

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Экономика и управление»

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2019

УДК 338.24
ББК 65.050.2
Р 17

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Экономика и управление» «26» марта 2019 г.,
протокол № 8

Составитель ст. преподаватель Е. Г. Галкина

Рецензент канд. экон. наук, доц. Т. Г. Нечаева

Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов
специальности 1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии» очной и
заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Ответственный за выпуск	И. В. Ивановская
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая



Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019

Содержание

Порядок выполнения и защиты лабораторных работ	4
Лабораторная работа № 1. Формулировка проблемы	4
Лабораторная работа № 2. Метод мозгового штурма	8
Лабораторная работа № 3. Построение дерева решений	11
Лабораторная работа № 4. Применение экспертных методов	15
Лабораторная работа № 5. Решение задач линейного программирования	18
Лабораторная работа № 6. Сетевые графики	22
Лабораторная работа № 7. Применение теории игр	27
Лабораторная работа № 8. Разработка и принятие решения в условиях риска	31
Лабораторная работа № 9. Разработка и принятие решения в условиях неопределённости	32
Лабораторная работа № 10. Взвешивание свидетельств с использованием факторов уверенности	36
Лабораторная работа № 11. Применение теории Демпстера–Шефера	39
Лабораторная работа № 12. Агрегирование информации при принятии решения	43
Лабораторная работа № 13. Оценка эффективности принятого решения	47
Список литературы	48



Порядок выполнения и защиты лабораторных работ

В результате выполнения лабораторной работы студенту необходимо изучить приёмы выработки управленческих решений, принципы создания экономико-математических моделей для обоснования рациональных решений.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить теоретический материал по теме выполняемой лабораторной работы.
- 2 Получить задание у преподавателя.
- 3 Выполнить необходимые расчеты.
- 4 Сделать выводы по полученным результатам.
- 5 Составить отчет.

Форма отчета

По окончании выполнения работы студент должен оформить полученные результаты. Отчет о проделанной работе представляет собой лист Excel соответствующими формулами для их расчета. Сохранить на диске S в каталоге группы.

К защите лабораторной работы допускаются только студенты, выполнившие работу и оформившие отчет. Защита проходит в форме устного и письменного собеседования, когда студент отвечает на вопросы преподавателя, которые приведены в данных методических рекомендациях в списке контрольных вопросов к каждой лабораторной работе, а также дополняет свои ответы письменно примерами формул и расчетов по ним.

Лабораторная работа № 1. Формулировка проблемы

Цель работы: получить навыки формулировки проблемы.

Задание к лабораторной работе

Выполнить первый шаг технологии принятия решения: определите проблему, сформулируйте цель, поставьте задачу или несколько задач, проранжируйте их по очередности решения. Определите, какую информацию необходимо еще собрать для решения задачи. Определите требования к данному решению и проранжируйте их в порядке убывания степени важности. Продумайте, какой количественный критерий будет использоваться для определения достижения поставленной цели.

Ситуация для анализа.

Предприятие N в последнее время испытывает трудности со сбытом продукции. Стиральные машины, выпускаемые предприятием, по техническим характеристикам и диапазону программируемых операций уступают зарубежным



машинам того же класса, поступающим на тот же рынок. Новая модель, предложенная отделом главного конструктора, более конкурентоспособна. Однако для освоения ее массового производства требуется реконструкция, модернизация или приобретение нового оборудования. Сумма необходимых капиталовложений и предлагаемые условия кредита (собственных финансовых ресурсов у предприятия нет) обуславливают срок окупаемости через три года при условии запуска новой модели в производство через год. На совещании у директора завода было высказано мнение, что за этот срок завод успеет обанкротиться. При нынешнем темпе сокращения продаж не хватит денег не только на расчеты по кредиту, но и на выплату заработной платы. В качестве альтернативы предлагалось вкладывать средства в улучшение внешнего вида изделий, расширение рекламы и освоение новых географических рыночных ниш. В то же время обращалось внимание на наличие резервов. Предлагалось за счет организационных мероприятий, не требующих капитальных затрат, повысить производительность, снизить себестоимость изделий и таким образом получить возможность установить конкурентные цены. А в случае роста продаж за счет снижения цен увеличить объем выпуска продукции. Обсуждались и другие варианты.

Методические указания

Одна из наиболее трудных стадий в решении проблемы – переход от ощущения дискомфорта, от ситуации, где «что-то причиняет вред», к той, в которой имеется четко сформулированная проблема. Стремление к ясному пониманию проблемы может часто вести к ее *неадекватной оценке*. Такая неадекватность может иметь *две крайности: чрезмерно упрощенное* либо, напротив, *чрезмерно усложненное представление реальной проблемы* (рисунок 1).

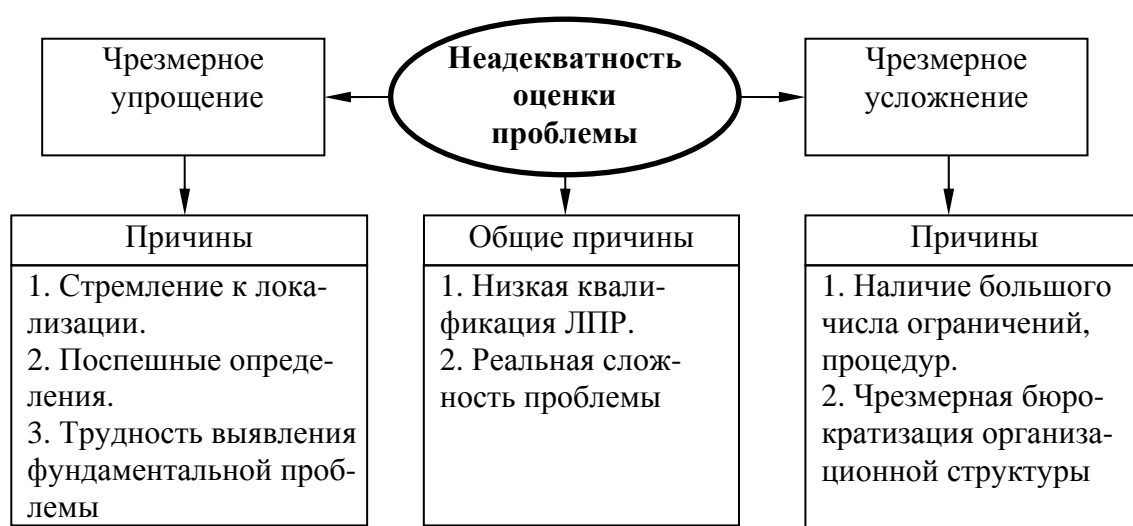


Рисунок 1 – Формы проявления и причины неадекватности оценки проблемы

При *первом столкновении* с проблемой вполне естественной является потребность знать и понимать ее, иметь контроль над довольно неясной и неопределенной ситуацией. Здесь проявляется *тенденция локализации или*

упрощения представления ситуации из-за поспешных определений. Концентрируясь на общепризнанной потребности определения проблемы ясным и точным способом, можно часто упустить из виду более *основополагающую проблему*. Анализируемая проблема может быть лишь *формой проявления* другой *фундаментальной проблемы*. И именно на выявление этой фундаментальной проблемы и необходимо направить усилия.

Другая крайность – *усложненное представление проблемы*. Причиной этого может быть низкая квалификация лица, принимающего решение (ЛПР), наличие большого числа регламентирующих ограничений.

Ощущение проблемы и ее формулировка – это творческий процесс. По крайней мере он должен быть таким. Это требует от ЛПР образного и исследовательского мышления. Необходимо дать ответы на множество вопросов: что, если ..., и (или), почему. Первостепенное значение имеет способность ЛПР выдвигать новые идеи, гипотезы или хорошо организовать выдвижение идей другими работниками организации. Не менее сложно обеспечить процесс отклонения неплодотворных идей. При этом требуется, с одной стороны, сконцентрироваться на решении конкретной проблемы. С другой стороны, очень важно не упустить существенных возможностей из-за чрезмерного ограничения, упрощения проблемы.

Определение проблем является творческим процессом. Менеджеры, которые не способны подойти к проблеме творчески, могут:

- не распознать истинный характер некоторых проблем;
- оказаться не способными своевременно предвидеть вероятные последствия.

В такой ситуации ответственные за организацию принятия решения и действия по его реализации стоят перед задачей:

- концентрации творческой деятельности на распознавании и формулировке проблем;
- усиления аналитического характера процесса определения проблем и их перевода на организационный язык, чтобы решения могли быть приняты;
- определения объема ресурсов, которые целесообразно направить на реализацию решения.

При решении долговременных и стратегических проблем целесообразно *введение специалиста по управленческим решениям в группы, определяющие проблемы*. Потребность в связи между творческим и аналитическим аспектами в принятии операционных решений возникает очень часто. Поэтому эти два навыка должны быть развиты в одном и том же лице или группе, которые занимаются разработкой решений.

Четкая формулировка проблемы при появлении дискомфорта, нахождение фундаментальной проблемы за проблемой очевидной – самый важный момент в фазе определения проблемы.

Понимание проблемы включает:

- определение существующего положения вещей, имеющейся ситуации. Даже о самых очевидных и общепризнанных установках и процедурах в организации необходимо задавать вопрос «почему?»;



– способность видеть более широкую картину, чем очевидное и непосредственно воспринимаемое. Понимание проблем – очень контекстный процесс, который включает наблюдение как «леса», так и «отдельных деревьев»;

– готовность изучать будущее. Определение проблем прежде, чем они станут кризисами, часто означает, что они могут быть рассмотрены и решены без существенных негативных последствий для организации.

Основные элементы понимания проблемы приведены на рисунке 2.

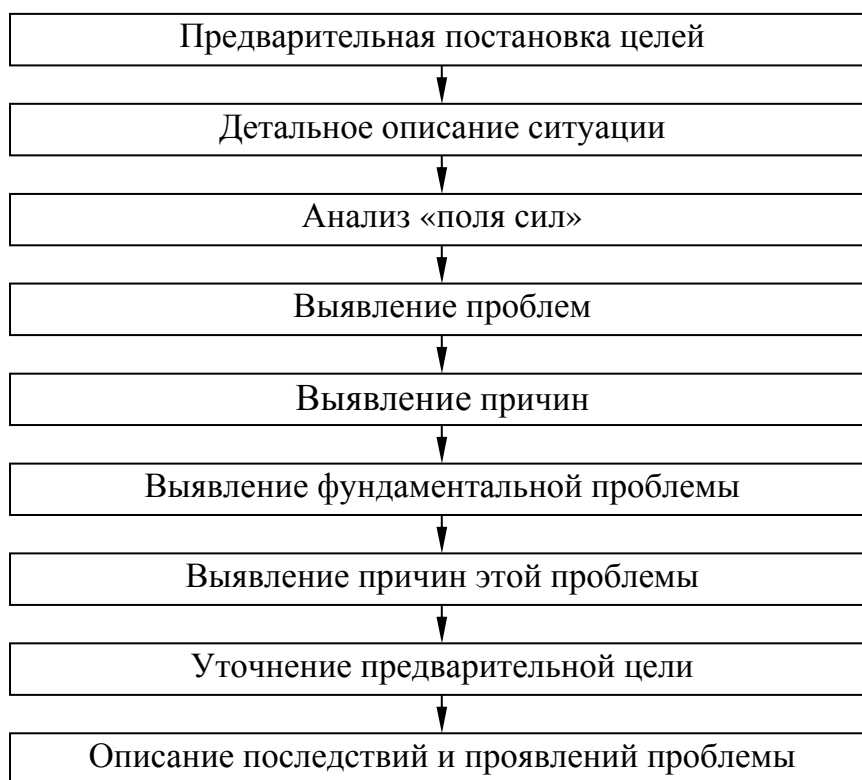


Рисунок 2 – Основные элементы понимания проблемы

Основными стадиями понимания контекста проблемы являются сбор данных и их анализ, интерпретация и формулировка варианта определения проблемы в анализируемом контексте. Рассмотрим эти стадии.

1 *Сбор данных* относительно прикладной области. Типология данных может быть проведена по ряду признаков, в частности:

- по степени общности – общая либо детальная информация;
- по степени достоверности – «твердый факт» либо мнения, оценки, субъективные и даже спорные. Эта информация используется для построения картины проблемы.

2 *Анализ и интерпретации данных* для нахождения самой проблемы, ее основной причины, проявлений и последствий. *Простой анализ* может включать подсчет частоты наступления определенного события в определенные интервалы времени. *Более сложный анализ* может потребовать, например, создания определенной модели. Это может быть аналоговая модель, представляющая данные другим способом, например, в виде графика, или более

сложная, с использованием специального математического аппарата. Главное требование к выбору методов анализа данных – улучшение нашего понимания ситуации и решаемой проблемы.

Рассмотренные две стадии не всегда четко разграничены и полностью последовательны. Это обусловлено рядом причин. В процессе сбора данных трудно обеспечить полную беспристрастность. Поэтому на данной фазе невозможно полностью исключить анализ. В ходе анализа может быть выявлена потребность в дополнительных данных. Целесообразно двигаться от сбора данных к их анализу и интерпретации, от вопроса «что?» к вопросу «почему?».

Контрольные вопросы

- 1 Охарактеризуйте этапы формулировки проблемы.
- 2 Что понимается под анализом внешней среды для принятия управленческого решения?
- 3 На конкретном примере охарактеризуйте проблему в сфере управления персоналом, требующую принятия управленческого решения.
- 4 На конкретном примере охарактеризуйте проблему в сфере материально-технического снабжения, требующую принятия управленческого решения.
- 5 Назовите достоинства и недостатки формулировки проблемы «снизу» и «сверху».

Лабораторная работа № 2. Метод мозгового штурма

Цель работы: изучить механизм применения метода мозгового штурма как механизма выявления возможностей и умения генерировать оригинальные идеи.

Задание к лабораторной работе

Занятие проводится в форме деловой игры. Необходимо рассмотреть ситуации для принятия управленческого решения путем проведения деловой игры «Мозговой штурм».

Правила рассмотрения ситуаций.

- 1 Все участники игры делятся на временные творческие коллективы (ВТК) по 5...6 человек.
- 2 Члены ВТК знакомятся с правилами игры, критериями оценки выступающих, рассматривают проблемную ситуацию, готовят решение.
- 3 Во время обсуждения проблемной ситуации нет ни авторитетов, ни новичков – есть только ведущий и участники. Никто не может претендовать на особую роль и привилегии, даже автор блестящей идеи.
- 4 Категорически запрещены любые взаимные критические замечания и промежуточные оценки. Главной задачей обсуждения является выдвижение новых идей в творческой, дружеской обстановке.



5 Следует стремиться к тому, чтобы выдвинутых идей было как можно больше, и все они отличались разнообразием. От числа предложений зависит вероятность появления новой, ценной идеи. Допускаются шуточные предложения, приветствуются дополнения, усовершенствования, предложенные участниками «мозговой атаки». Можно задавать вопросы коллегам в целях уточнения и развития их идей, однако они не должны содержать в себе оценки или личные отношения.

Примерные ситуации для проведения «мозгового штурма».

1 Предложите несколько идей, которые вы реализуете, если вас назначат директором службы экономической безопасности фирмы (начальником финансово-экономической службы).

2 Действительно ли мужчины способнее женщин в управленческой деятельности? Нет, объясните, почему возникло такое мнение (приведите максимум примеров).

3 Какие идеи вы предложили бы для того, чтобы сократить число бракованной продукции, выпускаемой фирмой?

Методические указания

«Мозговой штурм» – продуктивный способ выдвижения новых идей.

Подчас довольно сложная проблема, не поддавшаяся решению традиционными способами, неожиданно получала оригинальное решение методом «мозгового штурма». Этот метод развивает мыслительные процессы, способность абстрагироваться от объективных условий и существующих ограничений, умение сосредоточиться на какой-либо узкой актуальной цели и т. д.

Процедура «мозговой атаки» включает четыре этапа.

Этап 1. *Формулирование или выбор проблемы с учетом ее актуальности и коллективных интересов.* Участники знакомятся с правилами поиска решения и поведения в процессе «мозговой атаки». В каждом временном творческом коллективе (ВТК) выбирают его руководителя, секретаря и эксперта. Роли внутри ВТК распределяются согласно личным интересам, пожеланиям и возможностям участников.

Эффективность обсуждения во многом обуславливается правильным выбором руководителя, его способностью создавать свободную творческую обстановку, стимулировать и поощрять идеи, обладать даром импровизации, чувством юмора. Руководитель ВТК регулирует процесс генерирования идей, следит за соблюдением правил и регламента. После завершения первого этапа «мозговой атаки» он рекомендует кандидатуру руководителя проекта по выбранной теме, которая согласовывается с ВТК. Секретарь совещания фиксирует высказанные предложения в протоколе (можно использовать различные технические средства) без указания фамилии авторов идей и предложений.

Руководитель проекта после первого этапа должен организовать обсуждение высказанных предложений, выделить наиболее интересные, перспективные и практически применимые идеи, подготовить выступление о проде-



ланной работе. Ориентировочная продолжительность первого этапа составляет 10...15 мин.

Этап 2. *Разминка.* Участники игры упражняются в быстром поиске ответов на поставленные ведущим вопросы и задачи, что помогает максимально быстро войти в свои роли, адаптироваться к правилам, освободиться от неловкости. С этой целью можно использовать конкретные вопросы в рамках предлагаемых тем, различные шуточные вопросы и задачи. Например: «Сколько можно найти вариантов применения пустой банки из-под майонеза (кофе) или молочной бумажной тары? Целесообразно рассматривать не более трех–четырёх вопросов. Продолжительность второго этапа также составляет 10...15 мин.

Этап 3. *Разработка проблемы.* Ведущие еще раз уточняют поставленную задачу, напоминают основные правила поведения, предупреждают от типичных ошибок. В процессе «мозговой атаки» каждый участник может выступить несколько раз, но при этом руководитель ВТК должен следить, чтобы в одном высказывании не было более одной идеи, а продолжительность выступления не превышала 1...2 мин. Секретарь собрания фиксирует все предложения в протоколе. Необходимо предложить как можно больше идей. В ходе обсуждения неперспективные идеи не получают поддержки участников обсуждения и будут заменены новыми. В этом проявляется скрытая форма оценки высказанных предложений. Для сравнимости результатов и обеспечения состоятельности целесообразно обсуждать в различных ВТК одну и ту же проблему или несколько одинаковых. Продолжительность этапа составляет 30...45 мин.

Этап 4. *Оценка, классификация и отбор наиболее совершенных идей.* Все высказанные идеи подвергаются критическому анализу, детализируются, уточняются и дополняются. Исходя из цели разработки, предложенные идеи классифицируют, устанавливают возможные сферы их использования, составляют планы их реализации, конкретизируют исполнителей и сроки работ. Отбирать идеи можно поэтапно, с последовательным использованием различных критериев, ранжированием их по значимости, предварительно исключив явно слабые предложения.

Разделение этапов генерирования идей и анализа создает благоприятные условия для их всестороннего рассмотрения, более объективной критики, позволяет выявить наиболее перспективные направления решения проблем и представить их в виде конкретной программы.

Реализация поставленных задач осуществляется под управлением Руководителя проекта отдельно в каждом ВТК. Продолжительность этапа составляет 15...20 мин.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите этапы проведения мозгового штурма.
- 2 Каковы основные правила метода мозгового штурма?
- 3 Назовите достоинства и недостатки мозгового штурма.
- 4 В чем заключается принцип синергетики при мозговом штурме?



- 5 Приведите пример модификации метода мозгового штурма.
- 6 Чем метод мозгового штурма отличается от метода контрольных вопросов?

Лабораторная работа № 3. Построение дерева решений

Цель работы: изучить процесс построения дерева решений и обосновать принимаемое на его основе управленческое решение.

Задание к лабораторной работе

В соответствии с вариантом задачи требуется построить дерево решений, произвести соответствующие расчёты и обосновать решение.

Вариант 1. Создание торговой точки. Предприниматель собирается открыть магазин. Он может открыть маленький магазин, большой магазин или ничего не открывать. Если он открывает большой магазин, то будет зарабатывать 60 000 долл., если рынок благоприятный, но будет нести потери 40 000 долл., если рынок неблагоприятный. Маленький магазин будет приносить 30 000 долл. прибыли при благоприятном рынке и 10 000 долл. потерь, если рынок неблагоприятный. Вероятность благоприятного рынка без проведения дополнительных исследований составляет 0,3. Дополнительные исследования рынка потребуют 5 000 долл. Вероятность успешного исследования рынка составляет 0,6. В случае успешного исследования вероятность благоприятного рынка составит 0,8, а в случае неудачного – только 0,15.

Вариант 2. Выбор стратегии развития фирмы. Компания проводит исследования по новому косметическому средству. Она имеет три возможности. Первая: продать новшество крупной компании – это принесёт 10 000 000 долл.; вторая: начать лабораторное исследование и затем принимать решение; третье: провести агрессивную маркетинговую кампанию в надежде, что тестирование нового средства будет удачным. Программа лабораторного исследования стоит 5 000 000 долл., и есть шанс 50:50, что будут получены хорошие результаты. При плохих результатах тестирования с шансом 1:10 доход составит только 1 000 000 долл. С другой стороны, при хороших результатах будет получено 20 000 000 долл. Но так как компания маленькая, то даже с хорошими результатами лабораторного исследования успех товара на рынке составит только 40 %. При хорошем результате лабораторного исследования затраты будут включать не только 5 000 000 долл. на тестирование, но и 3 000 000 долл. на маркетинг. При третьей возможности компания проводит агрессивную маркетинговую кампанию, но существует только один шанс к пяти, что это надо делать. Однако выигрыш при успехе маркетинговой кампании составит 100 000 000 долл. В третьем случае маркетинговые затраты составят 3 000 000 долл. и тестирование будет стоить 5 000 000 долл.

Вариант 3. Создание нового товара в условиях конкуренции. Фирма имеет возможность создания нового товара на основе новой технологии. Стоимость исследовательских работ по созданию товара оценивается



в 100 000 долл., а на проведение этих работ потребуется один год. Возможность успешного завершения работы оценивается в 90 %, а сумма прибыли – в 600 000 долл. Издержки на внедрение новой технологии составят 100 000 долл., а издержки, связанные с выходом на рынок, – 150 000 долл.

Также есть вероятность 0,8 разработки в течение 12 месяцев аналогичного товара конкурирующей фирмой. В этом случае рынок будет поделен между двумя фирмами, и сумма прибыли уменьшится в два раза.

Кроме альтернатив: ничего не предпринимать или проводить полномасштабную программу исследований, фирма имеет ещё два варианта.

Проводить исследования в течение восьми месяцев, чтобы посмотреть, выйдет ли другая фирма на рынок с аналогичным продуктом, а если нет – развить высокую скорость работ. Замедленная программа исследований на первые 8 месяцев обойдётся в 80 000 долл. Вероятность успешного завершения этой программы та же, что при полномасштабных исследованиях. Вероятность, что конкуренты за 8 месяцев создадут аналогичный продукт, – 0,6. Интенсивные исследования будут проводиться в течение четырёх месяцев только в случае, если результаты исследований первых 8 месяцев окажутся успешными и обойдутся ещё в 60 000 долл. Вероятность успеха в целом равна 0,9.

Шесть месяцев проводить исследования, требующие затрат 60 000 долл., и предпринять разведку действий конкурентов, чтобы определить, ведутся ли разработки аналога. Если кто-то разработает продукт через шесть месяцев, потребуется лишь 30 000 долл. для того, чтобы проанализировать и скопировать продукт. Если товар-аналог не будет создан, то при общих затратах в 120 000 долл. он будет разработан самой фирмой с вероятностью 0,9. Вероятность того, что за 6 месяцев будет разработан конкурирующий продукт, равна 0,5.

Вариант 4. Выбор оборудования для производства нового продукта.

Компания разработала новое изделие и занимается разработкой пятилетнего плана производства и продажи этого продукта.

Известно, что в течение пяти лет стоимость материалов и накладные расходы составят 1,50 долл. на одно изделие при пятидневной рабочей неделе без сверхурочных. Удельные затраты на труд и оборудование будут зависеть от того, какая машина будет использована для производства. Первый тип – полуавтоматическая машина, которая стоит 450 000 долл. Средние переменные издержки на труд и прочие издержки, связанные с её использованием, составляют 2,50 долл. Эта машина имеет производительность 640 шт. в день. При этом затраты времени на настройку оборудования составляют 12,5 % (1/8 общего времени). Вторая машина является автоматом и стоит 850 000 долл. Средние переменные издержки при её использовании составляют 1,75 долл. Этот тип оборудования имеет высокую производительность – 800 шт. в день. Затраты времени на настройку машины более высоки – 25 % (1/4 времени).

Наиболее вероятная цена нового товара – 6 долл. Объём продаж на каждый год оценивается следующими значениями: 120 000 шт. – вероятность 0,15; 130 000 шт. – 0,25; 140 000 шт. – 0,4; 150 000 шт. – 0,15; 1 600 шт. – 0,05.

Используя эти оценки, компания должна решить, как поступить в случае, если спрос превысит производительность оборудования. Тогда можно либо модифицировать оборудование, либо использовать сверхурочное время. Оплата сверхурочного времени приведет к увеличению средних издержек на 1,20 долл. – для полуавтоматической машины и на 0,90 долл. – для автоматической. Модификацию оборудования можно провести в конце первого года. В этом случае использование сверхурочного времени может потребоваться только в первом году. Затраты на модификацию полуавтоматической машины до максимальной производительности составляют 60 000 долл. Затраты по модификации автомата – 70 000 долл. Величина банковского процента равна 15 %, а продолжительность производственного года – 50 недель.

Вариант 5. Выдача кредита заёмщику. Заёмщик берёт кредит в 50 000 долл. сроком на один год. Банк может выдать эту сумму под 12 % годовых или вложить в дело со 100-процентным возвратом суммы, но под 7 % годовых. Банку известно, что 5 % клиентов ссуду не возвращают, поэтому банк может проверять кредитоспособность клиента перед тем, как выдавать заём. Аудиторская фирма берёт с банка 80 долл. за проверку. Банк проверяет правильность аудиторского заключения. Для этого выбирается 1000 заёмщиков, которые были проверены и затем получили кредиты. 750 заёмщикам аудиторская фирма рекомендовала выдать кредит, но 15 клиентов не вернули ссуду. 250 клиентам фирма не рекомендовала выдавать кредит, но он был выдан, и 25 клиентов не вернули заём.

Вариант 6. Определение размера запаса. Посредническая фирма еженедельно закупает и распространяет химические реактивы для фотолабораторий. Стоимость закупки ящика составляет 50 долл., прибыль от продажи ящика – 80 долл. Статистика исследования спроса следующая: вероятность спроса на 11 ящиков равна 0,4, на 12 ящиков – 0,4, на 13 ящиков – 0,2. Если закупленный ящик остался непроданным, фирма несет убыток 50 долл. Определить размер запаса, который целесообразно создать фирме. Изменится ли решение, если неудовлетворённый спрос будет оценен в 45 долл.?

Вариант 7. Решение о монтаже оборудования. Предприятие решает, монтировать или нет новую производственную линию. Если новая линия будет работать безотказно, компания получит прибыль 200 000 долл. Если же она откажет, компания может потерять 150 000 долл. По оценкам, существует 60 % шансов, что новая производственная линия откажет. Можно создать экспериментальную установку, а затем решать, монтировать или нет производственную линию. Эксперимент обойдётся в 10 000 долл. Существует 50 % шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90 % шансов за то, что смонтированная производственная линия также будет работать. Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20 % шансов за то, что производственная линия заработает.



Методические указания

Дерево решений – это граф, представляющий правила в иерархической последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение.

Дерево решений обычно строится следующим образом. Сначала берется весь набор данных, который представляется исходной или корневой вершиной. Затем определяются способы (правила) разбиения на ветви всего множества записей или вариантов, соответствующих корневому узлу. Ветви образуют дерево, повернутое кроной вниз. На ветвях дерева отмечают узлы, отвечающие подмножеству записей или вариантов. На каждом узле снова определяются правила разбиения на ветви и т. д. до тех пор, пока процесс не дойдет до конечных узлов, называемых листьями. В связи с этим деревья решений часто применяются для моделирования (генерации) «многоэтапных» процессов принятия решений, в которых взаимосвязанные решения принимаются последовательно. Такое представление облегчает описание процесса принятия решений.

Дерево решений используют, когда нужно принять несколько решений в условиях неопределённости, когда каждое решение зависит от исхода предыдущего или исходов испытаний.

Ветви обозначают возможные альтернативные решения, которые могут быть приняты, и возможные исходы, возникающие в результате этих решений. Можно использовать два вида ветвей: пунктирные линии, соединяющие вершины возможных решений, сплошные линии, соединяющие вершины возможных исходов. Квадратные вершины обозначают места, где принимается решение, круглые вершины – появление исходов. Так как ЛПР не может влиять на появление исходов, ему остается лишь вычислять вероятность их появления. Когда все решения и их исходы указаны на дереве, просчитывается каждый из вариантов и возле вершины соответствующего исхода проставляется его денежный доход. Все расходы, вызванные решением, проставляются на соответствующей ветви.

Пример – Для финансирования проекта бизнесмену нужно взять в кредит 15 000 долл. сроком на один год. Банк может одолжить ему эти деньги под 15 % годовых или вложить в дело со 100-процентным возвратом суммы, но под 9 % годовых. Из прошлого опыта известно, что 4 % таких клиентов ссуду не возвращают.

Решение

Для решения задачи можно воспользоваться деревом решений, представленным на рисунке 3.

Ожидаемый чистый доход в вершинах А и В вычисляется следующим образом.

В вершине А (давать заём) = $17250 \cdot 0,96 + 0 \cdot 0,04 - 15000 = 1560$ долл.

В вершине В (не давать заём) = $16350 \cdot 1,0 - 15000 = 1350$ долл.

Поскольку ожидаемый чистый доход больше в вершине А, то принимается решение о выдаче кредита клиенту.



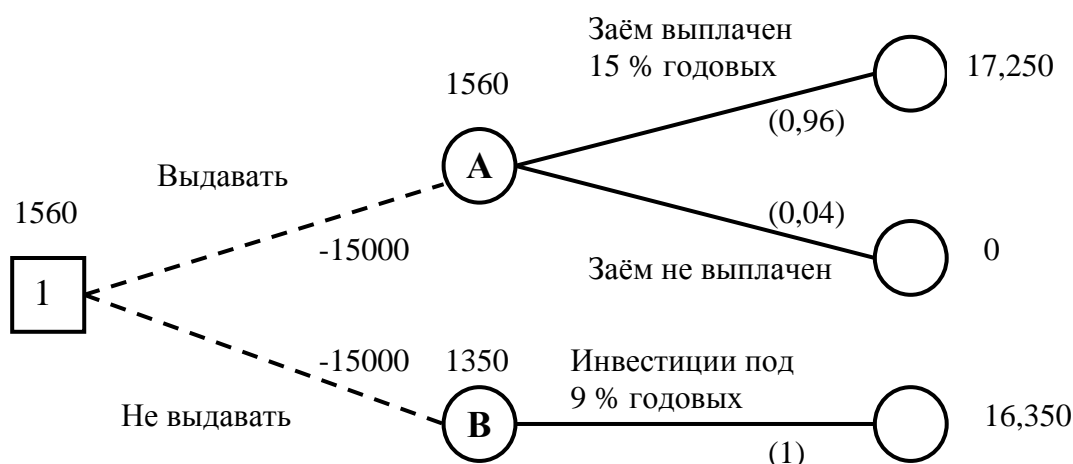


Рисунок 3 – Дерево решений для примера

Контрольные вопросы

- 1 Что представляет собой дерево решений?
- 2 Из каких объектов состоит дерево решений?
- 3 В чем отличие узла от листа?
- 4 Какой вид правил используется в деревьях решений?
- 5 Всегда ли дерево, распознавшее все обучающие примеры, является наилучшим?

Лабораторная работа № 4. Применение экспертных методов

Цель работы: научиться использовать экспертные методы для обоснования принимаемых управленческих решений.

Задание к лабораторной работе

Студенты разбиваются на подгруппы по 5...6 человек. Преподаватель выдает задание: определяет перечень факторов (признаков), требующих ранжирования. После этого каждый студент (который выступает в роли экспертов) ранжирует перечисленные признаки.

Затем данные каждого из экспертов (по подгруппам) заносят в таблицу и обрабатываются в соответствии с предлагаемыми методиками: методом простой ранжировки, методами задания весовых коэффициентов и последовательных сравнений.

Методические указания

Широкое распространение при принятии управленческих решений там, где невозможно использовать расчетные или измерительные методы, в условиях недостаточности и (или) неопределенности информации, получили *экспертные методы (методы интеграции мнений квалифицированных специалистов)*.



Существуют четыре основных метода экспертных оценок и множество их разновидностей:

- 1) метод простой ранжировки (метод предпочтения, метод априорного ранжирования);
- 2) метод задания весовых коэффициентов (метод оценивания);
- 3) метод последовательных сравнений;
- 4) метод парных сравнений.

В настоящей лабораторной работе подробно рассматриваются два первых метода экспертных оценок, основанных на экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области.

При *методе простой ранжировки* эксперты располагают факторы в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования, являющийся целевой функцией. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние, оценивается первым рангом (местом) – цифрой 1. Фактору, имеющему меньшее значение, присваивается второй ранг (место) – цифра 2 и т. д. Наименее важному фактору придается ранг n , числовое значение которого соответствует общему количеству рассматриваемых факторов.

Достоинства метода простой ранжировки заключаются в сравнительной простоте процедуры, универсальности и оперативности получения оценок при небольшом числе экспертов, требующихся для оценки одного и того же показателя по сравнению с другими методами. К недостаткам метода следует отнести заведомо равномерное распределение оценок и уменьшение важности признаков, а также определенную субъективность и влияние квалификации экспертов на конечную оценку и ряд других. Для получения более объективных данных сравнивают мнение экспертов нескольких групп и различных школ.

Метод задания весовых коэффициентов заключается в присвоении всем признакам весовых коэффициентов. Это присвоение может производиться двумя способами.

1 Всем признакам назначают весовые коэффициенты так, чтобы сумма коэффициентов была равна, например, 1, 10, или 100.

2 Наиболее важному из всех факторов назначают весовой коэффициент, равный какому-то фиксированному числу, а всем остальным – коэффициенты, равные долям этого числа.

Метод последовательных сравнений заключается в следующем.

1 Эксперт упорядочивает все признаки в порядке уменьшения их значимости:
 $A_1 > A_2 > A_3 \dots > A_n$.

2 Присваивает первому признаку значение, равное единице ($A_1 = 1$), остальным же признакам назначает весовые коэффициенты в долях единицы.

3 Сравнивает значение первого признака с суммой всех последующих.

Возможны три варианта:

$$A_1 > A_2 + A_3 + \dots + A_n;$$

$$A_1 = A_2 + A_3 + \dots + A_n;$$

$$A_1 < A_2 + A_3 + \dots + A_n.$$



4 Эксперт выбирает наиболее приемлемый, по его мнению, вариант и приводит в соответствие с ним оценку первого признака.

5 Процедура повторяется до сравнения A_1 с $(A_2 + A_3)$. После того как эксперт уточнит оценку первого признака в соответствии с выбранным им неравенством из трех возможных:

$$A_1 > A_2 + A_3;$$

$$A_1 = A_2 + A_3;$$

$$A_1 < A_2 + A_3,$$

он переходит к уточнению оценки второго признака A_2 по той же схеме, т. е. сравнивается оценка второго признака с суммой последующих, и т. д.

Преимущество этого метода состоит в том, что эксперт в процессе оценивания признаков сам анализирует свои оценки. Вместо назначения коэффициентов возникает творческий процесс их создания. Однако метод последовательных сравнений сложен и громоздок, при числе признаков более семи он становится неприемлемым.

При *методе парных сравнений* все признаки попарно сравниваются между собой, и путем дальнейшей статистической обработки находятся оценки каждого признака.

Обработка матрицы позволяет получить оценки каждого признака с точки зрения данного эксперта. Суммарные оценки признаков получаются путем обработки суммарной матрицы, каждый элемент которой есть сумма сравнений признаков, данных всеми экспертами.

Чем ближе дисперсия суммарной матрицы к максимально возможной дисперсии, тем выше согласованность мнений. Метод парных сравнений позволяет провести статистически обоснованный анализ согласованности мнений экспертов.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите факторы, влияющие на процесс принятия управленческого решения.
- 2 Перечислите существующие методы экспертных оценок.
- 3 В каких случаях используются методы экспертных оценок для обоснования управленческих решений?
- 4 Опишите действия экспертов при использовании ими:
 - а) метода простой ранжировки;
 - б) метода задания весовых коэффициентов;
 - в) метода парных сравнений.
- 5 Назовите преимущества и недостатки методов простой ранжировки и задания весовых коэффициентов.
- 6 Какова технология реализации методов экспертных оценок?



Лабораторная работа № 5. Решение задач линейного программирования

Цель работы: освоить графический метод решения задач линейного программирования (ЗЛП).

Задание к лабораторной работе

Решить задачу линейного программирования графическим способом. Далее приведены варианты задач ЛП для решения графическим методом.

Вариант 1

$$L(X) = 4x_1 - 3x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} 5x_1 - 2x_2 \leq 20; \\ x_1 + 2x_2 \geq 10; \\ -7x_1 + 10x_2 \leq 80; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 4

$$L(X) = -2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 \geq 6; \\ x_1 + 2x_2 \geq 5; \\ 4x_1 + x_2 \geq 8; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 2

$$L(X) = 2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} -3x_1 + 2x_2 \leq 12; \\ x_1 + 2x_2 = 8; \\ x_1 + x_2 \geq 5; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 5

$$L(X) = x_1 + 6x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10; \\ 3x_1 - 3x_2 \geq 6; \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 6; \\ 3x_1 + x_2 \geq 4; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 3

$$L(X) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} -x_1 + 3x_2 \geq 10; \\ x_1 + x_2 \leq 6; \\ x_1 + 4x_2 \geq 3; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 6

$$L(X) = -3x_1 - 2x_2 \rightarrow \max \text{ (min)}$$

$$\begin{cases} x_1 - x_2 \geq 3; \\ 2x_1 + 2x_2 \geq 2; \\ x_1 + x_2 \geq 6; \\ -2x_1 + 6x_2 \leq 20; \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Методические указания

Методы линейного программирования широко применяются на промышленных предприятиях при оптимизации производственной программы, распределении ее по цехам и по временным интервалам, при ассортиментной загрузке оборудования, планировании грузопотоков, определении плана товарооборота и т. д.

Наиболее распространенный тип задач – задача оптимального использо-



вания ресурсов. Рассмотрим постановку типовой задачи.

Пусть некоторая производственная единица (цех, предприятие, объединение и т. д.), исходя из конъюнктуры рынка, технических возможностей и имеющихся ресурсов, может выпускать n различных видов продукции, известных под номерами j .

При выпуске продукции предприятие ограничено имеющимися ресурсами, количество которых обозначим m , а вектор ресурсов $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$. Известны также технологические коэффициенты a_{ij} , которые показывают норму расхода i -го ресурса на производство единицы j -й продукции. Эффективность выпуска единицы j -й продукции характеризуется прибылью p_j .

Требуется определить план выпуска продукции $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, максимизирующий прибыль предприятия при заданных ресурсах.

Целевая функция (ЦФ) выглядит следующим образом:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n p_j x_j \quad (1)$$

при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = \overline{1, m}; \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2)$$

Решение данного типа задач можно найти графическим способом, методами численного программирования, в том числе, встроенными в MS Excel в процедуре «Поиск решения».

Графический метод довольно прост и нагляден для решения ЗЛП с двумя переменными. Он основан на *геометрическом* представлении допустимых решений и ЦФ задачи.

Каждое из неравенств задачи ЛП (2) определяет на координатной плоскости (x_1, x_2) некоторую полуплоскость (рисунок 4), а система неравенств в целом – пересечение соответствующих плоскостей.

Множество точек пересечения данных полуплоскостей называется **областью допустимых решений** (ОДР). ОДР всегда представляет собой **выпуклую** фигуру, т. е. обладающую следующим свойством: если точки А и В принадлежат этой фигуре, то и весь отрезок АВ принадлежит ей. ОДР графически может быть представлена выпуклым многоугольником, неограниченной выпуклой многоугольной областью, отрезком, лучем, одной точкой. В случае несовместности системы ограничений задачи (2) ОДР является пустым множеством.



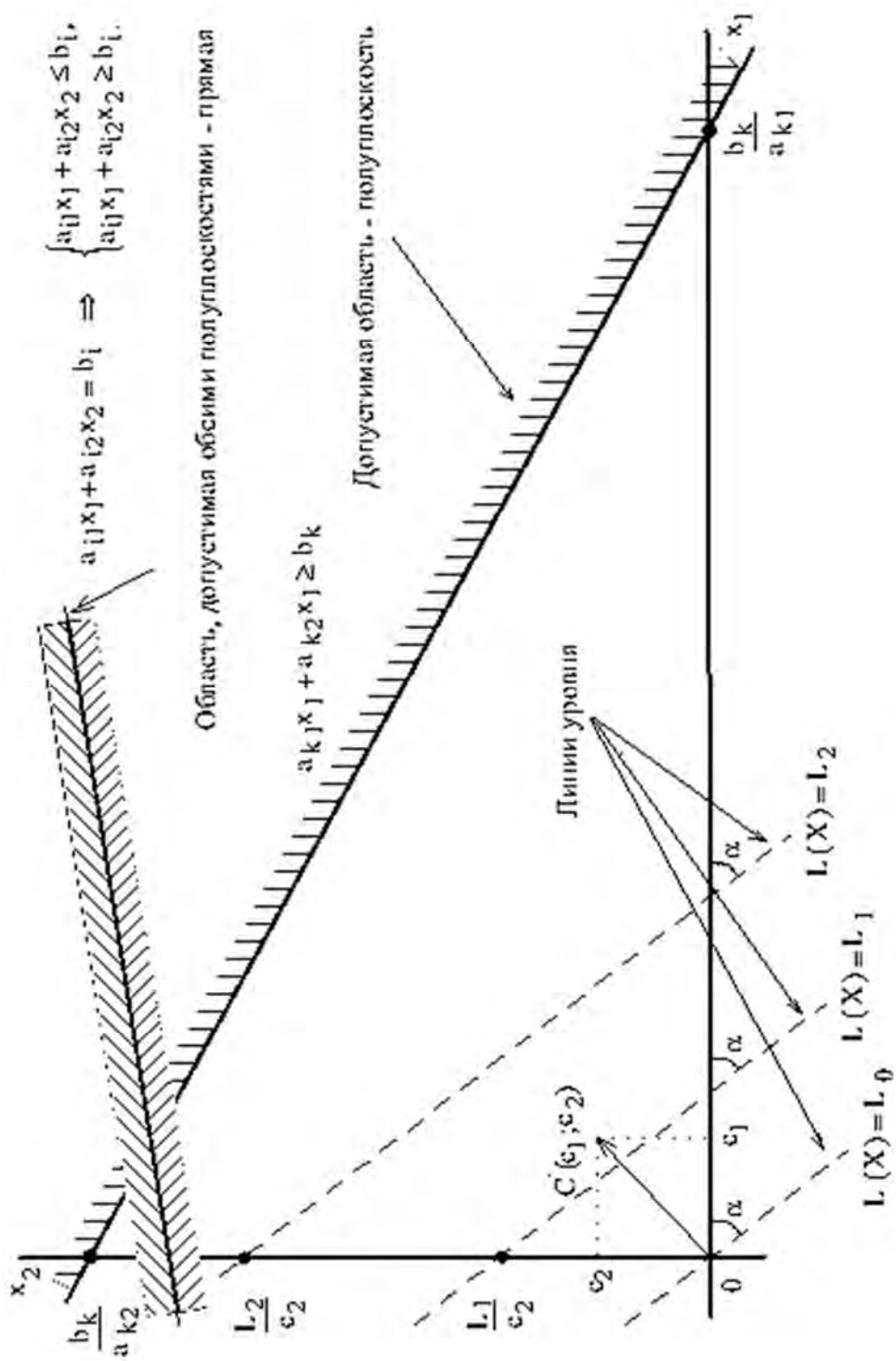


Рисунок 4 – Геометрическая интерпретация ограничений и ЦФ ЗЛП

Замечание – Все вышесказанное относится и к случаю, когда система ограничений (2) включает равенства, поскольку любое равенство

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i \quad (3)$$

можно представить в виде системы двух неравенств (см. рисунок 4)

$$\begin{cases} a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i; \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \geq b_i. \end{cases} \quad (4)$$

ЦФ $L(X) = c_1x_1 + c_2x_2$ при фиксированном значении $L(X) = L$ определяет на плоскости прямую линию $c_1x_1 + c_2x_2 = L$. Изменяя значения L , получим семейство параллельных прямых, называемых **линиями уровня**.

Это связано с тем, что изменение значения L повлечет изменение лишь длины отрезка, отсекаемого линией уровня на оси x_2 (начальная ордината), а угловой коэффициент прямой останется постоянным. Поэтому для решения будет достаточно построить одну из линий уровня, произвольно выбрав значение L .

Вектор $\vec{C} = (c_1; c_2)$ с координатами из коэффициентов ЦФ при x_1 и x_2 перпендикулярен к каждой из линий уровня. **Направление вектора \vec{C} совпадает** с направлением **возрастания** ЦФ, что является важным моментом для решения задач. Направление **убывания** ЦФ **противоположно направлению вектора \vec{C}** .

Суть графического метода заключается в следующем. По направлению (против направления) вектора \vec{C} в ОДР производится поиск оптимальной точки $X^* = (x_1^*; x_2^*)$.

Оптимальной считается точка, через которую проходит линия уровня L_{\max} (L_{\min}), соответствующая наибольшему (наименьшему) значению функции $L(X)$. Оптимальное решение всегда находится на границе ОДР, например, в последней вершине многоугольника ОДР, через которую пройдет целевая прямая, или на всей его стороне.

При поиске оптимального решения задач ЛП возможны следующие ситуации: существует единственное решение задачи; существует бесконечное множество решений (**альтернативный оптимум**); ЦФ не ограничена; область допустимых решений – единственная точка; задача не имеет решений.

Контрольные вопросы

- 1 Приведите примеры задач линейного программирования.
- 2 Приведите пример общей и канонической задач линейного программирования



3 В чем суть графического метода решения задач линейного программирования и когда он применяется?

4 Что называется нулевой линией уровня целевой функции?

5 Сформулируйте критерий оптимальности допустимого решения.

Лабораторная работа № 6. Сетевые графики

Цель работы: изучить алгоритм построения максимального потока (алгоритм Форда–Фалкерсона).

Задание к лабораторной работе

На заданной сети сформировать поток максимальной мощности, направленный от истока I в сток S при условии, что пропускные способности ребер сети в обоих направлениях одинаковы.

Выписать ребра, образующие на сети разрез минимальной пропускной способности (рисунок 5).

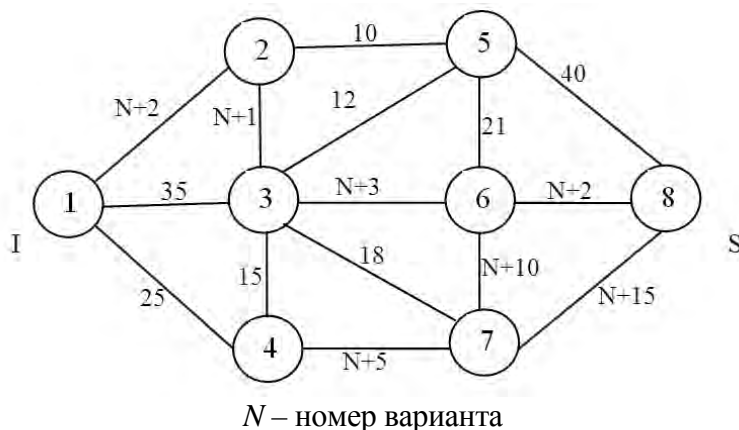


Рисунок 5 – Исходный граф

Методические указания

Граф – это некоторое множество точек плоскости или пространства и множество отрезков кривых или прямых линий, соединяющих все или некоторые из этих точек. Формально же граф G определяется заданием двух множеств X и U и обозначается $G = (X, U)$. Элементы множества X называют вершинами, обозначают буквами $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Вершины изображают точками плоскости или пространства. Элементами множества U являются пары связанных между собой элементов множества X . Их изображают отрезками кривых или прямых линий $(u_1, u_2, u_3, \dots, u_m)$.

Алгоритм построения максимального потока (алгоритм Форда–Фалкерсона):

1) построить некоторый начальный поток $X^0 = \{x_{ij}^0\}$;



2) организовать процедуру составления подмножества A вершин, достижимых из истока I по ненасыщенным ребрам. Если в этом процессе сток S не попадет в подмножество A , то построенный поток максимальный и задача решена. Если же S попал в A , то перейти к п. 3 алгоритма;

3) выделить путь из I в S , состоящий из ненасыщенных ребер, и увеличить поток x_{ij} по каждому ребру этого пути на величину $\Delta = \min(r_{ij} - x_{ij})$, где минимум берется по ребрам (i, j) упомянутого пути. Тем самым будет построен новый поток $X^1 = \{x_{ij}^1\}$. После этого надо возвратиться к п. 2 алгоритма.

При выполнении п. 3 на каждом шаге по крайней мере одно из ненасыщенных ранее ребер становится насыщенным, а поскольку число ребер в сети конечно, через конечное число шагов максимальный поток будет построен.

На рисунке 6 изображена сеть, у каждого ребра которой в скобках указаны два числа: первое означает пропускную способность ребра в направлении возрастания номеров, что совпадает с общим направлением грузопотока от I к S ; второе – пропускная способность в противоположном направлении.

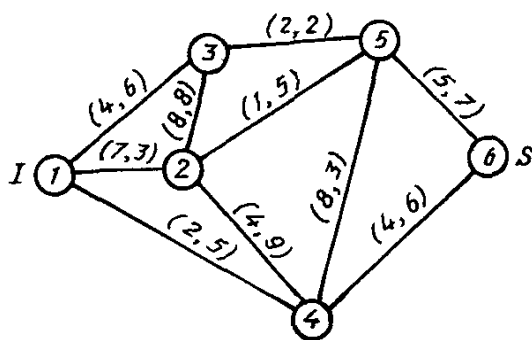


Рисунок 6 – Исходный граф

В таблице 1 приведена матрица пропускных способностей (R) данной сети. В соответствии с п. 1 алгоритма на сети формируется начальный поток X^0 , в котором по пути 1-3-5-6 перемещается 2 ед.; по пути 1-2-5-6 – 1 ед.; по пути 1-4-6 – 2 ед. Матрица потока X^0 приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Матрица пропускных способностей X^0

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	7	4	2	0	0
2	3	0	8	4	1	0
3	6	8	0	0	2	0
4	5	9	0	0	8	4
5	0	5	2	3	0	5
6	0	0	0	6	7	0

Таблица 2 – Начальный поток X^0

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	1	2	2	0	0
2	-1	0	0	0	1	0
3	-2	0	0	0	2	0
4	-2	0	0	0	0	2
5	0	-1	-2	0	0	3
6	0	0	0	-2	-3	0

Соответственно, мощность потока X^0

$$f = x_{12} + x_{13} + x_{14} = x_{46} + x_{56} = 1 + 2 + 2 = 2 + 3 = 5.$$

Составим матрицу $R - X^0$ (таблица 3), элементы которой позволяют судить о насыщенности ребер сети. Насыщенным ребрам будут соответствовать нулевые элементы, а ненасыщенным – ненулевые.

Таблица 3 – Матрица $R - X^0$

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	6	2	0	0	0
2	4	0	8	4	0	0
3	8	8	0	0	0	0
4	7	9	0	0	8	2
5	0	6	4	3	0	2
6	0	0	0	8	10	0

Вершины подмножества A выделяют из всего множества вершин постепенно, начиная с истока I . С этой целью просматривают первую строку матрицы $R - X^0$ и выписывают номера вершин, соответствующих ненулевым элементам строки. Это и будут вершины, в которые можно попасть из истока I , перемещаясь по ненасыщенным ребрам. Выявленные вершины записываются в виде списка вершины $I - I || i_1, i_2, \dots, i_k$. Для каждой из вершин полученного списка составляют свой список. При этом вершины, встречавшиеся в прежних списках, повторно не выписываются. Если в этом процессе сток S не встретится, то поток максимален и задача решена; если же при составлении очередного списка в нем появится сток S , то поток не максимален и мощность его можно увеличить.

В список вершины 1 войдут вершины 2 и 3, т. к. как элементы второго и третьего столбцов этой строки отличны от нуля – 1 || 2, 3. Во второй строке матрицы три элемента отличны от нуля: 4, 8, 4. Но 4 и 8 соответствуют вершинам 1 и 3, которые уже значатся в подмножестве A , поэтому повторно их в списки не включаем. Вершина 4 встречается впервые, поэтому включаем ее в



список вершины 2 – 2||4. В третьей строке матрицы $R - X^0$ ненулевому элементу 8 соответствуют вершины 1 и 2, которые уже встречались в списках. Следовательно, список вершины 3 будет пустым – 3||. Далее аналогичным образом составляется список вершины 4 – 4||5, 6. В результате получим следующий набор списков:

1||2, 3 2||4 3||. 4||5, 6.

С помощью матрицы $R - X^0$ необходимо определить величину $\Delta = \min(r_{ij} - x_{ij})$, на которую нужно увеличить поток по каждому ребру (i, j) выделенного пути, чтобы получить новый поток X^1 мощности, большей на Δ единиц. По ребру $(1, 2)$ дополнительно можно пропустить 6 ед., по ребру $(2, 4)$ – 4 ед., а по ребру $(4, 6)$ – только 2 ед. Следовательно, увеличить поток по всему пути 1-2-4-6 можно лишь на 2 ед. Для построения матрицы нового потока X^1 к элементам матрицы X^0 прибавляется найденное значение Δ (таблица 4).

Таблица 4 – Матрица потока X^1

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	3	2	2	0	0
2	-3	2	0	2	1	0
3	-2	0	0	0	2	0
4	-2	0	0	0	0	4
5	0	-2	-2	0	0	3
6	0	-1	0	-4	-3	0

По данным таблицы 4 получим набор списков

1||2, 3 2||4 3||. 4||5, 6.

Используя полученный набор списков, составим матрицу $R - X^1$ (таблица 5.)

Таблица 5 – Матрица $R - X^1$

Вершины графа	1	2	3	4	5	6
1	0	4	2	0	0	0
2	6	0	8	2	0	0
3	8	8	0	0	0	0
4	7	11	0	0	8	0
5	0	6	4	3	0	2
6	0	0	0	10	10	0

Для построения матрицы нового потока X^2 к соответствующим элементам матрицы X^1 прибавляется найденное значение $\Delta = \min(4, 2, 8, 2) = 2$ (таблица 6).



Таблица 6 – Матрица потока X^2

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	5	2	2	0	0
2	-5	0	0	4	1	0
3	-2	0	0	0	2	0
4	-2	-4	0	0	2	4
5	0	-1	-2	-2	0	5
6	0	0	0	-4	-5	0

В таблице 7 приведена разность $R - X^2$.

Таблица 7 – Матрица потока $R - X^2$

Вершина графа	1	2	3	4	5	6
1	0	2	2	0	0	0
2	8	0	8	0	0	0
3	8	8	0	0	0	0
4	7	13	0	0	6	0
5	0	6	4	5	0	0
6	0	0	0	10	12	0

По данным таблицы 7 получим набор списков

$$1||2, 3 \quad 2||. \quad 3||.$$

Из списков видно, что сток S не попал в подмножество A вершин, достижимых из истока I по ненасыщенным путям. Значит, поток X^2 максимален. На рисунке 7 приведена сеть с указанием направления потоков по отдельным рёбрам.

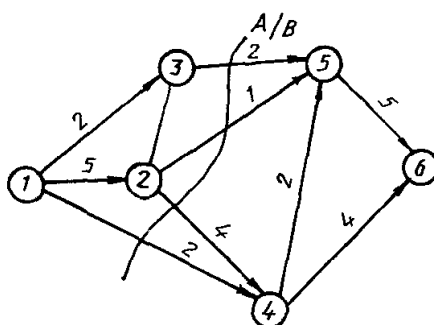


Рисунок 7 – Максимальный поток

Рёбра, образующие разрез A/B минимальной пропускной способности $(1, 4)$, $(2, 4)$, $(2, 5)$, $(3, 5)$, состав множеств $A = \{1, 2, 3\}$ и $B = \{4, 5, 6\}$.

Контрольные вопросы

- 1 Какие правила следует соблюдать при построении сетевого графика?
- 2 Назовите основные элементы сетевых графиков.
- 3 Приведите алгоритм построения максимального потока.
- 4 Основные понятия для расчёта сетевых моделей.

Лабораторная работа № 7. Применение теории игр

Цель работы: изучить правила применения теории игр.

Задание к лабораторной работе

Найти цену игры. Два предприятия производят продукцию и поставляют её на рынок региона. Они являются единственными поставщиками продукции в регион, поэтому полностью определяют рынок данной продукции. Каждое из предприятий имеет возможность производить продукцию с применением одной из пяти различных технологий. В зависимости от качества продукции, произведённой по каждой технологии, предприятия могут установить цену реализации единицы продукции на уровне 10, 8, 6, 4 и 2 ден. ед. соответственно. При этом предприятия имеют различные затраты на производство единицы продукции (таблица 8).

Функция спроса на продукцию

$$Y = 100 - (0,3 + 0,1 \cdot (N - 1)) \cdot X, \quad (5)$$

где Y – количество продукции, которое приобретёт население региона, тыс. ед.;
 X – средняя цена продукции предприятий, ден. ед.

Таблица 8 – Затраты на единицу продукции

Технология	Цена реализации единицы продукции, ден. ед.	Полная себестоимость единицы продукции, ден. ед.	
		Предприятие 1	Предприятие 2
1	10	5	8
2	8	$4 - 0,1 \cdot N$	6
3	6	$3 + 0,1 \cdot N$	$4 - 0,2 \cdot N$
4	4	2	2
5	2	$1,5 - 0,1 \cdot N$	$1 + 0,1 \cdot N$

Примечание – N – номер варианта

Значения долей продукции предприятия 1, приобретенной населением, зависят от соотношения цен на продукцию предприятия 1 и предприятия 2 (таблица 9).



Таблица 9 – Доля продукции предприятия 1

Цена реализации 1 ед. продукции, ден. ед.		Средняя цена продукции предприятий, ден. ед.	Доля продукции предприятия 1, купленной населением
Предприятие 1	Предприятие 2		
10	10	10	$0,31 + 0,1 \cdot (N - 1)$
10	8	9	0,33
10	6	8	0,25
10	4	7	0,2
10	2	6	0,18
8	10	9	0,4
8	8	8	0,35
8	6	7	0,32
8	4	6	0,28
8	2	5	0,25
6	10	8	0,52
6	8	7	0,48
6	6	6	0,4
6	4	5	0,35
6	2	4	$0,3 - 0,02 \cdot N$
4	10	7	0,6
4	8	6	0,58
4	6	5	$0,55 + 0,05 \cdot N$
4	4	4	0,5
4	2	3	0,4
2	10	6	0,9
2	8	5	0,85
2	6	4	0,7
2	4	3	0,65
2	2	2	0,4

Каждое предприятие стремится к максимизации прибыли от производства продукции. При этом выигрыш одного предприятия означает проигрыш другого. Таким образом, задача сводится к матричной игре с нулевой суммой. При этом коэффициентами выигрышей будут значения разницы прибыли предприятия 1 и предприятия 2 от производства продукции. В случае, если эта разница положительна, выигрывает предприятие 1, а в случае, если она отрицательна, – предприятие 2.

Расчет коэффициентов платёжной матрицы производится по формуле

$$D = p \cdot Y \cdot (R_1 - C_1) - (1 - p) \cdot Y \cdot (R_1 - C_1), \quad (6)$$

где D – значение разницы прибыли от производства продукции предприятия 1



и предприятия 2;

p – доля продукции предприятия 1, приобретаемой населением региона;

Y – количество продукции, приобретаемой населением региона;

R_1 и R_2 – цены реализации единицы продукции предприятиями 1 и 2;

C_1 и C_2 – себестоимость единицы продукции.

Методические указания

Игра – это идеализированная математическая модель коллективного поведения, т. е. несколько игроков влияют на исход игры, причем их интересы различны. Математическая модель теории игр должна содержать следующие черты конфликта:

1) множество заинтересованных сторон – игроков (субъектов, лиц, сторон и участников);

2) возможные действия каждой из сторон, именуемые стратегиями или ходами;

3) интересы сторон представлены функциями выигрыша (или платежной матрицей) для каждого из игроков.

Число h_H называется нижней чистой ценой игры и показывает, какой минимальный выигрыш может гарантировать себе игрок 1, применяя свои чистые стратегии при всевозможных действиях игрока 2:

$$\max_i \min_j a_{ij} = h_H. \quad (7)$$

В рассматриваемом примере нижняя чистая цена игры h_H равна 1. Число h_B называется чистой верхней ценой игры и показывает, какой максимальный выигрыш за счёт своих стратегий может себе гарантировать игрок 1:

$$\min_j \max_i a_{ij} = h_B. \quad (8)$$

Если в игре $h_H = h_B$, то игра имеет решение в чистых стратегиях. В рассматриваемом примере оптимальной стратегией игрока 1 будет стратегия А1, а игрока 2 – стратегия В2. При этом выигрыш игрока 1 равен 1, а проигрыш игрока 2 равен – 1. Если в игре $h_H \neq h_B$, то игра не имеет решения в чистых стратегиях, а решается в смешанных. Смешанной стратегией игрока называется полный набор чистых стратегий, применённых в соответствии с установленным распределением вероятностей. Доказано, что для всех игр со смешанным расширением существует оптимальная смешанная стратегия, значение выигрыша при выборе которой находится в интервале между нижней и верхней ценами игры:

$$h_n \leq V \leq h_g. \quad (9)$$

Величина V называется ценой игры. Для матричной игры, для которой



$h_H \neq h_B$, определим такие значения вероятностей выбора стратегий для игрока 1 (p_1, p_2, \dots, p_m) и для игрока 2 (q_1, q_2, \dots, q_n), при которых игроки достигали бы своего максимально гарантированного выигрыша.

Данная задача может быть представлена для игроков в виде следующих систем линейных неравенств:

– для первого игрока

– для второго игрока

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m \geq 1; \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m \geq 1; \\ \dots \\ a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m \geq 1; \\ x_1 + x_2 + \dots + x_m = 1/V; \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0, \dots, x_m \geq 0. \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \min Z &= \min 1/V = \\ &= \min (x_1 + x_2 + \dots + x_m); \end{aligned}$$

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n \leq 1; \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n \leq 1; \\ \dots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n \leq 1; \\ y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1/V; \\ y_1 \geq 0; y_2 \geq 0, \dots, y_n \geq 0. \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \max Z &= \max 1/V = \\ &= \max (y_1 + y_2 + \dots + y_n), \end{aligned}$$

где $x_i = p_i/V$;

$y_j = q_j/V$.

Сформированные задачи являются двойственными друг к другу задачами линейного программирования (ЛП).

Все переменные в данных системах линейных неравенств должны быть неотрицательными. Этого можно добиться, прибавив перед началом решения задачи к каждому коэффициенту матрицы число K , соответствующее модулю наименьшего отрицательного коэффициента матрицы. Тогда в ходе решения задачи будет определена не цена игры, а величина $V^* = V + K$. В результате решения находятся значения целевых функций (для обоих игроков эти значения совпадают), а также значения переменных x_i и y_j . Величина V^* определяется по формуле $V^* = 1/V$.

Значения вероятностей выбора стратегий определяются следующим образом:

– для игрока 1: $p_i = x_i \cdot V^*$;

– для игрока 2: $q_i = y_i \cdot V^*$.

Для определения цены игры V из величины V^* необходимо вычесть число K .

Контрольные вопросы

- 1 Приведите пример матрицы игр.
- 2 Как реализуется принцип максимина в антогонистических играх?
- 3 Что такое седловая точка?



4 Приведите пример нахождения решения матричной игры в чистых стратегиях.

Лабораторная работа № 8. Разработка и принятие решения в условиях риска

Цель работы: научиться идентифицировать, ранжировать, планировать стратегии для различных проектных рисков.

Задание к лабораторной работе

Занятие проводится в форме деловой игры. Студенты разбиваются на 3–4 команды. Перед командами ставится задача реализовать проект строительства дороги.

По мере реализации необходимо решить различные ситуации, отрабатывая следующие навыки:

- планирование управления рисками;
- идентификация рисков;
- качественный анализ рисков;
- планирование стратегий реагирования;
- мониторинг и контроль рисков.

Методические указания

Описание игры.

Деловая игра представляет собой проект по строительству дороги между двумя городами. Каждая команда должна спланировать проект и его риски, а также план реагирования на различные непредвиденные обстоятельства, возникающие в ходе проекта.

По ходу игры меняются различные параметры учебного проекта. Команда должна реагировать на эти изменения и правильно оценивать их влияние на проектные риски.

Игра поделена на три фазы, каждая из которых отличается по сложности и отрабатываемым навыкам.

Фаза 1. Команда должна разработать описание содержания проекта исходя из требований различных заинтересованных сторон с учетом возможных непредвиденных ситуаций.

В качестве заинтересованных сторон каждой из команд рассматривается не менее 4.

Пример заинтересованных сторон:

- 1) заказчик строительства;
- 2) дорожно-строительная компания;
- 3) местные жители населенных пунктов, через которые планируется построить дорогу;



4) жители домов, которые сносятся для строительства дороги.

Фазы 2 и 3 посвящены строительству дороги. В ходе строительства возникают различные события, сказывающиеся на основных параметрах проекта. Участники должны оперативно реагировать на эти события, а также оценивать, как они повлияют на проект в будущем.

Фаза 2 предполагает, что каждая команда назовет 2–3 вида возможных рисков, оценит их вероятность и представит план реагирования в случае возникновения риска.

На фазе 3 каждая команда назовет соперникам (другой команде) вариант ситуации. На обсуждение и принятие решения отводится ограниченное время (10 мин), после которого каждая команда должна представить свой ответ.

Оценка результатов и подведение итогов.

В зависимости от того, как каждая команда справляется с заданием фаз, она получает баллы. Команда, получившая максимальное количество баллов, выигрывает.

В ходе игры каждой команде допускается отвечать на все вопросы несколько раз, что дает участникам возможность самостоятельно исправить ошибки и отработать практические навыки наиболее эффективным путем.

В ходе игры предусмотрена одна пауза для анализа ситуаций. В течение этой паузы команды оценивают свою работу и при помощи преподавателя выявляют причины допущенных ошибок.

Контрольные вопросы

- 1 По каким признакам классифицируются риски?
- 2 Что значит «управлять риском»?
- 3 Перечислите правила, с помощью которых проводится выбор способа управления риском и варианта решения.
- 4 Какие критерии применяются для выбора оптимальной стратегии в условиях риска?

Лабораторная работа № 9. Разработка и принятие решения в условиях неопределённости

Цель работы: освоить методику разработки и принятия решения в условиях неопределённости.

Задание к лабораторной работе

Предположим, что в условиях колебания спроса G_j у торгового предприятия существуют три стратегии сбыта какого-либо товара $Q_{n(i)}$ при степени оптимизма x . Исходные данные представлены в таблице 10.

Размер прибыли Π зависит от цены покупки C_n и продажи C_p товара, объемов закупки Q_n и реализации Q_p с учетом ожидаемого значения потерь $I_{обр}$



($I_{обр} = I \cdot Q_p$). Размер прибыли от реализации определяется по формуле $\Pi = C_p \cdot Q_p - C_n \cdot Q_n - I_{обр}$.

Таблица 10 – Исходные данные

Номер варианта	Объем предложения			Колебание спроса				Степень оптимизма
	$Q_{n(1)}$	$Q_{n(2)}$	$Q_{n(3)}$	G_1	G_2	G_3	G_4	
1	5 000	8 000	11 000	2 000	5 000	8 000	11 000	0,7
2	4 000	7 000	10 000	1 000	4 000	7 000	10 000	0,3
3	3 500	6 500	9 500	2 500	3 500	6 500	9 500	0,4
4	3 000	6 000	9 000	2 500	3 500	6 500	9 500	0,6
5	4 000	6 000	9 000	1 000	3 500	6 500	9 000	0,7
6	5 000	7 000	11 000	1 000	3 000	6 000	11 000	0,8
7	3 000	5 000	7 000	1 000	3 000	5 000	7 000	0,3
8	4 000	6 000	8 000	2 000	4 000	6 000	8 000	0,4
9	3 000	6 000	9 000	1 000	4 000	7 000	9 000	0,7
10	2 000	4 000	6 000	1 000	3 000	5 000	6 000	0,6

Примечание – Для всех вариантов цена покупки $C_n = 30$ р.; цена реализации $C_p = 70$ р.; издержки обращения $I = 10$ р./шт.

По данным задачи необходимо:

- 1) рассчитать среднегодовую прибыль по каждому варианту по каждой стратегии (платежная матрица);
- 2) на основе критериев Вальда, Гурвица, Лапласа, Сэвиджа определить соответствующие им оптимальные стратегии;
- 3) задать вероятности различным вариантам ожидаемого спроса и в соответствии с критерием Байеса–Лапласа определить наиболее рациональный вариант объема реализации;
- 4) на основании полученных результатов выбрать предпочтительный объем закупки товара, обосновать выбор.

Методические указания

Для анализа коммерческих стратегий при неопределенной рыночной конъюнктуре используются модели и методы, основанные на подходе минимаксных стратегий. Этот подход положен в основу теории статистических решений, являющейся разделом теории игр. Подход близок по своим идеям к теории игр, но отличается тем, что неопределенная ситуация не носит характер явно выраженного (антагонистического) конфликта, хотя и может быть представлена как некое одностороннее противостояние.

В таких ситуациях неизвестные условия предпринимаемой операции зависят не от сознательно действующего противника, а от объективной



(и не заведомо агрессивной) действительности (среды), которую в теории игр принято называть «природой» и представлять в качестве второй стороны. Соответствующие ситуации часто называют «играми с природой». Природа представляется в виде некоей незаинтересованной инстанции, поведение которой неизвестно, но, во всяком случае, не злонамеренно (нет явно выраженного конфликта). Природа (окружающая актуальная среда) неопределенна, однако относительно ее поведения можно строить некоторые предположения.

Анализ коммерческой стратегии при неопределённости рыночной конъюнктуры можно провести с использованием известных методов сравнения вариантов стратегий в условиях неопределенности (риска): Вальда, Гурвица, Лапласа, Байеса–Лапласа, Сэвиджа.

Пусть матрица результатов представлена матрицей выигрышей (прибылей) – $\Pi_{ij}, i = 1, n; j = 1, m$. Требуется выбрать такую стратегию закупок товара, которая является наиболее выгодной по сравнению с другими с учетом состояний природы (конъюнктуры рынка, ожидаемого спроса на товар).

Основными критериями оптимальности в играх с природой являются:

1) критерий Вальда (Уолда) – максиминный. Данный критерий опирается на принцип наибольшей осторожности – критерий крайнего пессимизма, который основывается на выборе «из худшего – лучшее». По сути, это критерий минимакса – основной в теории игр. Согласно данному критерию природа (среда) ведет себя как разумный агрессивный противник, делающий все, чтобы помешать достичь успеха. Оптимальной считается та стратегия, которая гарантирует выигрыш наибольший (max) из всех наихудших (min) возможных исходов действия по каждой стратегии – уровень безопасности:

$$W = \max_i \min_j \Pi_{ij}. \quad (12)$$

Критерий определяет наиболее пессимистическую стратегию человека в игре с природой, поскольку предлагает самую осторожную стратегию человека, которая будет наилучшим ответом на самое невыгодное для него «поведение» природы. Для решения некоторых задач такая стратегия может оказаться наиболее подходящей. Но для большинства задач нет необходимости применять крайне пессимистическую стратегию, поскольку можно предполагать, что природа как противник не будет постоянно предлагать наименее выгодную для человека стратегию;

2) критерий Гурвица – пессимизма-оптимизма. Согласно этому критерию не следует руководствоваться ни крайним пессимизмом, ни крайним оптимизмом. Стратегия выбирается из условия

$$W = \max_i \left[\lambda \cdot \min_j \Pi_{ij} + (1 - \lambda) \cdot \max_j \Pi_{ij} \right]. \quad (13)$$

Показатель пессимизма λ изменяется в интервале $[0, 1]$ (чем ближе к 1, тем больший пессимизм по отношению к рассматриваемой ситуации он отражает).



При $\lambda = 1$ критерий Гурвица превращается в критерий Вальда; при $\lambda = 0$ – в критерий крайнего оптимизма, рекомендующий выбирать ту стратегию, при которой самый большой выигрыш в строке максимален.

Показатель λ выбирается из субъективных соображений: чем опаснее ситуация, чем большее желание в ней «подстраховаться», чем меньше склонность к риску, тем ближе к единице выбирается λ .

По критерию Гурвица необходимо для каждого возможного решения найти наименьший и наибольший выигрыши по каждой стратегии, умножить их соответственно на λ и $(1 - \lambda)$, затем выбрать то решение, для которого такой средневзвешенный выигрыш максимален;

3) критерий Лапласа – максимизации среднего. Критерий опирается на «принцип недостаточного основания» Лапласа, согласно которому все состояния природы G_j полагаются равновероятными. В соответствии с этим критерием лучшей признается стратегия, у которой средний выигрыш максимален:

$$W = \max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Pi_{ij}. \quad (14)$$

Недостаток принципа Лапласа в том, что он исходит из предпосылки о равновероятном распределении различных состояний природы, которая может быть верна лишь в некоторых случаях;

4) критерий Байеса–Лапласа – максимизации вероятностного среднего. Если на основании прошлого опыта известны вероятности наступления состояний природы, эту важную информацию можно использовать при выборе оптимальной стратегии. В любом случае критерий предполагает известным распределение вероятностей состояний природы. В соответствии с критерием применяется то решение, которое дает максимум математического ожидания выигрыша при различных стратегиях:

$$W = \max_i \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} \cdot p_j, \quad (15)$$

где p_j – вероятность наступления j -го состояния природы;

5) критерий Сэвиджа – минимаксного риска. Критерий предполагает предварительное составление так называемой матрицы «рисков». В теории статистических решений риском r_{ij} при использовании стратегии Q_i в условиях G_j называется разность между выигрышем, который мог бы быть получен, если бы были известны условия G_j , и выигрышем, который будет получен, не зная их и выбирая стратегию Q_i :

$$r_{ij} = \max_i \Pi_{ij} - \Pi_{ij}. \quad (16)$$

Критерий Сэвиджа рекомендует в условиях неопределенности выбирать ту



стратегию, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации (когда риск максимален):

$$W = \min_i \max_j r_{ij}. \quad (17)$$

Если бы была известна информация о состояниях природы G_j , то выбрали бы ту стратегию, при которой выигрыш максимален (максимум по столбцу G_j). Не зная этой информации и выбирая стратегию Q_i , потери равны r_{ij} . Риск – это плата за отсутствие информации.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите основные причины возникновения неопределенностей.
- 2 Перечислите источники неопределенности.
- 3 Назовите методы устранения неопределенностей.
- 4 Что понимается под играми с природой?
- 5 Поясните принципы использования моделей теории игр в экономических задачах в условиях неопределенности (игры с природой).
- 6 Когда пользуются критериями Байеса и Лапласа? Опишите правила выбора оптимальной стратегии статистика с применением этих критериев.

Лабораторная работа № 10. Взвешивание свидетельств с использованием факторов уверенности

Цель работы: освоить методику принятия управленческого решения с использованием факторов уверенности.

Задание к лабораторной работе

Получить вариант задания у преподавателя.

Методические указания

Теория уверенности является известной альтернативой байесовскому рассуждению. Основные принципы этой теории были предложены Бухананом и Шортлиффом в 1975 г.

Стандартные статистические методы основываются на допущении, что неопределенность является вероятностью того, что событие (или факт) истинно или ложно. В *теории уверенности*, так же как и в нечеткой логике, неопределенность представлена как *степень уверенности*. Существуют две стадии в каждом невероятностном методе неопределенности. Первая: необходимо иметь возможность выразить степень уверенности. Вторая: необходимо манипулировать (например, объединять) степени уверенности в процессе использования системы, основанной на знаниях.



Теория уверенности полагается на использование коэффициентов уверенности. *Фактор уверенности* (CF) выражает доверие событию (факту или гипотезе), основанное на свидетельстве (или оценке эксперта). Существует несколько методов использования коэффициентов уверенности для обращения с неопределенностью в интеллектуальных системах.

Один способ состоит в использовании чисел 1 или 100 – для абсолютной истины (полное доверие) и 0 – для уверенной неправды. Эти коэффициенты уверенности не являются вероятностями. Например, когда говорят: существует 90 % возможности, что пойдет дождь, то либо идет дождь (90 %), либо нет дождя (10 %). При невероятностном подходе можно сказать: $CF(\text{дождь}) = 90$ означает, что очень возможно пойдет дождь. Это не обязательно означает, что мы выражаем какое-то мнение о нашем аргументе, что дождя не будет (который не обязательно равен 10). Таким образом, коэффициенты уверенности не должны в сумме превышать 100.

Теория уверенности предлагает понятия *доверия* и *недоверия*. Эти понятия являются независимыми друг от друга и таким образом не могут быть объединены тем же путем, как вероятности, но они могут быть объединены в соответствии со следующей формулой:

$$CF(H | E) = MB(H | E) - MD(H | E), \quad (18)$$

где CF – фактор уверенности в гипотезе H при наличии свидетельства E ;

MB – мера увеличения доверия к гипотезе H при наличии свидетельства E ;

MD – мера увеличения недоверия к гипотезе H при наличии свидетельства E .

Преимуществом фактора уверенности является то, что он позволяет комбинировать меры доверия и недоверия в единое число.

Фактор уверенности имеет главное применение: он может быть использован для упорядочивания гипотез по их важности. Например, если пациент имеет некоторые симптомы, свидетельствующие о возможной болезни, то болезнь с максимальным уровнем CF будет исследована первой и, скорее всего, именно её будут лечить.

Меры доверия и недоверия могут быть формально определены в терминах теории вероятностей.

$$MB(H | E) = \begin{cases} 1, P(H) = 1; \\ \max\{P(H | E), P(H)\} - P(H), P(H) \neq 1; \end{cases} \quad (19)$$

$$MD(H | E) = \begin{cases} 1, P(H) = 0; \\ \min\{P(H | E), P(H)\} - P(H), P(H) \neq 0. \end{cases} \quad (20)$$

Таким образом, введенные определения MB и MD являются симметричными относительно друг друга. Отличия – максимум и минимум. Примечательно, что их использование в принципе позволяет оперировать с терминами



теории вероятности, не встречая проблем, связанных с определением меры доверия к противоположной гипотезе (не H). В таблице 11 приведены основные характеристики CF , MB , MD .

Таблица 11 – Характеристики CF , MB , MD

Характеристика	Значение
Пределы	$0 \leq MB \leq 1, 0 \leq MD \leq 1, -1 \leq CF \leq +1$
Уверенность в истинности гипотезы	$MB = 1, MD = 0, CF = 1$
Уверенность в ложности гипотезы	$MB = 0, MD = 1, CF = -1$
Отсутствие свидетельства $P(H E) = P(H)$	$MB = 0, MD = 0, CF = 0$

Фактор уверенности CF указывает чистое доверие гипотезе, учитывая некоторые свидетельства. Положительное значение CF означает, что свидетельство поддерживает гипотезу, т. к. MB больше MD , т. е. мера увеличения доверия к гипотезе при наличии (появлении) дополнительного свидетельства больше, чем увеличение меры недоверия к ней в этом случае.

На практике встречается ситуация, когда появление нового свидетельства может одновременно увеличить одновременно и меру доверия, и меру недоверия. Например, если у больного предполагают корь и начали лечить, у него появились пятна – это может быть корь или аллергия на лекарства.

Значение CF , равное 1, означает, что свидетельство окончательно доказывает гипотезу. Значение $CF = 0$ означает одну из двух возможностей:

- 1) отсутствие свидетельства: $MB = MD = 0$;
- 2) уверенность отвергается неуверенностью: $MB = MD$.

Контрольные вопросы

- 1 Что показывает фактор уверенности (коэффициент уверенности)?
- 2 В каких пределах изменяется мера доверия (недоверия)?
- 3 Что означает равенство нулю коэффициента уверенности?
- 4 Что означает отрицательное значение фактора уверенности?
- 5 Что означает положительное значение фактора уверенности?
- 6 Какое главное преимущество применения факторов уверенности?



Лабораторная работа № 11. Применение теории Демпстера–Шефера

Цель работы: изучить теорию Демпстера–Шефера, научиться формировать портфель ценных бумаг на ее основе.

Задание к лабораторной работе

Предприятие формирует портфель ценных бумаг путём покупки акций пяти различных предприятий. При этом производится опрос экспертов предприятия (первая экспертная группа), сотрудников биржи (вторая экспертная группа) и независимых консультантов (третья экспертная группа). Эксперты каждой группы голосуют за одно или несколько предприятий. Результаты голосования приведены в таблицах 12–14. В них указаны подмножества предприятий (в фигурных скобках) и число голосов.

Необходимо скомбинировать свидетельства с учётом надёжности экспертных групп, оценить интервал свидетельства для каждого из пяти предприятий с использованием теории Демпстера–Шефера и обосновать выбор акций для покупки.

Таблица 12 – Голосование первой экспертной группы

Последняя цифра шифра зачетной книжки	Предприятие и количество голосов
0	{1} – 5 чел., {3} – 12 чел., {4, 5} – 18 чел.
1	{1, 2} – 16 чел., {3} – 8 чел., {4} – 10 чел.
2	{1, 4} – 11 чел., {2, 3} – 16 чел.
3	{1, 3} – 8 чел., {4, 5} – 9 чел.
4	{3, 4} – 16 чел., {2, 5} – 15 чел.
5	{2, 3} – 10 чел., {3, 4} – 17 чел.
6	{1} – 2 чел., {3, 4} – 8 чел., {3, 5} – 21 чел.
7	{1, 2, 4} – 14 чел., {2, 5} – 19 чел.
8	{2, 4} – 23 чел., {3} – 14 чел.
9	{3, 5} – 25 чел., {4} – 7 чел., {5} – 1 чел.

Таблица 13 – Голосование второй экспертной группы

Предпоследняя цифра шифра зачетной книжки	Предприятие и количество голосов
0	{1} – 15 чел., {4} – 3 чел.
1	{2, 3} – 7 чел., {5} – 1 чел.
2	{1, 2} – 8 чел., {3, 4} – 21 чел.
3	{3} – 25 чел., {2} – 2 чел.
4	{1, 3} – 6 чел., {2, 5} – 25 чел.
5	{2} – 14 чел., {3, 5} – 22 чел.
6	{1} – 21 чел.
7	{2, 4} – 6 чел., {5} – 17 чел.
8	{2, 3, 4} – 14 чел.
9	{1, 5} – 2 чел., {3} – 19 чел.



Таблица 14 – Голосование третьей экспертной группы

Первая буква фамилии	Предприятие и количество голосов
А, Б, В	{4} – 7 чел., {5} – 10 чел.
Г, Д, Е, Ё	{2, 4} – 28 чел.
Ж, З, И, Й	{1, 2} – 5 чел., {3} – 15 чел.
К, Л, Ч	{1} – 15 чел., {2, 4, 5} – 5 чел.
М, Н, Ш	{3, 5} – 10 чел., {2} – 10 чел.
О, П, Р	{2} – 11 чел., {3, 4} – 20 чел.
С, Т, У, Щ	{1} – 3 чел., {4} – 12 чел., {5} – 1 чел.
Ф, Х, Ц,	{1, 3} – 9 чел., {1, 5} – 8 чел.
Ч, Ш, Щ	{2,4,5} – 27 чел.
Э, Ю, Я	{2} – 2 чел., {3} – 5 чел., {5} – 10 чел.

Методические указания

В теории Демпстера–Шефера свидетельства оцениваются с помощью доверия или массы m . Если свидетельства об одном и том же объекте или явлении поступают из разных источников (разные экспертные группы), то для принятия решения массы свидетельств следует комбинировать по правилу Демпстера:

$$m_i \oplus m_2(Z) = \sum_{X \cap Y = Z} m_1(X) \cdot m_2(Y). \quad (21)$$

Предполагается, что источники данных независимы и абсолютно надёжны.

Если комбинируются массы неконфликтных свидетельств, то сумма масс всех подмножеств (свидетельств) должна равняться единице. Однако при комбинировании конфликтных свидетельств это правило нарушается, т. к. подобные свидетельства не имеют общих элементов, и часть доверия (массы) распределяется на пустое множество. Но согласно правилам теории Демпстера–Шефера масса пустого множества всегда равна нулю, так как по смыслу пустое множество – это отсутствие ответа на заданный вопрос. В таком случае следует применять нормализацию доверия. Она выполняется путём деления полученных после комбинирования масс свидетельств на величину $1 - k$, где k – коэффициент конфликтности свидетельств, который находится по формуле

$$m_i \oplus m_2(Z) = \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X) \cdot m_2(Y). \quad (22)$$

Необходимо отметить, что абсолютно конфликтные свидетельства нельзя комбинировать, т. к. коэффициент конфликтности равен 1. Однако если нужно скомбинировать такие свидетельства или есть сомнения в надёжности источников данных, то следует применять дисконтирование масс свидетельств. Для

этого исходные массы умножают на величину $1 - \alpha_d$, где α_d – коэффициент дисконтирования, меняющийся от нуля до единицы и указывающий надёжность источника. Чем меньше значение α_d , тем надёжнее источник. Чтобы не нарушать правила о сумме масс всех подмножеств, масса окружения Θ (полного множества свидетельств) дисконтируется по формуле

$$m^\alpha(\Theta) = \alpha_d + (1 - \alpha_d) \cdot m(\Theta). \quad (23)$$

Для того чтобы выбрать из окружения Θ какое-либо подмножество в качестве ответа на вопрос, следует определить интервал свидетельства. Нижняя граница интервала называется базой, а верхняя – правдоподобием. База Bel является минимальным уровнем доверия к свидетельству и находится как сумма массы подмножества и всех входящих в него элементов:

$$Bel(X) = \sum_{Y \subseteq X} m(Y). \quad (24)$$

Правдоподобие Pls – это максимальный уровень доверия к свидетельству. Определяется по формуле

$$Pls(X) = Bel(\bar{X}). \quad (25)$$

По определённым значениям интервала свидетельства можно принять решение о справедливости этого свидетельства. В таблице 15 приводятся общие интервалы свидетельств.

Таблица 15 – Общие интервалы свидетельств

Интервал	Значение
[1, 1]	Абсолютная истина
[0, 0]	Абсолютная ложь
[0, 1]	Полное незнание
[Bel , 1], $0 < Bel < 1$	Подтверждение гипотезы
[0, Pls], $0 < Pls < 1$	Опровержение гипотезы
[Bel , Pls], $0 < Bel \leq Pls < 1$	И подтверждение, и опровержение гипотезы

Например, предприятие формирует портфель ценных бумаг путём покупки акций четырёх различных предприятий ($\Theta = \{1, 2, 3, 4\}$). Сто экспертов одной группы предлагают купить акции предприятия № 2, шестьдесят экспертов этой же группы считают, что нужно купить акции предприятия № 2 или предприятия № 3. Восемь экспертов другой группы предлагают купить акции предприятия № 1 или предприятия № 3, а один эксперт не смог выразить предпочтений.



По первой группе получаем $m_1\{2\} = 100/160 = 0,625$, $m_1\{2, 3\} = 60/160 = 0,375$. По второй группе получаем $m_2\{1, 3\} = 8/9 = 0,889$, $m_2\{\Theta\} = 1/9 = 0,111$.

Зададим надёжность источников. Это можно сделать произвольно или определить через долю каждой группы экспертов в общей их численности. Например, $\alpha_{\partial 1} = 1 - 160/169 = 0,053$, $\alpha_{\partial 2} = 1 - 9/169 = 0,947$.

Тогда массы свидетельств с учётом дисконтирования составят:

$$\begin{aligned} m_1\{2\} &= 0,625 \cdot (1 - 0,053) = 0,592; \\ m_1\{2, 3\} &= 0,375 \cdot (1 - 0,053) = 0,355; \\ m_1\{\Theta\} &= 0,053 + 0 \cdot (1 - 0,053) = 0,053; \\ m_2\{1, 3\} &= 0,889 \cdot (1 - 0,947) = 0,047; \\ m_2\{\Theta\} &= 0,947 + 0,111 \cdot (1 - 0,947) = 0,953. \end{aligned}$$

Составим таблицу 16 для комбинирования масс свидетельств.

Таблица 16 – Комбинирование свидетельств

Свидетельство	$m_2\{1, 3\} = 0,047$	$m_2\{\Theta\} = 0,953$
$m_1\{2\} = 0,592$	\emptyset	$\{2\} 0,564$
$m_1\{2, 3\} = 0,355$	$\{3\} 0,017$	$\{2, 3\} 0,338$
$m_1\{\Theta\} = 0,053$	$\{1, 3\} 0,0025$	$\{\Theta\} 0,0505$

Коэффициент конфликтности $k = m_1\{2\} \cdot m_2\{1, 3\} = 0,028$.

Тогда комбинированные массы свидетельств составят:

$$\begin{aligned} m_1 \oplus m_2\{2\} &= 0,564 / (1 - 0,028) = 0,58; \\ m_1 \oplus m_2\{3\} &= 0,017 / (1 - 0,028) = 0,017; \\ m_1 \oplus m_2\{2, 3\} &= 0,338 / (1 - 0,028) = 0,348; \\ m_1 \oplus m_2\{1, 3\} &= 0,0025 / (1 - 0,028) = 0,0026; \\ m_1 \oplus m_2\{\Theta\} &= 0,0505 / (1 - 0,028) = 0,052. \end{aligned}$$

Определим интервал свидетельств для каждого предприятия:

$$\begin{aligned} Bel\{1\} &= m_1 \oplus m_2\{1\} = 0; Pls\{1\} = m_1 \oplus m_2\{1, 3\} + m_1 \oplus m_2\{\Theta\} = 0,0546; \\ Bel\{2\} &= m_1 \oplus m_2\{2\} = 0,58; Pls\{2\} = m_1 \oplus m_2\{2\} + m_1 \oplus m_2\{2,3\} + \\ &+ m_1 \oplus m_2\{\Theta\} = 0,98; \\ Bel\{3\} &= m_1 \oplus m_2\{3\} = 0,017; Pls\{3\} = m_1 \oplus m_2\{3\} + m_1 \oplus m_2\{1,3\} + m_1 \oplus m_2\{2,3\} + \\ &+ m_1 \oplus m_2\{\Theta\} = 0,42; \\ Bel\{4\} &= m_1 \oplus m_2\{4\} = 0; Pls\{4\} = m_1 \oplus m_2\{\Theta\} = 0,052. \end{aligned}$$

Таким образом, следует покупать акции предприятия № 2.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое фрейм различения \oplus в теории Демстера–Шефера?
- 2 Мера доверия в теории Демстера–Шефера.



- 3 Мера правдоподобия в теории Демстера–Шефера.
- 4 Назовите основные условия для функции доверия.
- 5 Чем теория Демстера–Шефера отличается от теории вероятностей?
- 6 Как осуществляется комбинация функций доверия?

Лабораторная работа № 12. Агрегирование информации при принятии решения

Цель работы: освоить методику, позволяющую сравнивать различные варианты решений путем агрегирования множества критериев и выбирать наилучший вариант на основе метода анализа иерархий.

Задание к лабораторной работе

В соответствии с выбранным вариантом задачи требуется составить перечень частных критериев (от пяти до восьми критериев), которые используются для решения задачи, построить иерархию критериев и альтернатив. Произвести выбор варианта решения из нескольких альтернатив (не менее трёх) с помощью метода анализа иерархий. Перечень вариантов задач приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Варианты задачи

Номер варианта	Условие задачи
1	Выбор места предполагаемого трудоустройства
2	Выбор инвестиционного проекта
3	Выбор местожительства в черте города (района и квартиры)
4	Отбор персонала в отдел сбыта предприятия
5	Выбор модели сотового телефона
6	Выбор специальности при поступлении в вуз
7	Выбор поставщика сырья для производства
8	Выбор места медицинского обслуживания
9	Выбор марки автомобиля
10	Выбор места летнего отдыха

Методические указания

Как правило, эксперты принимают решения в сложных условиях, когда ситуация включает большое количество критериев. Эти критерии нельзя формализовать с помощью чисел, затруднено определение степени их влияния на ситуацию и т. д. В таком случае можно использовать метод анализа иерархий, который позволяет анализировать задачу, разлагать ее на более простые



составные части, облегчает обработку информации для лиц, принимающих решение, и помогает принимать адекватные решения.

Метод анализа иерархий состоит из следующих этапов: декомпозиция проблемы и ее представление в виде иерархии; установление приоритетов критериев и оценка каждой из альтернатив для выбора наилучшей.

На этапе декомпозиции задача представляется в виде иерархии. На верхнем уровне находится цель, на втором – факторы или критерии, которые уточняют цель, на третьем располагаются варианты.

На втором этапе критерии сравниваются попарно по отношению к их воздействию на общую характеристику. Парные сравнения представляются в виде матрицы, приведенной в таблице 18. Эта матрица имеет свойство обратной симметричности, т. е. элемент $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

Таблица 18 – Матрица парных сравнений

	A_1	A_2	A_3	...	A_n
A_1	w_1 / w_1	w_1 / w_2	w_1 / w_3	...	w_1 / w_n
A_2	w_2 / w_1	w_2 / w_2	w_2 / w_3	...	w_2 / w_n
...
A_n	w_n / w_1	w_n / w_2	w_n / w_3	...	w_n / w_n

Пусть A_1, A_2, \dots, A_n – критерии или факторы; w_1, w_2, \dots, w_n – значимость или вес этих критериев. В матрице указывается относительная значимость по сравнению с другими критериями: например, элемент w_2/w_3 показывает важность критерия w_2 по отношению к w_3 . Значимость w_1, w_2, \dots, w_n заранее неизвестна, а известны только отношения между ними. Задача состоит в нахождении значений w_1, w_2, \dots, w_n .

Элементы матрицы задаются людьми-экспертами с помощью шкалы, представленной в таблице 19. Такой шкалой удобно пользоваться при сравнении факторов, которые сложно определить количественно.

По соглашению сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами сверху. Поэтому если элемент слева важнее, чем элемент сверху, то в клетку на пересечении заносится целое число; в противном случае – дробь (обратное значение). По главной диагонали проставляются единицы, так как элемент эквивалентен сам себе. В программе можно осуществить автоматическое заполнение клеток под главной диагональю (a_{ji}) числами, обратными тем, что находятся над диагональю ($1/a_{ij}$).

Для проведения оценок вариантов покупки дома нужно заполнить матрицу парных сравнений для второго уровня (определить важность критериев как таковых).

На третьем уровне по каждому фактору строится матрица парных сравнений, в которой определяется, насколько хорош тот или иной дом для удовлетворения этого фактора (определяется, какой дом из трех лучше).



Таблица 19 – Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство одного над другим
5	Существенное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями
Обратные величины	Если при сравнении первого критерия со вторым получено целое число, то при сравнении второго с первым получается обратная величина

Далее необходимо обработать матрицы и получить оценки вариантов покупки. Для этого нужно сформировать вектор приоритетов. Данный вектор можно найти через собственные вектора матрицы, но есть более простые способы, дающие приближенные значения. Например, это формула геометрического среднего.

Для получения компоненты собственного вектора i -й строки нужно перемножить элементы в этой строке и извлечь корень n -й степени из произведения.

$$a_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{w_i}{w_j} \right)}. \quad (26)$$

После получения всех компонент собственных векторов для n строк можно их использовать для дальнейших вычислений. Нужно найти сумму всех компонент и нормализовать эти компоненты:

$$w_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (27)$$

Матрицу следует проверять на согласованность, поскольку при задании парных оценок эксперты могут ошибаться. Например, взвешивание предметов может показать, что предмет А тяжелее, чем Б, Б тяжелее, чем В, а В тяжелее, чем А. Такое случается, если веса предметов близки, а прибор недостаточно точен, чтобы это определить. Если согласованность в матрице серьезно нарушена, нужно пересмотреть суждения экспертов.

Индекс согласованности можно приближенно найти вручную. Сначала суммируется каждый столбец суждений:



$$b_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{w_j}. \quad (28)$$

Затем сумма делится на соответствующую нормализованную компоненту вектора приоритетов и полученные значения складываются:

$$\lambda_{\max} = \sum_i^n b_i \cdot w_i. \quad (29)$$

Для индекса согласованности имеем

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1). \quad (30)$$

Для обратно симметричной матрицы всегда $\lambda_{\max} \geq n$.

Далее индекс согласованности сравнивается с индексом согласованности обратно симметричной матрицы, заполненной при случайном выборе суждений из шкалы 1/9, 1/8, 1/7, ..., 1/2, 1, 2, ..., 7, 8, 9. Значения случайной согласованности приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Случайная согласованность

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Если разделить индекс согласованности на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получим отношение согласованности. Величина отношения согласованности должна быть не более 10 %. В некоторых случаях допустимо значение до 20 %, но не более. Если отношение согласованности выходит из этих пределов, нужно проверить суждения экспертов.

После проверки согласованности матриц можно перейти к формированию оценок вариантов. Локальные приоритеты (полученные для каждого из домов-кандидатов по тому или иному фактору) перемножаются на приоритет соответствующего фактора на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу. После получения глобальных приоритетов вариантов тот вариант, который получает максимальный приоритет, выбирается в качестве наилучшего:

$$P = (x_{f1} \cdot x_{Af1}) + (x_{f2} \cdot x_{Af2}) + \dots + (x_{fn} \cdot x_{Afn}), \quad (31)$$

где P – приоритеты вариантов;

x_{f1}, \dots, x_{fn} – вектора приоритетов для факторов;

x_{Af1}, \dots, x_{Afn} – вектора приоритетов для вариантов.



Контрольные вопросы

- 1 Приведите пример применения метода анализа иерархий.
- 2 Охарактеризуйте этапы метода анализа иерархий.
- 3 Опишите принципы построения матрицы парных сравнений.
- 4 Какая цель проверки матрицы парных сравнений на согласованность?

Лабораторная работа № 13. Оценка эффективности принятого решения

Цель работы: освоить методы оценки эффективности принятого решения.

Задание к лабораторной работе

Оценить эффективность принимаемого управленческого решения для рассматриваемой ситуации. Метод оценки и характеристику ситуации получить у преподавателя.

Методические указания

В процессе оценки эффективности управленческих решений применяется семь основных методов.

Индексный метод. Применяют для анализа наиболее сложных явлений с элементами, не поддающимися измерению. Индексы здесь играют роль относительных показателей. Они помогают оценить, как выполняются плановые задания, и определить динамику разных процессов и явлений. Индексный метод призван помочь разложить обобщающий показатель на факторы относительных и абсолютных отклонений.

Балансовый метод. Суть данного метода состоит в том, что сопоставляются взаимосвязанные показатели работы организации. Цель – определить влияние отдельных факторов и найти резервы для повышения эффективности компании. Взаимосвязь отдельных показателей представляется равенством итогов, которые получены после определенных сопоставлений.

Метод элиминирования. Обобщает два первых метода и предлагает возможность для определения воздействия какого-то одного фактора на общий показатель деятельности компании. При этом предполагается, что все другие факторы функционировали в одной среде – согласно плану.

Графический метод. Является способом наглядного представления работы организации, определения комплекса показателей и оформления результатов произведенных аналитических мероприятий.

Метод сравнения. Предлагает возможность оценки работы компании, выявления отклонений фактических показателей от базисных величин, установления их причин и поиска резервов последующего улучшения деятельности.



Метод сравнения. Предлагает возможность оценки работы компании, выявления отклонений фактических показателей от базисных величин, установления их причин и поиска резервов последующего улучшения деятельности.

Экономико-математические методы. Применяются, когда требуется выбрать оптимальные варианты, определяющие специфику управленческих решений в текущих или предполагаемых экономических условиях. Задач, которые решают экономико-математические методы, множество. Среди них установление наилучшего ассортимента производимого продукта, оценка плана производства, сравнительный анализ экономической эффективности применения ресурсов, оптимизация производственной программы и другие.

Контрольные вопросы

- 1 Чем вызваны трудности оценки эффективности управленческих решений?
- 2 Каких принципов целесообразно придерживаться для обеспечения эффективной реализации управленческих решений?
- 3 Назовите методы оценки экономической эффективности управленческих решений и охарактеризуйте их.

Список литературы

- 1 **Литвак, Б. Г.** Управленческие решения. Практикум / Б. Г. Литвак. – Москва: Моск. финансово-промышленный ун-т «Синергия», 2012. – 448 с.
- 2 **Балдин, К. В.** Управленческие решения: учебник / К. В. Балдин. – Москва: Дашков и К, 2012. – 496 с.
- 3 **Фатхутдинов, Р. А.** Управленческие решения: учебник / Р. А. Фатхутдинов. – Москва: ИНФРА-М, 2010. – 344 с.

