# Лабораторная работа №8

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РИСКА ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ. Метод ФСА**

## Цель работы:

* изучение принципов решения задач многокритериального выбора аль- тернатив в условиях риска на основе метода анализа иерархий;

## Основные этапы решения задачи многокритериального выбора альтернатив в условиях риска

Как правило, в ходе принятия управленческих решений необходимо при- нимать во внимание как многокритериальность (т.е. различные показатели, ха- рактеризующие принимаемые решения), так и риск (т.е. зависимость результа- тов принимаемых решений не только от самих решений, но и от неконтроли- руемых внешних факторов). Обычно из нескольких критериев, учитываемых при принятии решения, некоторые зависят от внешних условий.

Анализ и выбор альтернатив по многим критериям с учетом риска может выполняться следующим образом.

1. Для *каждого варианта внешних условий* определяются обобщенные оценки альтернатив. Для этого могут применяться различные методы много- критериальной оценки альтернатив, например, метод анализа иерархий.
2. Полученные обобщенные оценки сводятся в матрицу выигрышей. Окон- чательный выбор альтернативы выполняется на основе методов игрового про- граммирования, т.е. критерия Байеса (если известны вероятности внешних ус- ловий) или критериев Лапласа, Вальда, Гурвица (если вероятности внешних ус- ловий неизвестны).

## Оценка альтернатив на основе метода анализа иерархий

Решение задачи выбора альтернатив по многим критериям с учетом риска рассмотрим на следующем примере.

**Пример 3.1 –** Рассматриваются три варианта строительства предприятия химической промышленности: проект A, B и C.

Спрос на продукцию, которую будет выпускать предприятие, заранее точ- но не известен. По мнению экспертов, в ближайшие годы вероятность низкого спроса на продукцию предприятия составляет 10%, среднего - 60%, высоко- го - 30%.

При выборе проекта учитываются следующие критерии: прибыль от рабо- ты предприятия (К1); количество рабочих мест, создаваемых предприяти- ем (К2); загрязнение окружающей среды (К3); затраты на строительство пред-

приятия (К4). Оценки проектов по критериям К1-К3 в условиях различных уровней спроса приведены в таблице 3.1.

Затраты на строительство предприятия по проекту А составят 60 млн ден.ед., по проекту В - 80, по проекту С - 90 млн ден.ед.

## Таблица 3.1 – Исходные данные к примеру 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Спрос | Низкий | | | Средний | | | Высокий | | |
| Проекты | А | В | С | А | В | С | А | В | С |
| Прибыль,  млн ден.ед./год | 40 | 30 | 30 | 45 | 60 | 65 | 45 | 60 | 80 |
| Количество рабочих  мест, тыс. | 8 | 11 | 12 | 8,5 | 11 | 12,5 | 8,5 | 11 | 12,5 |
| Загрязнение окружаю-  щей среды, тонн/год | 30 | 70 | 60 | 30 | 80 | 70 | 30 | 80 | 80 |

По мнению руководства компании - владельца предприятия, наиболее важ- ным критерием, который следует учитывать при выборе проекта, является при- быль; очень важным критерием является также загрязнение окружающей сре- ды. Менее важный критерий - затраты на строительство предприятия, еще не- много менее важный - количество создаваемых рабочих мест.

В этой задаче требуется учитывать четыре критерия. Три из них (прибыль, количество рабочих мест и загрязнение окружающей среды) зависят не только от принятого решения (т.е. выбранного проекта предприятия), но и от внешних условий (спроса на продукцию). Таким образом, решение принимается в усло- виях риска и неопределенности. В то же время один из критериев - затраты на строительство предприятия - не зависит от будущего спроса на продукцию.

Для решения задачи воспользуемся методом анализа иерархий.

Найдем обобщенные оценки альтернатив (проектов) для первого варианта внешних условий, т.е. **для низкого спроса.**

1. Определяются локальные приоритеты (оценки важности) критериев. Для этого выполняется их попарное сравнение по важности согласно методу Саати (см. таблицу 3.2).

## Таблица 3.2 – Матрица парных сравнений критериев по важности

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | K1 | K2 | K3 | K4 |
| K1 | 1 | 7 | 2 | 5 |
| K2 | 1/7 | 1 | 1/6 | 1/3 |
| K3 | 1/2 | 6 | 1 | 4 |
| K4 | 1/5 | 3 | 1/4 | 1 |

Локальные приоритеты альтернатив вычисляются, как показано в подраз- деле 1.2 или 2.3: *L*K1 = 0,51; *L*K2 = 0,05; *L*K3 = 0,33; *L*K4 = 0,11.

1. Определяются локальные приоритеты альтернатив (проектов) по каждо- му из критериев. Для этого выполняется их попарное сравнение согласно мето- ду Саати (см. таблицы 3.3 – 3.6).

## Таблица 3.3 – Сравнение по критерию “прибыль”

**Таблица 3.4 – Сравнение по критерию “количество рабочих мест”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 5 | 5 |
| В | 1/5 | 1 | 1 |
| С | 1/5 | 1 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 1/5 | 1/6 |
| В | 5 | 1 | 1/2 |
| С | 6 | 2 | 1 |

*LK*1  0*,*71;

*A*

*LK*1  0*,*14 ;

*LK*1  0*,*14 .

*K* 2  0*,*08 ;

*LK* 2  0*,*34 ;

*K* 2  0*,*58.

Здесь, например, оценка *X*12 = 5 (см. таблицу 3.3) означает, что в условиях низкого спроса проект А лучше, чем проект В, по критерию “прибыль”: проект А приносит прибыль в размере 40 млн ден.ед., а В - 30 млн.

*B*

*C*

*L*

*B*

*L*

*A*

*C*

## Таблица 3.5 – Сравнение по критерию “загрязнение окружающей среды”

**Таблица 3.6 – Сравнение по критерию “затраты на строительство”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 9 | 7 |
| В | 1/9 | 1 | 1/3 |
| С | 1/7 | 3 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 7 | 8 |
| В | 1/7 | 1 | 3 |
| С | 1/8 | 1/3 | 1 |

*LK* 3  0*,*79 ;

*A*

*LK* 3  0*,*07 ;

*LK* 3  0*,*15 .

*LK* 4  0*,*78 ;

*LK* 4  0*,*15;

*K* 4  0*,*07 .

1. Определяются обобщенные оценки (глобальные приоритеты) альтерна-

*B*

*C*

*A*

*B*

*L*

*C*

тив, как показано в подразделе 2.3: *G*A = 0,71; *G*B = 0,13; *G*C = 0,16. Например, глобальный приоритет проекта A вычислен следующим образом:

*G*A =

*LK*1  *LK*1

* *LK* 2  *LK* 2
* *LK* 3  *LK* 3
* *LK* 4  *LK* 4 

= 0,71·0,51 + 0,08·0,06 + 0,79·0,33 + 0,78·0,1 = 0,71.

*A*

*A*

*A*

*A*

Найдем обобщенные оценки альтернатив для второго варианта внешних условий, т.е. **для среднего спроса.**

1. Определяются локальные приоритеты (оценки важности) критериев. Так как важность критериев не зависит от внешних условий, локальные приоритеты критериев будут такими же, как и найденные выше (для условий низкого спро-

са): *L*K1 = 0,51; *L*K2 = 0,05; *L*K3 = 0,33; *L*K4 = 0,11.

1. Определяются локальные приоритеты альтернатив по каждому из крите- риев (см. таблицы 3.7 – 3.10).

## Таблица 3.7 – Сравнение по критерию “прибыль”

**Таблица 3.8 – Сравнение по критерию “количество рабочих мест”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 1/6 | 1/7 |
| В | 6 | 1 | 1/3 |
| С | 7 | 3 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 1/5 | 1/6 |
| В | 5 | 1 | 1/3 |
| С | 6 | 3 | 1 |

*LK*1  0*,*07 ;

*A*

*LK*1  0*,*29 ;

*LK*1  0*,*64 .

*LK* 2  0*,*08 ;

*K* 2  0*,*29 ;

*LK* 2  0*,*64 .

## Таблица 3.9 – Сравнение по критерию “загрязнение окружающей среды”

*B*

*C*

*A*

*L*

*C*

*B*

**Таблица 3.10 – Сравнение по критерию “затраты на строительство”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 9 | 9 |
| В | 1/9 | 1 | 1/3 |
| С | 1/9 | 3 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 7 | 8 |
| В | 1/7 | 1 | 3 |
| С | 1/8 | 1/3 | 1 |

*LK* 3  0*,*81;

*A*

*B*

*LK* 3  0*,*06 ;

*LK* 3  0*,*13.

*LK* 4  0*,*78 ;

*LK* 4  0*,*15;

*K* 4  0*,*07 .

1. Определяются обобщенные оценки (глобальные приоритеты) альтерна- тив: *G*A = 0,39; *G*B = 0,2; *G*C = 0,41.

*C*

*A*

*B*

*L*

*C*

Найдем обобщенные оценки альтернатив для третьего варианта внешних условий, т.е. **для высокого спроса.**

1. Определяются локальные приоритеты (оценки важности) критериев:

*L*K1 = 0,51; *L*K2 = 0,05; *L*K3 = 0,33; *L*K4 = 0,11.

1. Определяются локальные приоритеты альтернатив по каждому из крите- риев (см. таблицы 3.11 – 3.14).

## Таблица 3.11 – Сравнение по критерию “прибыль”

*L*

*L*

*C*

*A*

*B*

**Таблица 3.12 – Сравнение по критерию “количество рабочих мест”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 1/6 | 1/9 |
| В | 6 | 1 | 1/7 |
| С | 9 | 7 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 1/5 | 1/7 |
| В | 5 | 1 | 1/3 |
| С | 7 | 3 | 1 |

*LK*1  0*,*05;

*A*

*B*

*C*

*LK*1  0*,*18 ;

*LK*1  0*,*77 .

*K* 2  0*,*07 ;

*K* 2  0*,*28 ;

*LK* 2  0*,*65 .

## Таблица 3.13 – Сравнение по критерию “загрязнение окружающей среды”

**Таблица 3.14 – Сравнение по критерию “затраты на строительство”**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 9 | 9 |
| В | 1/9 | 1 | 1 |
| С | 1/9 | 1 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А | В | С |
| А | 1 | 7 | 8 |
| В | 1/7 | 1 | 3 |
| С | 1/8 | 1/3 | 1 |

*LK* 3  0*,*82 ;

*A*

*B*

*LK* 3  0*,*09 ;

*LK* 3  0*,*09 .

*LK* 4  0*,*78 ;

*LK* 4  0*,*15;

*K* 4  0*,*07 .

1. Определяются обобщенные оценки (глобальные приоритеты) альтерна- тив: *G*A = 0,38; *G*B = 0,16; *G*C = 0,46.

*C*

*A*

*B*

*L*

*C*

Примечание – Парные сравнения альтернатив и их локальные приоритеты по крите- рию “затраты на строительство” (таблицы 3.6; 3.10; 3.14) одинаковы для всех вариантов внешних условий, так как этот критерий не зависит от внешних условий. Затраты зависят только от проекта, по которому строится предприятие, но не от будущего спроса на его про- дукцию.

## Выбор альтернативы на основе оценок для различных внешних условий

Обобщенные оценки альтернатив, полученные для различных вариантов внешних условий, сводятся в матрицу выигрышей (таблица 3.15).

## Таблица 3.15 – Матрица выигрышей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Проекты | Внешние условия (спрос) | | |
| Низкий | Средний | Высокий |
| A | 0,71 | 0,39 | 0,38 |
| B | 0,13 | 0,2 | 0,16 |
| C | 0,16 | 0,41 | 0,46 |

На основе матрицы выигрышей выбирается лучшая альтернатива. Выбор производится в зависимости от постановки задачи, прежде всего - в зависимо- сти от информации о внешних условиях. В данном случае известны вероятности внешних условий, т.е. экспертные оценки вероятностей для различных уровней спроса. Поэтому для выбора альтернативы используется критерий Байеса (кри- терий максимума среднего выигрыша). Для каждой альтернативы определяется обобщенная оценка с учетом всех вариантов внешних условий:

*E*A = 0,71·0,1 + 0,39·0,6 + 0,38·0,3 = 0,42; *E*B = 0,13·0,1 + 0,2·0,6 + 0,16·0,3 = 0,18; *E*С = 0,16·0,1 + 0,41·0,6 + 0,46·0,3 = 0,4.

Таким образом, в качестве рационального решения следует выбрать строи- тельство предприятия по проекту А.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения по лабораторной работе.
2. Получить задание на лабораторную работу (см. приложение В).
3. Свести глобальные приоритеты альтернатив в матрицу выигрышей. Вы- брать рациональную альтернативу, используя (в зависимости от имеющейся информации о внешних условиях) критерий Байеса, Лапласа, Вальда или Гур- вица.

**Варианты заданий для лабораторных работ**

**Вариант Б.1**

Предприятие - производитель изделий бытовой электроники выбирает тор- говую фирму для заключения с ней договора о распространении своей продук- ции. Имеется шесть торговых фирм, о которых известно следующее.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фирма | ТФ1 | ТФ2 | ТФ3 | ТФ4 | ТФ5 | ТФ6 |
| Опыт работы с дан- ной продукцией,  лет | 5 | 2 | 6 | 5 | 7 | 4 |
| Уровень развития торговой сети | развитая | развитая | разви- тая | средняя | средняя (не-  много хуже, чем у ТФ4) | средняя (немного  лучше, чем у ТФ4 и ТФ5) |
| Репутация | сомни-  тельная | хорошая | сред-  няя | хорошая | средняя | хорошая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, основной критерий - репутация, менее важ- ный - опыт работы, еще менее важный – уровень развития торговой сети.

По мнению второго эксперта, основной критерий - репутация, менее важ- ный – уровень развития торговой сети, еще менее важный – опыт работы.

## Вариант Б.2

Предприятие предполагает приобрести станок. Характеристики станков, из которых делается выбор, следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Станок | СТ1 | СТ2 | СТ3 | СТ4 | СТ5 | СТ6 |
| Производительность,  изделий/ч | 25 | 25 | 30 | 15 | 20 | 35 |
| Стоимость станка, тыс.  ден.ед. | 140 | 100 | 200 | 100 | 100 | 200 |
| Надежность | достаточ- но высо- кая | средняя | очень высокая | достаточно высокая (немного ниже, чем у СТ1 и  СТ6) | сред- няя | достаточ- но высо- кая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, основной критерий - производительность, немного менее важный - надежность, еще немного менее важный - стоимость.

По мнению второго эксперта, основной критерий - производительность, менее важный - стоимость, еще немного менее важный - надежность.

## Вариант Б.3

Предлагаются шесть вариантов площадки для строительства нового пред- приятия. Характеристики площадок следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площадка | Пл1 | Пл2 | Пл3 | Пл4 | Пл5 | Пл6 |
| Уровень развития дорожной сети | средняя | плохая | развитая | развитая (не-  много лучше, чем для Пл3) | средняя | плохая |
| Энергоснабжение | хорошее | хорошее | плохое | среднее | очень  хорошее | среднее |
| Затраты на под- готовку к строи-  тельству, млн ден.ед. | 3,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 3 | 2,0 |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - затраты на под- готовку к строительству, менее важны (и одинаково важны между собой) уро- вень развития дорожной сети и энергоснабжение.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий - уровень разви- тия дорожной сети, немного менее важный - затраты на подготовку к строи- тельству, еще немного менее важный - энергоснабжение.

## Вариант Б.4

Предлагаются шесть проектов строительства промышленного предприятия.

Характеристики проектов следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Проект | П1 | П2 | П3 | П4 | П5 | П6 |
| Прибыль, млн  ден.ед./год | 12 | 10 | 13 | 11 | 15 | 14 |
| Новые рабочие мес-  та | 3000 | 3500 | 3000 | 1500 | 2000 | 2500 |
| Возможности разви- тия территории | хорошие | средние | средние (немно-  го хуже, чем для П2) | хорошие | очень хорошие | очень хорошие |

Оценка важности критериев выполняется двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - прибыль, менее важный - возможности развития территории, еще менее важный - количество новых рабочих мест.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий - прибыль, менее важный - количество новых рабочих мест, еще менее важный - возможности развития территории.

## Вариант Б.5

Выбирается место для строительства металлургического предприятия. Ха- рактеристики мест, предлагаемых для строительства следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Место | М1 | М2 | М3 | М4 | М5 | М6 |
| Близость к источникам сырья | совсем близко | близко | далеко | совсем близко | близко (немно-  го дальше, чем для М2) | среднее  расстоя- ние |
| Близость к потребителям | далеко | среднее  расстоя- ние | близко | очень далеко | далеко | совсем близко |
| Затраты на подготовку к  строительству, млн ден.ед. | 2,5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3,5 |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - затраты на под- готовку к строительству; менее важный - близость к источникам сырья, еще не- много менее важный - близость к потребителям.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий - близость к ис- точникам сырья, немного менее важный - затраты на подготовку к строительст- ву, значительно менее важный - близость к потребителям.

## Вариант Б.6

Предприятие предполагает заключить договор о поставках железной руды с одним из шести поставщиков. Характеристики поставщиков следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщик | П1 | П2 | П3 | П4 | П5 | П6 |
| Содержание металла в pуде, % | 12 | 9 | 15 | 8 | 7 | 10 |
| Стоимость руды, ден.ед./т | 200 | 120 | 220 | 120 | 100 | 140 |
| Надежность поставок | возмож- ны нару-  шения | высокая | очень высо-  кая | достаточ- но высо-  кая | высокая | высокая |

Примечание – Содержание металла в руде - чем выше, тем лучше.

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - содержание ме- талла в руде, следующий по важности - надежность поставок, следующий по важности - стоимость руды.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий - содержание ме- талла в руде, следующий по важности - стоимость руды, следующий по важно- сти - надежность поставок.

## Вариант Б.7

Предприятие предполагает закупить универсальный станок для изготовле- ния изделий нескольких типов. Характеристики станков, из которых делается выбор, следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Станок | СТ1 | СТ2 | СТ3 | СТ4 | СТ5 | СТ6 |
| Количество типов выпускае-  мых изделий | 10 | 12 | 8 | 15 | 10 | 12 |
| Стоимость станка, тыс.ден.ед. | 200 | 250 | 160 | 250 | 180 | 240 |
| Переналадка на другой тип изделия | доста- точно простая | доста- точно простая | сложная | очень простая | сложная (не- много слож- нее, чем для  СТ3) | доста- точно простая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - количество ти- пов выпускаемых изделий, менее важный - стоимость, еще менее важный - удобство переналадки на другой тип изделия.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – стоимость, ме- нее важный – удобство переналадки на другой тип изделия, еще менее важный - количество типов выпускаемых изделий.

## Вариант Б.8

Предлагаются шесть вариантов площадки для строительства нового пред- приятия химической промышленности. Характеристики площадок следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площадка | Пл1 | Пл2 | Пл3 | Пл4 | Пл5 | Пл6 |
| Условия для доставки сырья | хорошие | отлич- ные | средние | хорошие (не-  много хуже, чем для Пл1) | сред- ние | очень хорошие |
| Затраты на подготовку к строительству, млн  ден.ед. | 3,5 | 1,8 | 4 | 3 | 3,5 | 4 |
| Опасность загрязнения грунтовых вод в случае  аварии | загрязне- ние воз- можно | высокая опас- ность | опасно- сти нет | загрязнение возможно | опасно- сти нет | опасно- сти нет |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий - опасность за- грязнения, немного менее важный - затраты на подготовку к строительству, еще немного менее важный - условия для доставки сырья.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий - затраты на под- готовку к строительству, примерно такой же по важности (немного менее важ- ный) - опасность загрязнения, менее важный - условия для доставки сырья.