**Лабораторная работа № 2**

**Метод принятия решения на основе**

**аналитического иерархического процесса (АИП)**

**Цель работы:** изучение основных алгоритмов метода анализа иерархий.

**Постановка задачи**

Провести оценку альтернатив при рассмотрении проблемы выбранной предметной области. Количество уровней – 3. Количество критериев не менее 5. Количество альтернатив не менее 3.

**Содержание отчета**

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Постановка задачи в соответствующей предметной области.
4. Полученные результаты. Выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Методологические основы АИП.
2. Принципы и аксиомы АИП.
3. Определение иерархии и её формализация.
4. Шкала парных сравнений. Требования к ней. Закон Вебера-Фехнера.
5. Основные соотношения для идеально-согласованной матрицы парных сравнений (МПС).
6. Формулировка задачи обработки реальной МПС.
7. Содержательное отличие между индексом согласованности (ИС) и относительной согласованностью (ОС).
8. Принцип иерархической композиции. Локальные и глобальные приоритеты.

**Теоретические сведения**

Задачи принятия решений остро стоят перед: работниками управ- ления, экономистами, финансистами, социологами, оценщиками, работниками здравоохранения, военными, психологами, работниками социальной сферы, которые всегда стоят перед выбором наилучшего, наиболее нерискованного, дешевого решения.

Система поддержки принятия решений на основе АИП может использоваться при решении следующих типовых задач:

* оценка качества организационных, проектных и конструкторских решений;
* определение политики инвестиций в различных областях;
* задачи размещения (выбор места расположения вредных и опасных производств, пунктов обслуживания);
* распределение ресурсов;
* анализ рисков;
* проведение анализа проблемы по методу «стоимость – эффективность»;
* планирование от достигнутого и планирование желаемого будущего;
* стратегическое планирование;
* разрешение конфликтов;
* проектирование и выбор оборудования, товаров;
* выбор профессии, места работы, подбор кадров;
* оценка рейтинга клиентов.

Существуют многочисленные ссылки на успешное применение метода при решении разнообразных задач:

* <http://decisionlens.com/>
* <http://expertchoice.com/>

Основные положения метода анализа иерархий были разработаны известным американским математиком Т. Л. Саати и опубликованы в 1977 г. Томас Саати является одним из самых ярких представителей прикладной науки. Об этом говорят не только математическая эрудиция и глубина новых теоретических результатов, но и диапазон приложений. Он был прав, предпослав к одной из своих монографий эпиграф: «Я люблю обе стороны математики: чистую – как возвышенный уход от реальности, прикладную – как страстное стремление к жизни».

АИП используется для решения слабо структурированных и неструктурированных проблем. Методология решения таких проблем опирается на системных подход, при котором проблема рассматривается как результат взаимодействия множества разнородных объектов, а не просто как их изолированная и автономная совокупность.

Человеку присущи два характерных признака аналитического мышления: один – умение наблюдать и анализировать наблюдения (т.е. разбить проблему в целом на составляющие части, более доступные для решения), другой – способность устанавливать отношения между частями, оценивая уровень (интенсивность) взаимосвязей, а затем синтезировать эти отношения в общее восприятие наблюдаемого.

На основе этих свойств человеческого мышления были сформулированы три принципа, реализация которых и является содержанием АИП:

* принцип идентификации и декомпозиции;
* принцип дискриминации и сравнительных суждений;
* принцип синтеза.

АИП фокусируется на достижении целей. Его использование приводит к «рациональным решениям» в соответствии со следующим определением.

**Рациональным решением** называется решение, которое наилучшим образом достигает множества целей, поставленных ЛПР.

Ключевой момент здесь является фокусирование на целях, а не на альтернативах или атрибутах.

**Принцип идентификации и декомпозиции**

“*Иерархия – это адаптивная форма, которую принимает ограниченный разум перед лицом сложностей.”*

*Герберт Саймон*

Реализация этого принципа осуществляется на первом этапе применения АИП, в котором предусматривается структурирование проблемы в виде иерархии. Иерархия строится с вершины – это общая цель, фокус проблемы. В общем случае целей может быть несколько. За фокусом следует уровень наиболее важных подцелей (или критериев). Каждый критерий может разделяться на субкритерии и т. д., за которыми следует уровень альтернатив. ЛПР при построении иерархии вынужден вникнуть в проблему. От этого этапа во многом зависят конечные результаты принятия решений. Формирование множества альтернатив и критериев осуществляется с учетом рекомендаций (см. лабораторную работу №1). Этап является неформализуемым. Формулируя проблему, мы говорим в явной форме, что нам не нравится (чего мы не хотим). Говоря же в целях мы пытаемся сформулировать, что же мы хотим. Как бы угадываем направление, в котором следует «уходить» от существующей, не устраивающей нас ситуации.

**Пример.** При обсуждении проблемы улучшения жилищных условий семьей была сформулирована цель – покупка дома. Обсуждались и другие цели решения этой проблемы (например, ремонт имеющегося жилья). Из каталога были отобраны три наиболее предпочтительных дома (варианты А, В, С), которые и были осмотрены семьей непосредственно. Для выбора окончательного варианта она решила воспользоваться методом анализа иерархий. Итогом первого этапа АИП, который явился результатом семейного обсуждения, стала иерархия, представленная на рис. 2.1.

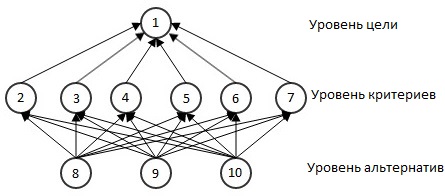
* + - 1. **Покупка дома**
      2. Размер дома
      3. Общее состояния
      4. Состояние двора
      5. Окрестности
      6. Финансы
      7. Удобство автобусных мар-шрутов
      8. Альтернатива – A
      9. Альтернатива – B
      10. Альтернатива – C

Рис. 2.1

**Иерархия** – есть определенный тип системы, основанный на предположении, что элементы системы могут группироваться в несвязанные множества. Элементы каждой группы находятся под влиянием элементов другой группы и в свою очередь оказывают влияние на элементы следующей группы. Считается, что элементы в каждой группе иерархии (называемые кластером) независимые.

Математически иерархия и ее свойства могут быть описаны следующим образом. На множестве объектов определяется иерархическая структура путем задания орграфа:

, , .

1. Разбивает вершины на непересекающиеся уровни:

, , .

1. Каждому i объекту ставится в соответствие вес:

.

1. Если означает, что вес объекта i непосредственно зависит от веса объекта j.
2. Веса определяются через веса вершин множества с помощью решающего правила , где – веса дуг, определение которых изложена на втором этапе.

**Принцип дискриминации и сравнительных суждений**

Данный принцип реализуется на втором этапе АИП. Суть его заключается в том, что, используя суждения ЛПР/эксперта и определенные алгоритмы их обработки, устанавливаются веса дуг и веса . Если на первом уровне один объект, то вес его принимается за 1.

Суждения ЛПР/эксперта являются результатом исследования его структуры предпочтений. При этом исследовании применяется метод парных сравнений, содержание которого состоит в следующем. Пусть задано некоторое фиксированное множество объектов, которые сравниваются попарно с точки зрения их предпочтительности (желательности, важности, вероятности и т. д.):

.

Результаты записываются в виде матрицы парных сравнений

.

Результат сравнения отражает не только факт, но и степень предпочтения. При этом используется шкала парных сравнений. Выбор которой зависит от следующих требований:

1. Диапазон изменяемости шкалы должен соответствовать результатам когнитивной психологии.
2. Шкала должна давать возможность улавливать различия ощущения людей.

Первая **аксиома Саати:** Если объекту i при сравнении с объектом j приписывается одна из целочисленных оценок, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение.

Шкала парных сравнений (Фундаментальная шкала Саати) приведена в табл. 2.1

*Таблица* 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Количественная оценка | Качественная оценка | Коментарий |
| 1 | Равное предпочтение | Две категории одинаково предпочтительны с точки зрения цели |
| 3 | Умеренное предпочтение | Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив немного предпочтительней другой |
| 5 | Существенное предпочтение | Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив явно предпочтительней другой |
| 7 | Значительное предпочтение | Опыт эксперта позволяет считать одну из альтернатив гораздо предпочтительней другой |
| 9 | Абсолютное предпочтение | Очевидность подавляющей предпочтительности одной альтернативы над другой имеет неоспоримые преимущества |
| 2, 4, 6, 8 | Компромиссы между двумя значениями | |
| , , … , | В соответствии с первой аксиомой Саати | |

Из шкалы следует свойство *гомогенности* (однородности) объектов. Это свойство соответствует способности людей сравнивать объекты, которые не слишком сильно отличаются друг от друга. *Гомогенность* существенна для сравнения объектов одного порядка, т. к. человеческий разум склонен к допущению больших ошибок при сравнении несопоставимых элементов. Когда эта несопоставимость большая, объекты располагаются в отдельные кластеры сравниваемых размеров, что выдвигает идею о создании необходимых уровней, т. е. дальнейшей декомпозиции. Суждения вне порядка величины обычно приводят к снижению точности и увеличению противоречивости. Это **вторая аксиома Саати.**

Обоснование процедуры перевода результата парных сравнений, выраженных в качественной шкале, базируется на психо-физическом законе Вебера-Фехнера.

Закон Вебера гласит, что различия в ощущениях становятся замеченными, когда значение стимула увеличивается не некоторый постоянный процент.

Если S-значение стимула; -минимальная величина стимула, когда наши ощущения будут различать изменения в стимулах.

Причем закон справедлив, когда

Фехнер сформулирован последовательности предельно значимых различий в стимулах, первый член которой обозначен

;

; =

…

;

Таким образом, значимые различия в стимулах описывается геометрической прогрессией. Фехнер заметил, что соответствующие числам ощущения описываются арифметической прогрессией дискретных чисел. Их можно получить выразив n из последнего уравнения.

Если ощущения (реакцию) обозначить M, а S – значения стимула, то психофизический закон Вебера-Фехнера будет иметь вид

Положив b = 0 (колибровкой), определим

, то (ощущений нет)

Разделим все на . Мы получим последовательность абсолютных чисел фундаментальной шкалы Саати.

**Пример.** Рассмотрим метод парных сравнений на примере покупки дома.

Допустим необходимо оценить предпочтения ЛПР/эксперта на множестве вариантов A, B, C относительно критерия – размера дома. Лучше всего эту задачу свести к заполнению табл. 2.2.

Размерность таблицы определяется количеством дуг, которые входят в рассматриваемую вершину. Элементы таблицы являются количественной оценкой интенсивности предпочтения *i* объекта, находящегося в *i* строке относительно *j* объекта, находящегося в *j* столбце, в соответствии с вышерассмотренной шкалой. При этом сравнении ЛПР/эксперту задаются два вопроса:

* какой из двух объектов предпочтительней?
* какова степень предпочтительности?

*Таблица* 2.2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Размер дома | A | B | C |
| A | 1 | 5 |  |
| B |  | 1 |  |
| C | 7 | 3 | 1 |

Таким же образом осуществляется оценка предпочтений ЛПР/эксперта относительно остальных критериев путем заполнения еще пяти аналогичных матриц размерностью 3x3. После чего метод парных сравнений распространяется на множество самих критериев относительно цели – покупки дома. В этом случае ЛПР/эксперту задается следующий вопрос:

* какой из критериев для реализации цели наиболее важен?
* в какой степени?

В результате эксперимента получена матрица . Принимая во внимание свойство матрицы, т. е. и, как следствие, , количество вопросов равно:

Формализацией понятия непротиворечивости для метода парных сравнений является выполнение следующего равенства:

,k (1) (2.1)

Соотношение (1) соответствует правилу логического вывода:

Если i объект предпочтительней объекта k на и k объект предпочтительней j объекта на , то i объект должен быть предпочтительней j на .

**Теорема.** Если матрица обладает свойством (1), то тогда существует такие числа , что имеет место равенство:

(2.2)

R имеет rang = 1, а , является собственным вектором матрицы

(2.3)

или

Практически добиться полной согласованности (т. е. непротиворечивости) суждений ЛПР/эксперта далеко не всегда возможно. Поэтому в общем случае будут отклоняться от «идеальных» , вследствие чего соотношения 1, 2, 3 не будут иметь место.

Для дальнейшего анализа полезными являются следующие два факта из теории матриц:

1. Если являются собственными числами матрицы *R* и если , , то .

Согласно этому утверждению, если имеет место (3) (т. е. матрица является идеально согласованной), то все собственные числа ее – нули, за исключением одного, равного *n*.

1. Если элемент положительной обратносимметричной матрицы *R* незначительно изменить, то все собственные числа этой матрицы также изменяется незначительно, т. е. они являются непрерывными функциями ее элементов.

Объединяя эти результаты, находим, что при малых изменениях в наибольшее собственное значение остается близким к *n*, остальные собственные значения остаются близкими к нулю.

Отсюда можно сформулировать следующую задачу: для нахождения весов дуг или объектов первого уровня по полученной в результате метода парных сравнений матрице *R* необходимо определить собственный вектор , соответствующий максимальному собственному числу, т. е. решить уравнение

Так как малые изменения в , вызывают малое изменение , отклонение последнего от *n* является мерой согласованности. Она может быть выражена с помощью индекса согласованности (ИС):

Если , то практически считается, что мера согласованности находится на приемлемом уровне.

Индекс согласованности матрицы парных сравнений, элементы которой сгенерированы случайным образом, называется случайным индексом (СИ). Ниже представлена табл. 2.3 соответствия порядка и среднего значения СИ, определенная на базе 100 случайных выборок.

*Таблица* 2.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Порядок  матрицы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| СИ | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Отношение ИС к среднему СИ для матрицы того же порядка называется отношением согласованности (ОС):

Значение ОС меньшее или равное 10% считается приемлемым. Обычно ИС и ОС указываются в процентах. Согласно определению, ИС можно трактовать как отклонение от идеально проведенного эксперимента (метода парных сравнений), а ОС указывает, на сколько оцениваемая степень согласованности сходится со степенью согласованности самого неидеального случая.

Таким образом, АИП допускает несогласованность (как неотъемлемую часть метода), признавая, что человеческие суждения находятся в постоянном процессе изменения и эволюции (поэтому не следует настаивать на 100% согласованности, так как суждения могут измениться после того как проблема решена). Но надежные решения не могут быть приняты без приемлемого уровня согласованности.

**Причины непротиворечивости:**

* ошибки служащих. Чаще всего вводится совсем не то, что подразумевалось;
* недостаток информации. Если информация о сравниваемых факторах недостаточная или ее нет совсем, то его суждения будут случайными (вместо того, чтобы прерваться и потратить время и деньги на сбор дополнительной информации);
* люди, принимающие решения утомлены или не заинтересованы в принятии данного решения;
* реальный мир всегда противоречив. Реальный мир редко идеально последователен, иногда даже наоборот (например, спорт). Т. е. противоречия реального мира действительны.

**Вывод.** Низкий уровень противоречивости не становится целью процесса ПР. Низкий уровень противоречивости необходим, но не достаточен для принятия хорошего решения. Можно быть идеально последовательным и в то же время последовательно неправым. Более важно быть достоверным, чем последовательным.

Таким образом, между достоверностью и непротиворечивостью нет явной связи.

Существует два метода решения уравнения :

1. Прямой.
2. Итерационный.

**Прямой метод**

**Рассмотрим** алгоритм над идеально-согласованной матрицей т.к. результаты в этом случае известны

1. Определим среднее геометрическое каждой строки *R*

,

1. Вычислим сумму средних геометрических, полученных в п. 1
2. Разделим среднее геометрическое каждой строки *R* (п. 1) на значение, полученное в п. 2, т. е. получим нормированное значение собственного вектора.

,

Для получения выполним следующие шаги:

1. Определим сумму элементов для каждого столбца матрицы *R*

,

1. Определим скалярное произведение векторов, полученных в п. 3 и в п. 4., что соответствует максимальному собственному числу идеально согласованной матрицы *R*.

**Итерационный метод**

Основан на теореме:

**Теорема.** Для положительной квадратной матрицы *R* собственный вектор , соответствующий максимальному собственному значению , с точностью до постоянного сомножителя *C* определяется по формуле:

,где k=1,2,3… - т.;

- единичный вектор;

c – константа;

t – знак транспонирования;

Вычисление собственного вектора производятся до достижения заданной точности:

,

где k = 1, 2, 3, … – номер итерации; – допустимая погрешность.

С достаточной для практики точностью принимается  *=0,01* независимо от порядка матрицы. Максимальное собственное значение вычисляется по формуле

В результате обработки матрицы получаем «локальные» приоритеты элементов группы по отношению к родителю.

**Принцип синтеза (принцип иерархической композиции)**

Реализация этого принципа синтеза составляет содержание третьего этапа. Искомые веса (глобальные приоритеты) объектов определяются последовательно, начиная со второго уровня иерархии в соответствии с решающим правилом:

, .

.

Веса объектов, принадлежащих уровню альтернатив, можно считать результатом измерения их в шкале отношений в диапазоне  
[0, 1]. В результате этого этапа получаем глобальные приоритеты.

Согласованность всей иерархии определяет по следующему выражению:

,

где , соответственно индекс согласованности и средний случайный индекс таблицы парных сравнений, рассмотренной относительно *i* объекта.

Приемлемым является значение *C* меньшее или равное 10%. В противном случае качество суждений следует улучшить. Возможно следует пересмотреть формулировку вопросов при проведении парных сравнений.

Если это не поможет улучшить согласованность, то, вероятно, задачу следует более точно структурировать, т. е. вернуться к этапу 1.

**Некоторые типовые примеры**

Решающим преимуществом АИП над большинством существующих методов является вклад в анализ структуры проблемы и отчетливое выражение суждений. Декомпозиция проблемы в иерархию зависит от концепции ЛПР решения проблемы.

С целью иллюстрации этапов МАИ рассмотрим задачу о выборе работы.

**Пример 1**. Со студентом, только что получившим диплом, беседовали о трех возможных местах работы (А, Б и В). Он решил использовать МАИ для осуществления выбора. В результате первого этапа применения МАИ была получена следующая иерархия:

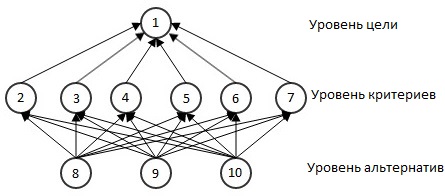
1. Цель. Удовлетворение работой.
2. Исследовательская работа
3. Карьерный рост
4. Доходы
5. Коллеги
6. Местонахождение
7. Репутация
8. Альтернатива A
9. Альтернатива B
10. Альтернатива C

Рис. 2.2

Выполнение второго этапа связано с заполнением нижеприведенных таблиц по методу парных сравнений с применением шкалы относительной важности. В результате обработки таблиц получаем собственные вектора, которые определяют веса соответствующих дуг.

В таблице 2.4. пары критериев сравниваются с точки зрения их относительного вклада в общее понятие «удовлетворение работой». Задавался вопрос: который из заданной пары критериев вносит больший вклад в понятие «удовлетворение работой» и насколько? Например, число 5 в третьей строке и четвертом столбце показывает, что «доходы» намного важнее, чем «общество коллег».

*Таблица* 2.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Удовлетворение работой | Исследо-вание | Рост | Доходы | Кол-  леги | Место-нахожде-  ние | Репута-  ция | Собственный вектор |
| Исследование | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1/2 |  |
| Рост | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1/2 |  |
| Доходы | 1 | 1/2 | 1 | 5 | 3 | 1/2 |  |
| Коллеги | 1/4 | 1/4 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1/3 |  |
| Местонахождение | 1 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 1 |  |
| Репутация | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |  |

 ИС = 0,07; ОС = 0,06

В табл. 2.5 представлены результаты парных сравнений относительно соответствующих критериев.

*Таблица* 2.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исследования | А | Б | В | Собственный  вектор | Рост | А | Б | В | Собствен-ный  вектор |
| A | 1 | 1/3 | 1/2 |  | A | 1 | 1 | 1 |  |
| B | 3 | 1 | 3 |  | B | 1 | 1 | 1 |  |
| C | 2 | 1/3 | 1 |  | C | 1 | 1 | 1 |  |
| ИС = 0,025;ОС = 0,04 | | | | | ИС = 0;ОС = 0 | | | | |
| Доходы | А | Б | В | Собственный  вектор | Коллеги | А | Б | В | Собственный  вектор |
| A | 1 | 5 | 1 |  | A | 1 | 9 | 7 |  |
| B | 1/5 | 1 | 1/5 |  | B | 1/9 | 1 | 1/5 |  |
| C | 1 | 5 | 1 |  | C | 1/7 | 5 | 1 |  |
| ИС = 0; ОС = 0 | | | | | ИС = 0,105; ОС = 0,18 | | | | |
| Место-нахождение | А | Б | В | Собственный  вектор | Репутация | А | Б | В | Собственный  вектор |
| A | 1 | 1/2 | 1 |  | A | 1 | 6 | 4 |  |
| B | 2 | 1 | 2 |  | B | 1/6 | 1 | 1/3 |  |
| C | 1 | 1/2 | 1 |  | C | 1/4 | 3 | 1 |  |
| ИС = 0;ОС = 0 | | | | | ИС = 0,025;ОС = 0,04 | | | | |

Результатом третьего этапа (синтеза) является определение весов согласно соотношению (9).

Так как уровень 1 имеет одну цель, то .

Отсюда

; ;

;

Вычислив веса критериев, переходим к вычислению весов альтернатив (т. е. объектов третьего уровня):

Таким образом, в конечном счете А имеет вес 0,45, Б – 0,25 и В – 0,3. Альтернатива A удовлетворяет целям на 45%.

**Анализ «стоимость – эффективность»**

*«Не всё, что имеет значение, может быть подсчитано, и не все, что может быть подсчитано, имеет значение»*

*А. Эйнштейн*

Вместо мозговых штурмов, организуемых спонтанно и без четкого плана, получаем понятный алгоритм организации размышления над принятием решения в любой среде человеческой деятельности.

Решающим преимуществом МАИ над существующими методами является вклад в анализ структуры проблемы и отчетливое выражение суждений.

Рассмотрим задачу принятия решения на множестве каких-либо проектов. Классический подход основан на оценке каждого проекта с точки зрения издержек и с точки зрения доходов. Сравнение проектов сводится к сравнению объемов доходов в расчете на единицу ресурса (т. е. издержек).

*Таблица* 2.6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Доходы | Издержки |  | Ранг |
| A | 1000$ | 500$ | 2 | 2 |
| B | 3000$ | 1000$ | 3 | 1 |
| C | 10000$ | 7000$ |  | 3 |

При решении этой задачи возникли следующие особенности:

* отношение доходов к издержкам оценивалось в стоимостном выражении, что по существу не является объективной мерой качества проекта. Не ясно, как оценивать в деньгах выгоды и издержки неосязаемых ценностей, т. е. проблема качественных факторов.
* известно также, что доходы и издержки распределяются по многим сферам (социально-экономическим, политическим, управленческим).

Применение МАИ позволяет снять эти проблемы. В этом случае требуется построить две иерархии: одну для издержек, другую для выгод с одними и теми же альтернативами. Получают два вектора приоритетов. Затем вычисляют отношение доходов к издержкам для каждой альтернативы и упорядочивают по убыванию.

**Пример:** открытие предпринимателем производства в регионах.

Предприниматель решил открыть производство, провёл предварительный анализ и сократил множество альтернатив до четырёх регионов A, B, C, D.

Иерархия выгод представлена на рис. 2.3.

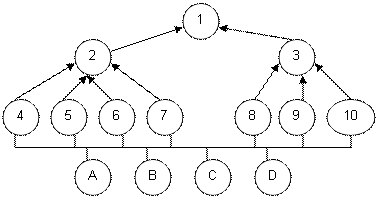


Рис. 2.3

Поясним иерархию:

1- Цель. Открыть производство в одной из стран

2 - Экономические выгоды

4 - Дешевая рабочая сила

5 - Финансовая помощь страны-хозяина

6 - Близость к рынку

7 - Сила валюты

3 - Управленческие выгоды

8 - Знание местных условий рынка

9 - Несущественное вмешательство государства

10 - Надежность транспортных средств

Иерархия издержек представлена на рис. 2.4.

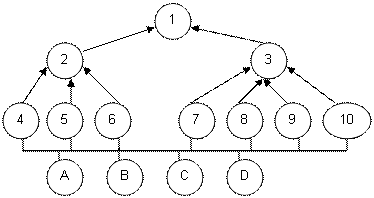


Рис. 2.4

Поясним иерархию:

1- Цель. Открыть производство в одной из стран

2 – Экономические издержки

4 – Высокая стоимость сырья

5 – Большие местные налоги

6 – Высокие тарифы на импорт

3 - Управленческие издержки

7 – Слабая подготовка персонала

8 – Политическая нестабильность

9 – Участие местных управленцев

10 – Языковые и культурные барьеры

Находят веса выгод и издержек альтернатив и соответственно. Далее находят отношение , сортируют по убыванию и в качестве наиболее предпочтительного выбирают максимальное.

**Задача стратегического планирования**

Для тех специалистов, которые занимаются долгосрочным планированием важно, что следует делать сегодня, чтобы подготовиться к неопределённому будущему.

**Стратегическое планирование**  – это процесс оценки вероятного будущего, так называемого обобщенного сценария.

Процесс построения иерархии следующий:

* устанавливается фокус проблемы;
* включают различные экономические, политические, социальные силы, влияющие на исход;
* состоит из акторов, которые манипулируют этими силами. Акторы – люди, решающие какие действия принимать для решения проблем, а так же те лица, влияющие на решение проблем.
* включение цели каждого актора;
* в него включаются возможные сценарии и исходы, за которые борется каждый актор, как за результат своей цели;
* обобщённый сценарий, являющийся композицией канонических сценариев на 5 уровне.

В конце концов, может реализоваться только одно состояние, которое будет являться компромиссом акторов, добивавшихся своих целей.

**Например**, рассмотрим центр занятости населения (рис. 2.5).   
В иерархии рассматривается 5 канонических сценариев (5 уровень):

30 – Проекция настоящего на будущее, то есть ситуация существенно не изменяется; спрос и предложение на рабочую силу останутся в диспропорции;

31 – Всеобщая занятость, то есть каждый желающий может получить работу; спрос и предложение находятся в равновесии;

32 – Массовая безработица (спад производства приведет к дальнейшему освобождению рабочих сил под влиянием структурных изменений в экономике);

33 – Рынок высококвалифицированных кадров. В связи с модернизацией особым спросом на рынке будут пользоваться специалисты высокой квалификации.

34 – Государственная монополия. За счет восстановления и расширения государственной монополии создаются дополнительные рабочие места.

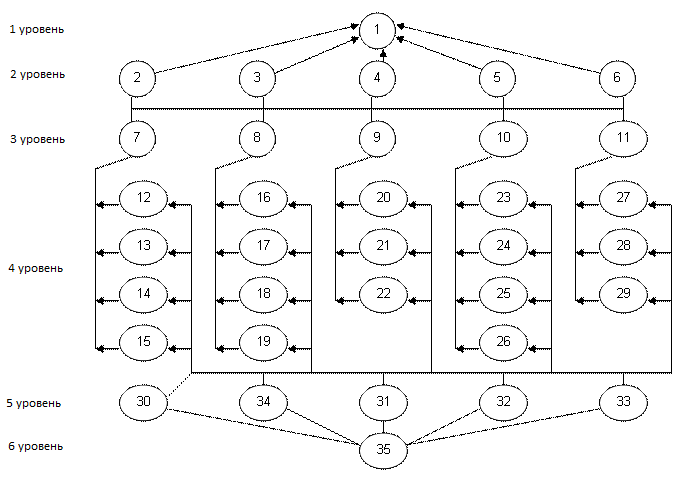


Рис. 2.5

1 Уровень. Строится прогноз будущего рынка:

1.Цель

2 Уровень. Основные базовые факторы:

2.Экономические

3.Социальные

4.Технологические

5.Политические

6.Демографические

3 Уровень. Акторы:

7.Трудоспособное население

8.Организации, предприятия

9.Инвесторы

10.Правительство

11.Центр занятости

4 Уровень. Цели акторов:

Цели трудоспособного населения:

12. Материальное благополучие

13. Социальная защита

14. Профессиональный рост

15. Реализация собственных возможностей

Цели организаций, предприятий:

16. Квалифицированные трудовые ресурсы

17. Передовые технологии

18. Прибыли

19. Стабильность

Цели инвесторов:

20. Прибыль

21. Стабильность

22. Передовые технологии

Цели правительства:

23. Обеспечение общественного порядка

24. Социальное благополучие

25. Государственный бюджет

26. Трудовые ресурсы

Цели центра занятости:

27. Обеспечение работой безработных

28. Содействие профессиональному росту

29. Содействие социальной адаптации

Пусть после синтеза контрастные сценарии получили следующие веса ;

# Переменные состояния

Каждый канонический сценарий описывает состояние системы. Чтобы их охарактеризовать используют список переменных, которые называются переменными состояния. Каждый из канонических сценариев может быть описан на языке изменения этих переменных под статус кво. Интенсивность изменений предлагается измерять с помощью шкалы разностей, представленной в табл. 2.7.

*Таблица* 2.7

|  |  |
| --- | --- |
| Разность в значениях | Определение |
| 0 | не изменяется |
| 2 (-2) | небольшое увеличение (уменьшение) |
| 4 (-4) | большое увеличение (уменьшение) |
| 6 (-6) | значительное увеличение (уменьшение) |
| 8 (-8) | максимальное увеличение (уменьшение) |
| 1,3,5,7 | Среднее |

Калибровка переменных состояний относительно контрастных сценариев на примере материального положения трудоспособного населения представлена в табл.2.8.

*Таблица* 2.8

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Переменные состояния | Статус кво | Всеобщая занятость | Массивная безрабо-  тица | Рынок  высоко-  квалифи-цирован-  ных  кадров | Гос.  монополия | Обобщен-ный сценарий |
| Трудоспособное население   * Материальное положение (12) | -1 | +3 | -3 | +3 | +3 | 1,856 |

Значение школы разностей (-1; 3; -3; 3; 3) определяются экспертами. Компромиссное значение переменной «материальное положение» в обобщенном сценарии определяется как взвешенная сумма:

(-1)\*0,13+3\*0,23+(-3)\*0,103+3\*0,34+3\*0,19 = 1,856,

что означает, в соответствии со школой разностей, небольшое увеличение материального благополучия.

**Маркетинговое исследование**

Применение МАИ дает возможность определять инвестиционную политику фирмы. Большинство методов, применяемых к подобному классу задач, не обеспечивают явных решающих правил планирования инвестиционной политики. Кроме того, они не учитывают такой важной для определения текущей управленческой ситуации характеристики, как риск.

**Риск** – это экономическая категория, т. е. вероятность события, связанного с опасным явлением или процессом.

**Пример.** Компания Х является быстрорастущей фирмой, которая специализируется на предложении страховых полисов на автомобили и недвижимость людям старше 50 лет. Перед комиссией стал вопрос о направлении будущего развития: т. е. продолжать вышеописанную деятельность или осуществлять инвестиции в другие виды продукции и рынки. Администрацией был использован АИП. Иерархия разработана совместно с президентом компании. В ней используется три основных уровня.

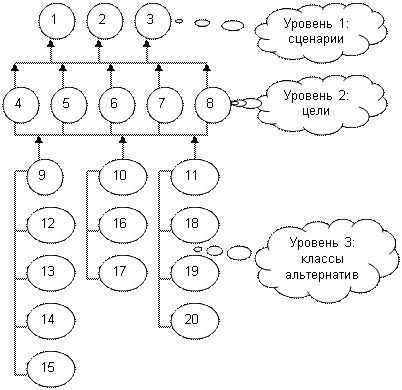


Рис. 2.6

Первый уровень – внешние сценарии.

1. Оптимистический сценарий – соответствует благоприятному окружению, т. е. малый риск и внешние условия соответствуют получению высоких прибылей.
2. Status quo – сохранение текущего состояния.
3. Пессимистический сценарий – соответствует неблагоприятному окружению, т. е. большой риск и внешние условия соответствуют получению низких прибылей.

Второй уровень – цели компании: критерии для оценки альтернатив.

1. Уровень рентабельности.
2. Увеличение объема продаж (рост сбыта).
3. Сохранение роли на рынке.
4. Стабильность.
5. Спрос на товары.

Третий уровень – классы альтернатив (используемые и неиспользуемые в настоящее время).

1. Новые средства связи (почта, телефонная связь, Интернет, сеть магазинов).
2. Рынки сбыта.
3. Возможны новые виды выпускаемой продукции.

Эти альтернативы детализируются на следующем уровне. Поскольку полученная информация о планах фирмы является коммерческой тайной, то истинные альтернативы зашифрованы.

После проведения третьего этапа МАИ получим , ,. Так как цифры соответствуют шкале отношений, общая сумма инвестиций (S) была распределена пропорционально , , .

# Учёт предпочтений нескольких экспертов

Обычно осуществляется на уровне матриц. Пусть проведены эксперименты L-экспертами, т. е. .

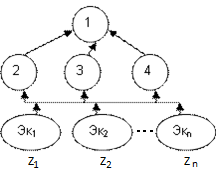
В результате свертки этих матриц получаем одну матрицу:





Полученная матрица сохраняет свойство симметричности, а далее решается уравнение.

В достаточно ответственных задачах это осреднение проводится с учетом квалификации эксперта. Причём для определения весовых коэффициентов может быть использована иерархическая структура (рис. 2.7).



2 – профессионализм;  
3 – независимость;  
4 – порядочность.

Рис. 2.7



**Общая оценка АИП как метода принятия решений**

* В АИП способы получения информации от ЛПР/эксперта соответствует данным когнитивной психологии о возможностях человека перерабатывать информацию. Действительно, гомогенность и принцип иерархической декомпозиции приводят в соответствие проблему получения оценок с психометрическими возможностями человека.
* В АИП имеется возможность проверки информации, полученной от ЛПР/эксперта на логическую непротиворечивость посредством индекса и отношения согласованности как для отдельных матриц, так и для всей иерархии.
* Любые соотношения между альтернативами в МАИ объяснены на основе информации, полученной от ЛПР/экспертов. Так анализ весов объектов по нисходящим уровням иерархии позволяет понять, как получено то или иное значение веса.
* Математическая правомочность решающего правила в МАИ и базируется на методе собственных значений (собственного числа и векторов) и принципе иерархической композиции, имеющих четкое математическое обоснование. Т. о. АИП отвечает четырем основным критериям.

Третья аксиома утверждает, что веса альтернатив всегда находятся в зависимости от весов элементов более высоких уровней, в то время как приоритеты подцелей не зависят от элементов более низкого уровня (альтернатив). В то время, как первые 2 аксиомы всегда согласуются друг с другом в реальных условиях, эта аксиома требует проверки, т.к. нередко нарушается.

**Семиступенчатый процесс выбора**

Нами были рассмотрены 3 шага процесса ПР при применении АИП. Эти шаги могут быть расширены путем включения их в более обобщенный семиступенчатый процесс следующим образом:

**Шаг 1.** Формулировка и исследование проблемы:

* идентификация и анализ проблемы;
* определение целей и альтернатив.

Рациональное решение – решение, принятое на основе целей. Критерии используются для измерения того, насколько мы достигаем наши цели. Слова «цели» и «критерии» хотя и имеют разные значения, обычно взаимно заменяемы при анализе решений. Слово «цель» предпочтительнее, поскольку в процессе оценки оно помогает сосредоточиться на том, чего мы пытаемся достичь. Однако на практике обычно используется слово «критерий».

**Шаг 2.** Исключение доминирующих, недопустимых альтернатив.

**Шаг 3.** Структурирование модели решения в форме иерархии, включив в нее цель, подцели и альтернативы и, если необходимо, факторы и сценарии.

**Шаг 4.** Расчёт локальных приоритетов либо с помощью методов парных сравнений, либо с помощью нормировки. Необходимо использовать столько фактических данных, сколько доступно в текущий момент, но не забыть корректно эти данные трактовать, т. е. если кривая полезности не меняется, то использовать нормировку иные парные сравнения.

**Шаг 5.** Проведение синтеза с целью определения лучшего решения. Расчет глобальных приоритетов.

**Шаг 6.** Проведение анализа чувствительности и если необходимо, итеративный пересмотр решения:

* если изменить приоритеты подцелей (критериев), то можно убедиться, как это затронет ранжирование альтернатив. Если полученное решение чувствительно к тем факторам модели, для которых не было достаточно достоверных данных, следует потратить некоторое время и деньги на сбор необходимых данных и вернуться к шагу 4.
* проверить решение на согласие с интуицией. Если нет согласия, проверить, все ли учтено, если не всё, то модифицировать модель или суждения. При необходимости повторить процесс. В общем случае обнаруживается, что и интуиция, и модель подлежит изменению, а это означает, что ЛПР обучается.

Когда интуиция и модель согласны, то перейти к шагу 7.

**Шаг 7.** Документирование решения для обоснования и контроля.

**Пример выполнения лабораторной работы**

**Лабораторная работа № 2**

*Метод принятия решений на основе аналитико-иерархического процесса*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Выполнил:* | *ст. гр. КБ-41* | *ФИО* |
| *Принял:* | *проф.* | *Синюк В.Г.* |

**Цель работы:** изучение основных алгоритмов метода анализа иерархий.

**Постановка задачи:** провести оценку альтернатив при рассмотрении проблемы в выбранной предметной области. Количество уровней – 3. Количество критериев – не менее 5. Количество альтернатив – не менее 3.

**Содержание отчёта:**

1. Название лабораторной работы.

2. Цель работы.

3. Постановка задачи в соответствии с предметной областью.

4. Полученные результаты. Основные выводы.

**Пример выполнения**

**Предметная область –** пылесосы.

**I этап – Принцип идентичности и декомпозиции**

*Цель:*

1 – покупка пылесоса

*Критерии:*

2 – мощность

3 – ёмкость пылесборника

4 – вес

5 – стоимость

6 – качество

*Альтернативы:*

7 – Bosch BSG 82425

8 – Electrolux Z 8810 UltraOne

9 – Samsung SC6530

**Иерархия:**



**II этап – Принцип дискриминации и сравнительных суждений**

Матрицы парных сравнений:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Крите-**  **рии** | **Мощ-**  **ность** | **Ем-**  **кость** | **Вес** | **Стои-**  **мость** | **Ка-чест-**  **во** | **ср.**  **геом.** | **ср.геом./сум.** |
| **Мощ-ность** | 1,00 | 3,00 | 5,00 | 0,33 | 0,20 | 0,997992 | 0,129499726 |
| **Ем-**  **кость** | 0,33 | 1,00 | 3,00 | 0,20 | 0,14 | 0,488156 | 0,063343267 |
| **Вес** | 0,20 | 0,33 | 1,00 | 0,14 | 0,11 | 0,252007 | 0,032700526 |
| **Стои-мость** | 3,00 | 5,00 | 7,00 | 1,00 | 0,33 | 2,032079 | 0,263683199 |
| **Качес-**  **тво** | 5,00 | 7,00 | 9,00 | 3,00 | 1,00 | 3,936283 | 0,510773283 |
| **Сумма** | 9,53 | 16,33 | 25,00 | 4,67 | 1,78 | 7,706518 |  |
| **л** | **ИС** | **СИ** | **ОС** |  |  |  |  |
| 5,226618 | 0,0566545 | 1,12 | 0,0505 |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Мощность** | **Bosch** | **Electrolux** | | **Samsung** | | **ср.геом.** | **ср.геом./сум.** | |
| **Bosch** | 1,00 | 7,00 | | 9,00 | | 3,98 | 0,786522324 | |
| **Electrolux** | 0,14 | 1,00 | | 3,00 | | 0,75 | 0,148029169 | |
| **Samsung** | 0,11 | 0,33 | | 1,00 | | 0,33 | 0,065448507 | |
| **Сумма** | 1,25 | 8,33 | | 13,00 | | 5,06 |  | |
| **л** | **ИС** | | **СИ** | | **ОС** | | |
| 3,067066 | 0,033533238 | | 0,58 | | 0,057816 | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Емкость** | **Bosch** | **Electrolux** | | **Samsung** | | **ср.геом.** | | **ср.геом./сум.** |
| **Bosch** | 1,00 | 7,00 | | 5,00 | | 3,27 | | 0,731238685 |
| **Electrolux** | 0,14 | 1,00 | | 0,33 | | 0,36 | | 0,080214055 |
| **Samsung** | 0,20 | 3,00 | | 1,00 | | 0,84 | | 0,188547261 |
| **Сумма** | 1,34 | 11,00 | | 6,33 | | 4,47 | |  |
| **л** | **ИС** | | **СИ** | | **ОС** | |
| 3,055719 | 0,027859299 | | 0,58 | | 0,048033 | |

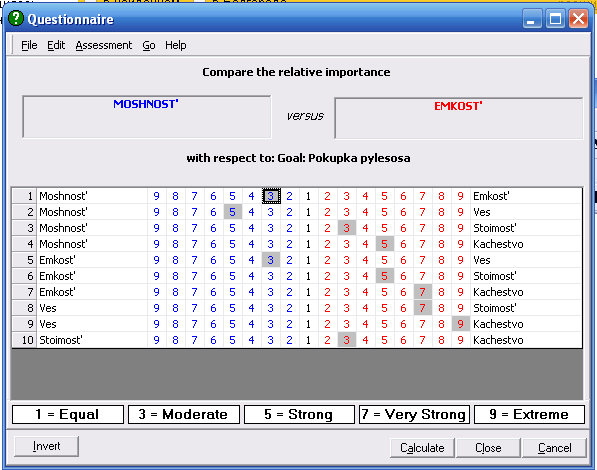
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вес** | **Bosch** | **Electrolux** | | **Samsung** | | **ср.геом.** | | **ср.геом./сум.** |
| **Bosch** | 1,00 | 3,00 | | 0,33 | | 1,00 | | 0,257734075 |
| **Electrolux** | 0,33 | 1,00 | | 0,20 | | 0,40 | | 0,104506047 |
| **Samsung** | 3,00 | 5,00 | | 1,00 | | 2,47 | | 0,637759879 |
| **Сумма** | 4,33 | 9,00 | | 1,53 | | 3,87 | |  |
| **л** | **ИС** | | **СИ** | | **ОС** | |
| 3,032316 | 0,016157789 | | 0,58 | | 0,027858 | |

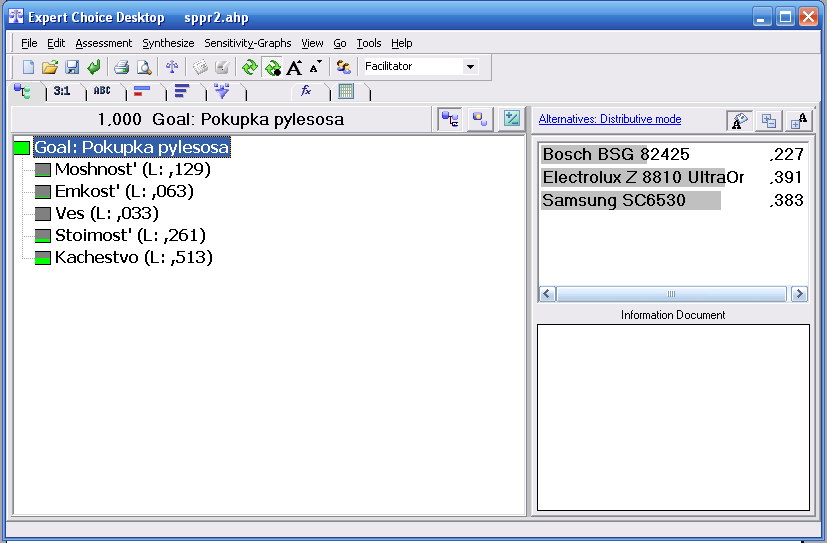
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Стоимость** | **Bosch** | **Electrolux** | | **Samsung** | | **ср.геом.** | | **ср.геом./сум.** |
| **Bosch** | 1,00 | 0,33 | | 0,11 | | 0,33 | | 0,063523022 |
| **Electrolux** | 3,00 | 1,00 | | 0,13 | | 0,72 | | 0,138347941 |
| **Samsung** | 9,00 | 8,00 | | 1,00 | | 4,16 | | 0,798129036 |
| **Сумма** | 13,00 | 9,33 | | 1,24 | | 5,21 | |  |
| **л** | **ИС** | | **СИ** | | **ОС** | |
| 3,102275 | 0,051137472 | | 0,58 | | 0,088168 | |
| **Качество** | **Bosch** | **Electrolux** | | **Samsung** | | **ср.геом.** | | **ср.геом./сум.** |
| **Bosch** | 1,00 | 0,20 | | 0,33 | | 0,40 | | 0,104506047 |
| **Electrolux** | 5,00 | 1,00 | | 3,00 | | 2,47 | | 0,637759879 |
| **Samsung** | 3,00 | 0,33 | | 1,00 | | 1,00 | | 0,257734075 |
| **Сумма** | 9,00 | 1,53 | | 4,33 | | 3,87 | |  |
| **л** | **ИС** | | **СИ** | | **ОС** | |
| 3,032316 | 0,016157789 | | 0,58 | | 0,027858 | |

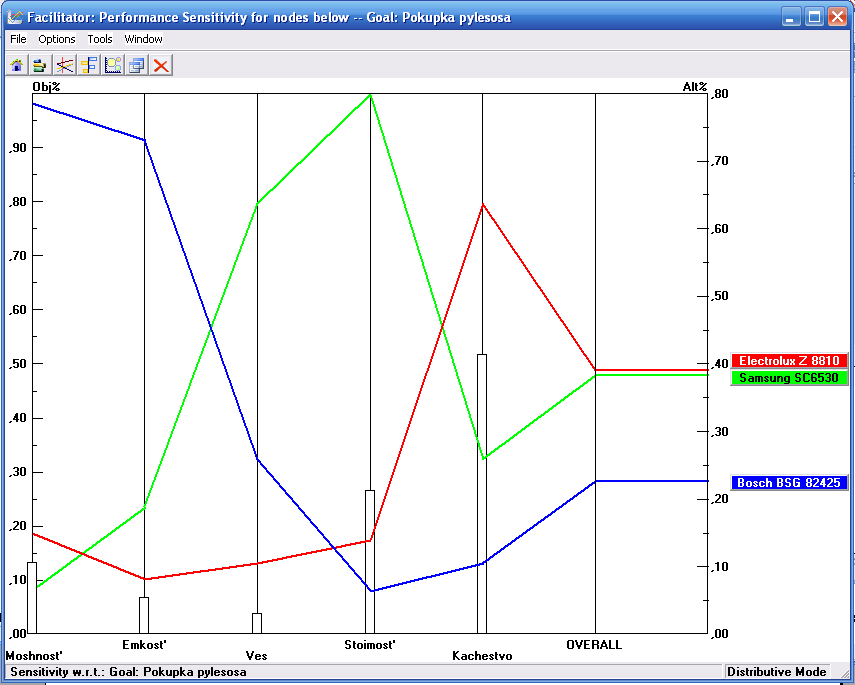
**III этап – Принцип синтеза**

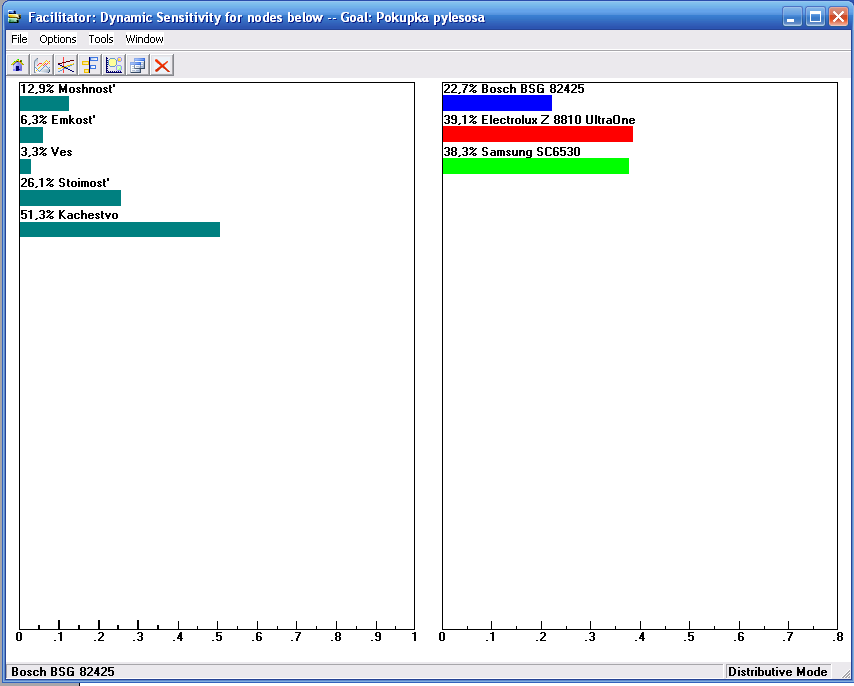
|  |  |
| --- | --- |
| z1 | 1 |
| z2 | 0,1295 |
| z3 | 0,063343 |
| z4 | 0,032701 |
| z5 | 0,263683 |
| z6 | 0,510773 |
| z7 | 0,22673 |
| z8 | 0,389899 |
| z9 | 0,383371 |
| **Согласованность:** | **0,050016** |

**Результаты, полученные с использованием программы Expert Choice:**

****

****

****

****