное распределение вероятностей состояний среды $p = \{p_1, \dots, p_{10}\} = \{0,2; 0,2; 0,1; 0,15; 0,05; 0,1; 0,05; 0,025; 0,1; 0,025\}$, найти лучшие альтернативы, используя разные критерии. Для случая недоверия к значениям вектора p найти лучшие альтернативы. Сравнить полученные решения и дать рекомендации по применению критериев.

б. Сравниваются три типа сотовой связи: x_1 – МТС; x_2 – Билайн; x_3 – Мегафон. Связью собираются пользоваться в Воронежской области (S_1) и в Воронеже (S_2). Эксперты оценили среднюю стоимость 1 мин разговора в рублях (критерий z_1) и качество связи в баллах (критерий z_2) для разных типов связи при различных местах соединения. Результаты оценивания типов сотовой связи по двум критериям приведены в табл. 30.

Таблица 30

Результаты оценки

Тип сотовой связи	Место соединения	
	S_1	S_2
Критерий z_1		
x_1	25	15
x_2	19	21
x_3	15	И
Критерий z_2		
x_1	4	5
x_2	5	3
x_3	2	4

Выбрать лучший вариант связи, предполагая, что известна вероятность использования связи в Воронежской области (s_1) и в Воронеже (s_2): $p = \{p_1, p_2\} = \{0,4; 0,6\}$. Скорректировать условия, вводя различные предположения об априорной информированности о местах использования связи. Решить полученные задачи.

7. Молодой человек, собираясь на день рождения своей любимой, столкнулся с проблемой покупки подарка для девушки. Он рассмотрел следующие варианты подарка: x_1 – букет цветов; x_2 – французские духи; x_3 – дамские часики. При оценивании вариантов подарка он руководствовался двумя критериями: угодить девушке (произвести впечатление) и стоимостью подарка (т.е. желанием не остаться без денег). Он также учитывал, что девушка может пребывать в различном настроении: s_1 – жизнерадостном; s_2 – благоприятном; s_3 – игривом; s_4 – унылом; s_5 – безразличном; s_6 – депрессии. Рассматривая настроение девушки как состояние среды, он оценил разные варианты подарка в зависимости от настроения девушки по двум критериям: z_1 – критерий угождения девушке; z_2 – критерий стоимости подарка. Результаты оценивания приведены в табл. 31.

Таблица 31

Результаты оценки

Вариант подарка	Настроение девушки					
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
Критерий z_1						
a_1	10	10	16	11	11	14
a_2	12	11	12	12	14	13
a_3	10	15	10	12	16	12
Критерий z_2						
a_1	15	12	14	15	15	12
a_2	11	12	13	11	12	11
a_3	13	11	16	12	10	16

Выбрать лучший вариант подарка при различных предположениях о настроении девушки, используя разные критерии для оценки риска и принципы оптимальности. Предложить свой вариант оценки качества подарка и решить свою задачу.

8. В магазине покупатель столкнулся с проблемой выбора персонального компьютера (ПК) для работы в офисе. Ему были предложены три марки ПК: x_1 – ASUS; x_2 – DELL; x_3 – HP. При выборе фирмы покупатель руководствовался только двумя критериями: z_1 – качество; z_2 – технические показатели. При этом он учитывал, что компьютером будут пользоваться разные люди с различными требованиями и умениями (s_1 – s_6). Вероятности работы этих пользователей: s_1 – 0,25; s_2 – 0,12; s_3 – 0,15; s_4 – 0,10; s_5 – 0,22; s_6 – 0,16. В результате формализации задачи получены следующие данные (табл. 32).

Таблица 32

Результаты оценки

Альтернатива	Вариант пользователя					
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6
Критерий z_1						
x_1	8	8	14	9	9	12
x_2	10	9	10	10	8	11
x_3	8	13	8	10	14	10
Критерий z_2						
x_1	10	9	10	10	8	11
x_2	8	9	14	9	9	10
x_3	9	7	8	11	7	9

Помочь пользователю выбрать лучшую марку компьютера.

9. Существуют пять вариантов программного обеспечения для защиты информации на сервере (x_1 - x_5) и пять видов хакерских атак на серверы пользователей как состояния внешней среды (s_1 - s_5). Задана функция потерь в виде матрицы (табл. 33).

Матрица потерь

Вариант программного обеспечения	Вид хакерской атаки				
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
x ₁	0,55	0,87	0,11	0,29	0,69
x ₂	0,85	0,25	0,54	0,77	0,16
x ₃	0,70	0,29	0,68	0,98	0,55
x ₄	0,68	0,38	0,77	0,51	0,15
x ₅	0,49	0,75	0,90	0,18	1,00

Выбрать лучшее программное обеспечение.

Контрольные вопросы

1. Чем различаются задачи принятия решений при риске и при определенности? В чем состоит неопределенность задачи принятия решений при риске?

2. Описать основные особенности однокритериальной модели принятия решений при риске. Привести постановку задачи принятия решений. Построить обобщенную структурную схему однокритериальной задачи принятия решений при риске.

3. Описать основные особенности многокритериальной модели принятия решений при риске. Привести постановку задачи принятия решений. Построить обобщенную структурную схему двухуровневой многокритериальной задачи принятия решений при риске.

4. Какова роль ЛПР в задачах принятия решений при риске?

5. В чем заключается неопределенность задачи принятия решений при риске? Как преодолевается эта неопределенность?

6. Каковы виды априорной информированности ЛПР в задачах принятия решений при риске?

7. С помощью каких критериев преодолевается неопределенность задач принятия решений при риске? Каковы преимущества и недостатки этих критериев?

8. В чем состоит преимущество комбинированного критерия?

9. Как используются принципы оптимальности в задачах принятия решений при риске?

10. Как можно использовать методы принятия решений при определенности в задачах принятия решений при риске?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев, О. Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации [Текст] / О. Г. Алексеев. – М.: Наука, 1987. – 247 с.
2. Астахов, А. М. Искусство управления информационными рисками [Текст] / А. М. Астахов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 312 с.
3. Атаки на информационно-технологическую инфраструктуру критически важных объектов: оценка и регулирование рисков [Текст]: монография / А. О. Калашников и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга». – 2013. – 160 с.
4. Белецкая, С. Ю. Принятие оптимальных решений с использованием средств EXCEL [Текст]: учеб. пособие / С. Ю. Белецкая. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. – 98 с.
5. Варфоломеев, А. А. Управление информационными рисками [Текст]: учеб. пособие / А. А. Варфоломеев. – М.: РУДН, 2008. – 158 с.
6. ГОСТ Р ИСО 31000–2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство». – М.: Стандартинформ. – 2012. – 28 с.
7. ГОСТ Р ИСО 31010–2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска». – М.: Стандартинформ. – 2012. – 74 с.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000–2012 «Информационная технология «Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология». – М.: Стандартинформ. – 2013. – 33 с.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2006 «Информационная технология «Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования». – М.: Стандартинформ. – 2008. – 31 с.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002–2012 «Информационная технология «Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности». – М.: Стандартинформ. – 2013. – 210 с.
11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005–2010 «Информационная технология «Методы и средства

обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности». – М.: Стандартиформ. – 2011. – 51 с.

12. Методическое обеспечение оценки и регулирования рисков распределенных информационных систем [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Остапенко и др. – Воронеж: ВГТУ, 2011. – 178 с.

13. Остапенко, А. Г. Математические основы риск-анализа [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А. Г. Остапенко, М. В. Бурса. – Воронеж: ВГТУ, 2013. – электрон. опт. диск.

14. Остапенко, А. Г. Математические основы управления рисками нарушения информационной безопасности [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А. Г. Остапенко, О. Н. Чопоров. – Воронеж: ВГТУ, 2014. – электрон. опт. диск.

15. Остапенко, А. Г. Теория управления рисками информационных систем [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А. Г. Остапенко, С. С. Куликов. – Воронеж: ВГТУ, 2013. – электрон. опт. диск.

16. Остапенко, Г. А. Основы оценки рисков и защищенности компьютерно атакуемых информационных систем и технологий [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Остапенко, Д. Г. Плотников, О. А. Остапенко. – Воронеж: ВГТУ, 2013. – 143 с.

17. Остапенко, Г. А. Риски систем [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Г. А. Остапенко, О. А. Остапенко, Е. А. Попов. – Воронеж: ВГТУ, 2013. – электрон. опт. диск.

18. Остапенко, О. А. Риски систем: оценка и управление [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / О. А. Остапенко, Д. О. Карпеев, В. Н. Асеев. – Воронеж: ВГТУ, 2006. – электрон. опт. диск.

19. Риски распределенных систем: методики и алгоритмы оценки и управления / Г. А. Остапенко, Д. О. Карпеев, Д. Г. Плотников и др. // Информация и безопасность. – 2010. – Т. 13. – Вып. 4. – С. 485–530.

20. Рыков, А. С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации [Текст] / А. С. Рыков. – М.: Издательский дом МИСиС, 2009. – 608 с.

21. Щербаков, В. Б. Оценка и управление рисками информационной безопасности беспроводных телекоммуникационных систем [Текст]: учеб. пособие [Электронный ресурс] / В. Б. Щербаков, А. В. Гармонов, О. А. Остапенко. – Воронеж: ВГТУ, 2007. – электрон. опт. диск.

22. Язов, Ю. К. Анализ и управление рисками нарушения безопасности персональных данных при обработке в информационных системах [Текст]: учеб пособие [Электронный ресурс] / Ю. К. Язов; под ред. А. Г. Остапенко. – Воронеж: ВГТУ, 2008. – электрон. опт. диск.

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	1
Практическое задание	7
Контрольные вопросы.....	8
Тема 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ.....	10
2.1. Методы экспертных оценок.....	10
Практические задания	15
Контрольные вопросы.....	22
2.2. Детерминированные модели и методы принятия решений	22
Практические задания	25
Контрольные вопросы.....	32
2.3. Статистические модели и методы принятия решений в условиях неопределенности	34
Практические задания	35
Контрольные вопросы.....	40
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	42

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Математические основы управления рисками»
для студентов специальностей
090301 «Компьютерная безопасность»,
090302 «Информационная безопасность
телекоммуникационных систем»,
090303 «Информационная безопасность
автоматизированных систем»
очной формы обучения

Составитель
Чопоров Олег Николаевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 15.05.2015.
Уч. - изд. л. 2,8.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14