Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Системный анализ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

«Принятие решений в неструктурированных задачах

на основе методов экспертного анализа»

Вариант 2

Студент М.А. Бекетова

Преподаватель Н.О. Туровец

Минск 2025

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc188802161)

[1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ 4](#_Toc188802162)

[2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 4](#_Toc188802163)

[3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ 4](#_Toc188802164)

[4 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ 5](#_Toc188802165)

[4.1 Алгоритм Саати 5](#_Toc188802166)

[4.2 Проверка экспертных оценок на непротиворечивость 6](#_Toc188802167)

[4.3 Метод предпочтений 7](#_Toc188802168)

[4.4 Проверка согласованности экспертных оценок 9](#_Toc188802169)

[4.5 Метод ранга 10](#_Toc188802170)

[4.6 Проверка согласованности экспертных оценок 11](#_Toc188802171)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 13](#_Toc188802172)

# ВВЕДЕНИЕ

Целью данной лабораторной работы является изучение методов экспертного анализа, включая процедуры сбора экспертных оценок, их проверки и обработки. Особое внимание уделяется применению этих методов для поддержки принятия управленческих решений.

В рамках работы рассматривается сценарий, в котором необходимо выбрать оптимальное решение для решения транспортной проблемы в городе, связанной с увеличением грузопотока. Предлагаются различные варианты действий, такие как строительство новой железнодорожной станции, расширение существующей станции, строительство речного грузового порта и строительство отдельной железнодорожной ветки к предприятию.

Выбор одного из вариантов осуществляется с участием трех экспертов, мнения которых подлежат анализу и обработке с использованием методов экспертного анализа.

# ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является:

– изучение методов экспертного анализа, включая процедуры сбора экспертных оценок, их проверки и обработки;

– изучение возможностей применения методов экспертного анализа для поддержки принятия управленческих решений.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

На предприятии возникли сложности, связанные с нехваткой складских площадей для сырья. Предлагаются следующие варианты действий:

1) Построить новый склад (А1).

2) Приобрести складские помещения у другого предприятия (А2).

3) Арендовать складские помещения у другого предприятия (А3).

4) Изменить режим работы предприятия таким образом, чтобы сократить запасы на складах (А4).

Выбор одного из вариантов производится с участием трех экспертов. Мнения экспертов следующие:

Первый эксперт: лучший вариант – аренда склада, немного хуже – изменение режима работы, значительно хуже – приобретение склада у другого предприятия, еще хуже – строительство нового склада;

Второй эксперт: лучший вариант – изменение режима работы, хуже – аренда склада, еще хуже – строительство нового склада, самый худший вариант – приобретение склада у другого предприятия;

Третий эксперт: лучший вариант – строительство нового склада, немного хуже – изменение режима работы, еще немного хуже – аренда склада, значительно хуже – приобретение склада у другого предприятия.

# ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретические сведения по лабораторной работе.

2. Получить задание на лабораторную работу (вариант 2).

3. На основе оценок первого эксперта найти веса вариантов решения, используя алгоритм Саати. Выполнить проверку экспертных оценок на непротиворечивость.

4. Выбрать рациональное решение, используя метод предпочтений. Выполнить проверку экспертных оценок на согласованность. При выявлении несогласованности экспертных оценок указать ее причины, т.е. указать, для каких альтернатив имеются существенные различия в указанных экспертами оценках, или какие эксперты указали оценки, существенно отличающиеся от оценок других экспертов.

5. Выбрать рациональное решение, используя метод ранга. Выполнить проверку экспертных оценок на согласованность. При выявлении несогласованности экспертных оценок указать ее причины (аналогично тому, как указано для метода предпочтений).

Для всех расчетов использовать табличный процессор Excel.

# ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

## 4.1 Алгоритм Саати

Метод Саати основан на сравнении альтернатив, выполняемом одним экспертом. Для каждой пары альтернатив эксперт указывает, в какой степени одна из них предпочтительнее другой.

1. Экспертом заполняется матрица парных сравнений размером *N*x*N*, где *N* – количество альтернатив. Матрица заполняется по правилам, приведенным в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Правила заполнения матрицы парных сравнений по методу Саати

|  |  |
| --- | --- |
| *Xij* | Значение |
| 1 | *i*-я и *j*-я альтернативы примерно равноценны |
| 3 | *i*-я альтернатива немного предпочтительнее *j*-й |
| 5 | *i*-я альтернатива предпочтительнее *j*-й |
| 7 | *i*-я альтернатива значительно предпочтительнее *j*-й |
| 9 | *i*-я альтернатива явно предпочтительнее *j*-й |

Матрица парных сравнений представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица парных сравнений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | А1 | А2 | А3 | А4 |
| А1 | 1 | 1/3 | 1/9 | 1/7 |
| А2 | 3 | 1 | 1/7 | 1/5 |
| А3 | 9 | 7 | 1 | 3 |
| А4 | 7 | 5 | 1/3 | 1 |

2. Находятся цены альтернатив – средние геометрические строк матрицы:



где *i* = 1, ..., *N*.

Это означает, что элементы строки перемножаются, и из их произведения извлекается корень *N*-й степени.

Для данного примера:

,

3. Находится сумма цен альтернатив:

.

В данном примере *C* = 0,2697+ 0,5411 + 3,7078 + 1,8481 = 6,3667.

4. Находятся веса альтернатив:

*Vi* = *Ci*/*C*,

где *i*=1, ..., *N*.

В данном примере *V*1 = 0, 2697/ 6,3667 = 0,04; *V*2 = 0, 5411 / 6,3667 = 0,09; *V*3 = 3,7078 / 6,3667 = 0,58; *V*4 = 1,8481 / 6,3667 = 0,29.

Таким образом, по мнению эксперта, наиболее эффективной является альтернатива, имеющая максимальный вес, это альтернатива A3; следующая за ней – A4, менее эффективна A2, наименее эффективна A1.

## 4.2 Проверка экспертных оценок на непротиворечивость

Проверка позволяет выявить ошибки, которые мог допустить эксперт при заполнении матрицы парных сравнений.

1. Находятся суммы столбцов матрицы парных сравнений:



где *j*=1, ..., *N*.

*R*1= (1 + 3 + 9 + 7) = 20; *R*2 = (1/3 + 1 + 7 + 5) = 13,33; *R*3 = (1/9 + 1/7 + 1 + 1/3) = 1,59; *R*4 = (1/7 + 1/5 + 3 + 1) = 4,34.

2. Рассчитывается вспомогательная величина λ путем суммирования произведений сумм столбцов матрицы на веса альтернатив:

.

λ = *R*1⋅ *V*1 + *R*2⋅ *V*2 + *R*3⋅ *V*3 + *R*4⋅ *V*4 = 4,1654.

3. Находится величина, называемая индексом согласованности (*ИС*):

*ИС* = (λ-*N*)/(*N*-1).

Для данного примера *ИС* = (4,1654-4) / (4-1) = 0,0551.

4. В зависимости от размерности матрицы парных сравнений находится величина случайной согласованности (*СлС*). Значения *СлС* приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Величины случайной согласованности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размерность матрицы | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *СлС* | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

В данном примере (для *N*=4) *СлС*=0,90.

5. Находится отношение согласованности:

*ОС* = *ИС* / *СлС*.

Если отношение согласованности превышает 0,2, то требуется уточнение матрицы парных сравнений.

В данном примере *ОС* = 0,0551/0,9 = 0,0613. Таким образом, уточнение экспертных оценок в данном случае не требуется.

## 4.3 Метод предпочтений

Метод основан на ранжировании альтернатив, выполняемом группой экспертов. Каждый из экспертов (независимо от других) выполняет ранжирование альтернатив, т.е. указывает, какая из альтернатив, по его мнению, является лучшей, какая - следующей за ней, и т.д.

1. Каждому эксперту предлагается выполнить ранжирование альтернатив по предпочтению. В данном примере каждый эксперт присваивает номер 1 фактору, который (по его мнению) оказывает наибольшее влияние на рост производительности труда; 2 - следующему по важности фактору, и т.д. Оценки, указанные экспертами, сводятся в таблицу (матрицу) размером *M*x*N*, где *M* - количество экспертов, *N*- количество альтернатив (в данном примере - количество факторов роста производительности труда). Обозначим эти оценки как *Xij*, *i*=1, ..., *M*, *j*=1, ..., *N*.

Ранжирование альтернатив по предпочтению представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Матрица экспертных оценок для метода предпочтений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Эксперты | Альтернативы (факторы) | | | |
| А1 | А2 | А3 | А4 |
| 1 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 2 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 4 | 3 | 2 |

2. Производится преобразование матрицы оценок по формуле:

*Bij* = *N* - *Xij*,

где *i* = 1, ..., *M*, *j* = 1, ..., *N*.

Это означает, что каждая экспертная оценка вычитается из количества альтернатив.

Для данного примера получена матрица, приведенная в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Преобразованная матрица экспертных оценок для метода предпочтений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Эксперты | Альтернативы (факторы) | | | |
| А1 | А2 | А3 | А4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 2 |
| 2 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 0 | 1 | 2 |

3. Находятся суммы преобразованных оценок по каждой из альтернатив:



где *j* = 1, ..., *N*.

В данном примере *С*1 = 0 + 1 + 3 = 4; *C*2 = 1 + 0 + 0 = 1; *C*3 = 3 + 2 + 1 = 6; *C*4 = 2 + 3 + 2 = 7.

4. Находится сумма всех оценок:



В данном примере *C* = 4 + 1 + 6 + 7 = 18.

5. Находятся веса альтернатив:

*Vj* = *Cj*/*C*,

где *j*=1, ..., *N*.

В данном примере *V*1 = 4/18 = 0,2222; *V*2 = 1/18 = 0,0556; *V*3 = 6/18 = 0,3333; *V*4 = 7/18 = 0,3889.

Чем больше вес, тем более предпочтительной является альтернатива (по мнению экспертов).

В данном примере самой важной альтернативой является А4; следующая по важности альтернатива – А3; следующая по важности – А1; наименее важная альтернатива – А2.

## 4.4 Проверка согласованности экспертных оценок

Проверка согласованности необходима, чтобы выяснить, не было ли резких различий в суждениях экспертов. Если мнения экспертов резко различаются, то следует выявить причины таких различий и, возможно, уточнить некоторые оценки.

Для проверки согласованности мнений экспертов вычисляется величина, называемая коэффициентом конкордации (*W*). Ее расчет выполняется в следующем порядке.

1. Находятся суммы оценок, указанных экспертами для каждой из альтернатив:



где *j*=1, ..., *N*.

В рассматриваемом примере *S*1 = 4 + 3 + 1 = 8; *S*2 = 3 + 4 + 4 = 11; *S*3 = 1 + 2 + 3 = 6; *S*4 = 2 + 1 + 2 = 5.

2. Находится вспомогательная величина *A*:

*A* = *M*(*N*+1)/2.

Для данного примера *A* = 3(4+1)/2 = 7,5.

3. Находится вспомогательная величина S:



Для рассматриваемого примера *S* = (8 - 7,5)2 + (11 – 7,5)2 + (6 – 7,5)2 + (5 – 7,5)2 = 21.

4. Находится коэффициент конкордации:

.

При *W* ≥ 0,5 степень согласованности экспертных оценок может считаться достаточной. При *W* < 0,5 требуется уточнение и согласование экспертных оценок.

В данном примере *W* = 1221 / (9415) = 0,4667. Таким образом, уточнение экспертных оценок требуется.

## 4.5 Метод ранга

Метод основан на балльных оценках альтернатив, указываемых несколькими экспертами. Каждый из экспертов (независимо от других) оценивает альтернативы по некоторой шкале (обычно - 10-балльной). Чем более предпочтительной (по мнению эксперта) является альтернатива, тем более высокий балл для нее указывается.

1. Каждый эксперт указывает оценки альтернатив по 10-балльной шкале. Оценки, указанные экспертами, сводятся в матрицу размером *MXN*, где *M* - число экспертов, *N* - число альтернатив. Обозначим эти оценки как *Xij*, *i*=1 ,..., *M*, *j*=1, ..., *N*.

Пусть в рассматриваемом примере получены экспертные оценки, приведенные в таблице 1.8.

Таблица 4.6 – Матрица экспертных оценок для метода ранга

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Эксперты | Альтернативы (факторы) | | | |
| А1 | А2 | А3 | А4 |
| 1 | 3 | 5 | 10 | 9 |
| 2 | 6 | 1 | 8 | 10 |
| 3 | 10 | 4 | 8 | 9 |

2. Находятся суммарные оценки альтернатив всеми экспертами:



где *j*=1, ..., *N*.

В данном примере *C*1 = 3 + 6 + 10 = 19; *C*2 = 5 + 1 + 4 = 10; *C*3 = 10 + 8 + 8 = 26; *C*4 = 9 + 10 + 9 = 28.

3. Находится сумма всех оценок:



В примере *C* = 19 + 10 + 26 + 28 = 83.

4. Находятся веса альтернатив:

*Vj* = *Cj*/*C*,

где *j*=1, ..., *N*.

Наиболее предпочтительной, по мнению экспертов, является альтернатива, имеющая максимальный вес.

В данном примере *V*1 = 19/83 = 0,2289; *V*2 = 10/91 = 0,1205; *V*3 = 26/83 = 0,3133; *V*4 = 28/83 = 0,3373.

Таким образом, наиболее важной альтернативой признается А4; следующая по важности альтернатива – А3; немного менее важная альтернатива – А1. Наименее важная альтернатива оказывается А2.

## 4.6 Проверка согласованности экспертных оценок

Как и для метода предпочтений, проверка согласованности экспертных оценок требуется для выявления существенных различий в мнениях экспертов и определения причин таких различий. Для этого рассчитываются дисперсии (оценки разброса) оценок для каждого эксперта и для каждой альтернативы. Расчет выполняется в следующем порядке.

1. Находятся средние оценки каждой альтернативы:



где *j*=1, ..., *N*.

В данном примере  = 19/3 = 6,333;  = 10/3 = 3,333;  = 26/3 = 8,667;  = 28/3 = 9,333.

2. Находятся дисперсии оценок каждого эксперта:

*D*э*i*=

где *i*=1, ..., *M*.

Эта величина показывает отклонение оценок, указанных *i*-м экспертом для альтернатив, от средних оценок этих альтернатив. Чем больше эта величина, тем больше *отличие мнения i-го эксперта от остальных экспертов*.

В данном примере:

*D*э1 = ((3 – 6,333)2 + (5 – 3,333)2 + (10 – 8,667)2 + (9 – 9,333)2) = 5,2593.

*D*э2 = ((6 – 6,333)2 + (1 – 3,333)2 + (8 - 8,667)2 + (10 – 9,333)2) = 2,1481.

*D*э3 = ((10 – 6,333)2 + (4 – 3,333)2 + (8 – 8,667)2 + (9 – 9,333)2) = 4,8148.

3. Находятся дисперсии оценок каждой альтернативы:

*D*a*j*=

где *j*=1, ..., *N*.

Эта величина показывает различие оценок, указанных экспертами для *j*-й альтернативы. Чем больше эта величина, тем больше *расхождение мнений экспертов в отношении данной альтернативы*.

В данном примере:

*D*а1 = ((3 – 6,333)2 + (6 – 6,333)2 + (10 – 6,333)2) = 12,333.

*D*а2 = ((5 – 3,333)2 + (1 – 3,333)2 + (4 – 3,333)2) = 4,333.

*D*а3 = ((10 – 8,667)2 + (8 – 8,667)2 + (8 – 8,667)2) = 1,333.

*D*а4 = ((9 – 9,333)2 + (10 – 9,333)2 + (9 – 9,333)2) = 0,333.

Если величина *D*э*i* оказывается большой (оценки *i*-го эксперта сильно отличаются от оценок, указанных другими экспертами), то *i*-му эксперту предлагается обосновать свои оценки. Если большой оказывается величина Dа*j* (оценки *j*-й альтернативы у экспертов сильно отличаются), то следует проанализировать причины таких расхождений.

В данном примере, возможно, следует предложить обосновать свои оценки второму эксперту. Кроме того, следует обратить внимание на разброс оценок второй и четвертой альтернатив.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения лабораторной работы были изучены и применены методы экспертного анализа для оценки и выбора оптимального решения транспортной проблемы в городе. Были рассчитаны веса альтернатив с использованием метода Саати и метода предпочтений, что позволило определить наиболее эффективные варианты действий. Проверка согласованности экспертных оценок показала, что в некоторых случаях требуется уточнение и согласование мнений экспертов.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительными альтернативами являются строительство речного грузового порта и железнодорожной ветки к предприятию.

Работа подтвердила важность использования методов экспертного анализа для принятия обоснованных управленческих решений, обеспечивая их согласованность и обоснованность.