

УДК 519.816

doi: 10.26102/2310-6018/2018.23.4.024

В.А. Латыпова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
Уфа, Россия*

Одним из наиболее часто используемых методов многокритериального выбора является метод анализа иерархий. Принятие решений на основе данного метода осуществляется с использованием специальных программных средств: готовых или самостоятельно разработанных, или без них. Наиболее эффективным является использование готовых средств. Однако выбор конкретной программы для принятия решений неоднозначен. Он зависит от решаемых задач и требует учета многих факторов, при этом не существует соответствующих критериев выбора. Использование программ имеет свои особенности в зависимости от сферы применения, поэтому набор критериев при выборе программы для той или иной сферы будет различным. В статье проведен сравнительный анализ зарубежных и отечественных программ, реализующих метод анализа иерархий. Определены критерии выбора программ: критерии-ограничители, такие как стоимость, точность расчета вектора приоритетов, размер иерархии и другие критерии: удобство использования и дополнительные функциональные возможности. Для ряда критериев выявлены подкритерии. С помощью метода анализа иерархий проведен выбор по данным критериям оптимальных программ среди рассмотренных для различных областей: для использования при обучении, при проведении научных исследований и при управлении организацией.

Ключевые слова: многокритериальный выбор, метод анализа иерархий, обзор программ, обучение, управление организацией, научные исследования

Введение

Необходимость принимать решения, осуществлять выбор сразу по нескольким критериям возникает в различных сферах. Одним из наиболее часто используемых методов многокритериального выбора, в частности в научной сфере [1], в управлении организацией и при обучении является метод анализа иерархий (МАИ). Принятие решений на основе данного метода осуществляется с использованием специальных программных средств: готовых или самостоятельно разработанных [2,3], или без них [4]. Наиболее эффективным является использование готовых средств. Однако выбор конкретной программы для принятия решений неоднозначен. Он зависит от решаемых задач и требует учета многих факторов, при этом не существует соответствующих критериев выбора. Использование программ имеет свои особенности в зависимости от сферы применения, поэтому набор критериев при выборе программы для той или иной сферы будет

различным, в частности, для таких сфер как: научные исследования, управление организацией и обучение.

Решение проблемы выбора программ, реализующих МАИ, является актуальной задачей в связи с частым применением МАИ при многокритериальном выборе.

Цель исследования – определение оптимальных программ, реализующих МАИ, для использования при проведении научных исследований, при управлении организацией, а также при обучении.

Задачи исследования:

- провести поиск и сравнительный анализ существующих программ, реализующих МАИ, и выделить критерии их выбора;
- определить значения критериев для анализируемых программ;
- провести отсечение наихудших программ, в случае их наличия;
- осуществить выбор с помощью МАИ оптимальных программ.

1 Материалы и методы

1.1 МАИ

1.1.1 Общая информация о МАИ

МАИ – метод многокритериального выбора, основанный на построении иерархии целей и попарном сравнении критериев и альтернатив по каждому критерию с использованием вербально-числовой шкалы (Таблица 1).

Таблица 1 - Шкала попарного сравнения [5]

Степень значимости	Определение
1	Одинаковая значимость
3	Слабая значимость
5	Сильная значимость
7	Очень сильная значимость
9	Абсолютная значимость
2, 4, 6, 8	Промежуточное значение

На основе результатов попарного сравнения строятся матрицы суждений. По каждой матрице определяется вектор приоритетов, в котором отражены веса сравниваемых объектов (критериев и альтернатив по критериям). Глобальный вес каждой альтернативы получается путем аддитивной свертки: находится сумма произведений веса критерия на вес альтернативы по соответствующему критерию. Альтернатива, имеющая наибольший глобальный вес, считается решением задачи выбора.

1.1.2 Способы расчета вектора приоритетов

Вектор приоритетов в МАИ определяется как главный собственный вектор матрицы суждений экспертов (матрицы попарного сравнения).

В МАИ предлагается 5 способов вычисления главного собственного вектора, первые 4-е из которых дают приближенный результат (методы расположены в порядке возрастания точности), а последний - точный:

1)нахождение построчной суммы оценок матрицы суждений с последующей нормализацией;

2)нахождение по столбцам суммы оценок матрицы суждений, далее получение обратных чисел данных сумм с последующей нормализацией;

3)преобразование матрицы суждений: нормализация оценок по каждому столбцу, затем нахождение в преобразованной матрице построчно среднего арифметического;

4)нахождение построчно среднего геометрического матрицы суждений с последующей нормализацией;

5)возведение матрицы суждений в большие степени, далее нахождение построчной суммы оценок преобразованной матрицы с последующей нормализацией.

1.1.3 Оценка согласованности мнений эксперта

В МАИ для оценки согласованности мнений эксперта используется коэффициент «отношение согласованности(ОС)», который вычисляется на основе главного собственного значения матрицы суждений. Условие приемлемой согласованности мнений эксперта следующее [6]:

$$\begin{cases} \text{ОС} \leq 0,1; r > 4; \\ \text{ОС} \leq 0,08; r = 4; \\ \text{ОС} \leq 0,05; r = 3, \end{cases}$$

где r – ранг матрицы суждений.

1.2 Программы, реализующие МАИ

В результате поиска программ, реализующих МАИ, было выявлено 11 программ (зарубежных и отечественных): MPRIORITY[7], АНР Analyzer[8], easyАНР[9], 123ahp[10], АНР-OS[11], АНР Software[12], SuperDecisions[13], СППР «Выбор»[14], Expert Choice Comparion[15], Logical Decisions[16], Criterium DecisionPlus[17].

1.3 Критерии выбора программы

1.3.1 Критерии-ограничения

Область применения программ можно разделить на три сферы:

– обучение (проведение практических и лабораторных работ, курсовое проектирование);

- научные исследования;
- управление организацией.

Критериями-ограничениями, определяющими применимость программы для той или иной сферы, являются следующие критерии:

- 1) стоимость;
- 2) точность расчета вектора приоритетов;
- 3) размер иерархии;

3.1) максимальное количество критериев (общее количество, включая подкритерии любого уровня в иерархии);

3.2) максимальное количество альтернатив;

3.3) максимальное количество уровней иерархии.

При использовании программы при обучении единственным критерием-ограничением является стоимость. Очень часто преподаватели ограничены в выборе программного обеспечения. В учебном процессе можно использовать только закупленные университетом или бесплатные программы. Возможно использование как полностью бесплатных программ, так и условно-бесплатных, с ограничением по времени использования.

Размер иерархии может быть ограничен до минимальных значений: 3 уровня иерархии (отсутствие подкритериев), 3 критерия и 3 альтернативы.

Высокая точность при расчете вектора приоритетов также не является обязательной, поэтому возможно использование программ, рассчитывающих вектор приоритетов приближенно.

При проведении научных исследований критериями-ограничениями являются стоимость, размер иерархии и точность расчета вектора приоритетов. При проведении исследований как правило выбор того или иного объекта проводится однократно, поэтому покупка программы нецелесообразна.

Размер иерархии задан конкретной задачей, поэтому программа должна обеспечить данный размер. Соответственно, программа должна иметь максимальный размер иерархии равный иерархии решаемой проблемы или быть больше.

Точность расчета вектора приоритетов должна быть высокой, т.к. грубые приближенные вычисления могут привести к неверному решению при приемлемой согласованности при количестве альтернатив и критериев более 3-х [1,6]. А при решении реальных задач количество критериев значительно более 3-х.

При управлении организацией критериями-ограничениями являются размер иерархии и точность расчета вектора приоритетов. Т.к. проблема выбора при управлении организацией встает регулярно, а решаемые задачи содержат различное количество критериев, подкритериев и альтернатив, то программа должна обеспечить максимально возможный размер иерархии.

Точность расчета вектора приоритетов должна быть высокой, по тем же причинам как при проведении научных исследований.

Если множество бесплатных программ обозначить как множество A , множество программ, имеющих точное решение при определении вектора приоритетов, как множество B , а множество программ, в которых размер иерархии не ограничен, то в учебных целях могут использоваться программы, принадлежащие множеству A , при проведении научных исследований - программы, принадлежащие $A \cap B$, а при управлении организацией - $B \cap C$ (Рисунок 1).

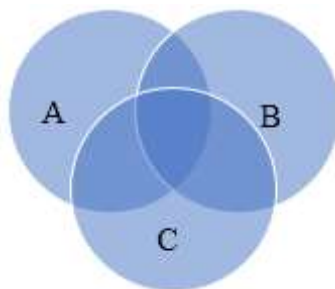


Рисунок 1 – Множества программ

1.3.2 Другие критерии выбора

Помимо критериев-ограничителей для выбора программы существенными являются следующие критерии:

1) удобство использования;

- 1.1) язык интерфейса;
- 1.2) форма попарного сравнения альтернатив и критериев;
- 1.3) форма результата выбора;
- 1.4) интуитивность интерфейса (быстрое время вхождения, возможность за короткий срок самостоятельно разобраться, как устроена программа без обращения, например, к руководству пользователя);
- 1.5) тип программы (необходимость установки программы, возможность использования на разных устройствах).

2) дополнительные функциональные возможности;

2.1) максимальное количество экспертов, производящих оценку (групповая экспертиза);

2.2) помощь при несогласованности (подсказки при обнаружении несогласованности мнений эксперта);

2.3) анализ чувствительности (оценка влияния изменения весов отдельных критериев на выбранные альтернативы).

1.4 Источники информации по программам

Информация о значениях критериев по бесплатным программам и демоверсиям платных была получена их тестированием.

Информация по платным программам была получена по источникам:

- руководства пользователей;
- видеоролики по работе с программой;
- официальный сайт программы;
- переписка с контактным центром компании, продающей программу.

2 Результаты и обсуждения

2.1 Варианты значений критериев для программ

В результате анализа информации по программам были определены различные варианты значений критериев. В Таблице 2 представлены значения критериев в убывающем порядке по степени предпочтения.

Рассмотрим подробнее представленные варианты значений некоторых критериев.

2.1.1 Критерий «Максимальное количество альтернатив»

Несмотря на то, что некоторые программы предлагают возможность использования от 10 и до неограниченного количества альтернатив, эффективно оценить альтернативы возможно лишь при их количестве менее 10[18]. Это связано с особенностями человеческого мышления. Если эксперт будет одновременно сравнивать более 9 альтернатив, то его оценки будут неверными.

Ограничение по количеству сравниваемых объектов касается и критериев, однако в случае критериев избежать данную проблему можно с помощью использования нескольких уровней критериев: критериев 1 уровня, критериев 2 уровня (подкритериев), критериев 3 уровня (подподкритериев) и т.д. Глубина иерархии не имеет жестких ограничений и зависит от решаемой задачи. Количество же критериев одного уровня имеет те же ограничения, что и альтернативы: не более 9.

Исходя из выше изложенного все значения критерия «максимальное количество альтернатив», которые больше или равны 9 были объединены в одну группу.

Таблица 2 - Варианты значений критериев

Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8
Стоимость	беспл.	беспл. 30 дней	2,1- 3,54т.р.	99\$/год	895\$	95\$/3мес	245\$/ 3мес	>1000\$
Точность расчета вектора приоритетов	точно	прибл. (4метод)	прибл. (3метод)					
Максимальное количество критериев	не огран.	500	100	15	10	9	4	
Максимальное количество альтернатив	≥9	5	3					
Максимальное кол-во уровней иерархии	не огран.	7	4	3				
Язык интерфейса	рус.	англ.						
Форма попарного сравнения альтернатив и критериев	смешанная	словесная	словесная с выпад. списком	матрично- словесная	опросный лист	матрица	графичес- кая	
Форма результата выбора	1)вектор;2)гистограмма/ круговая диагр.структурир.	1)вектор;2)гистограмма/ круговая диагр.структурир. 3)Радар/диагр.пузырьков	1)вектор;2)гистограмма/ круговая диагр.структурир.	1)вектор;2)гистограмма/ круговая диагр.;3) диагр. пузырьк.	1)вектор;2)гистограмма/ круговая диаграм.	вектор		
Интуитивность интерфейса	+	-	--					
Максимальное кол-во экспертов	не огран.	8	5	2	1			
Помощь при несогласованности	+	+/-	-					
Анализ чувствительности	+	-						
Тип программы	онлайн	десктопо- вая						

2.1.2 Критерий «Форма попарного сравнения альтернатив и критериев»

Формы можно разбить на категории.

По количеству одновременно сравниваемых объектов форма:

– групповая, когда на одной странице эксперт производит сравнение по одной группе: сравнивает все объекты, объединенные одним родительским объектом (например, сравниваются альтернативы по критерию 1), а далее, нажав на соответствующую кнопку, эксперт переходит к следующей группе (например, сравниваются альтернативы по критерию 2). Групповая форма делится на:

- опросный лист(questionnaire);
- матрица. Примеры приведены на Рисунке 2;



Рисунок 2 – Форма в виде матрицы в: а)Super Decisions; б)АНР Analyser

– одинарная, когда на одной странице эксперт выполняет только одно парное сравнение.

По способу выражения оценки форма:

- словесная (эксперт проводит оценку с использованием слов, например, «значительно превосходит», «умеренно превосходит» и т.д.);
- числовая (эксперт проводит оценку с использованием чисел, например, выставляет оценки «5», «3» и т.д.);
- графическая. Пример на Рисунке 3.

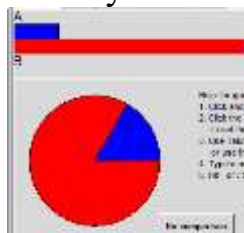


Рисунок 3 – Графическая форма в Super Decisions

По количеству сравниваемых объектов и способу выражения оценки формы попарного сравнения:

- словесная одинарная форма (Рисунок 4, 5);

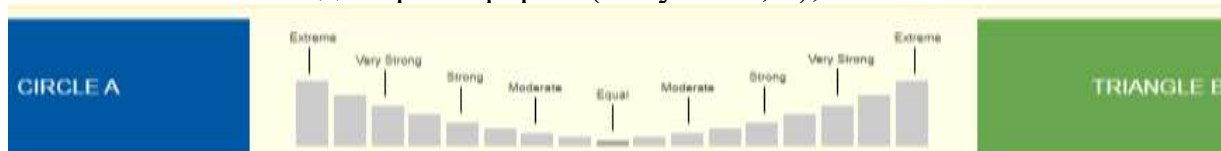


Рисунок 4 – Словесная одинарная форма в Expert Choice Comparison

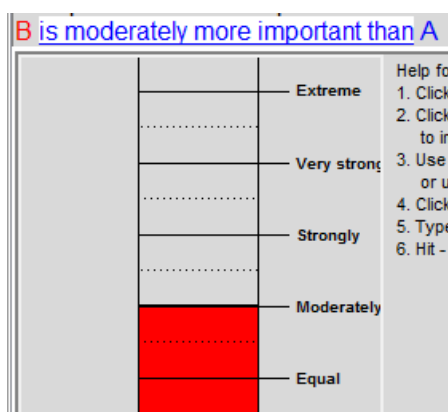


Рисунок 5 - Словесная одинарная форма в Super Decisions

– словесная одинарная форма с выпадающим списком оценок (Рисунок 6);



Рисунок 6 - Словесная одинарная форма с выпадающим списком в AHP Software

– числовой опросный лист (Рисунок 7);

Which Criteria is more important for you?

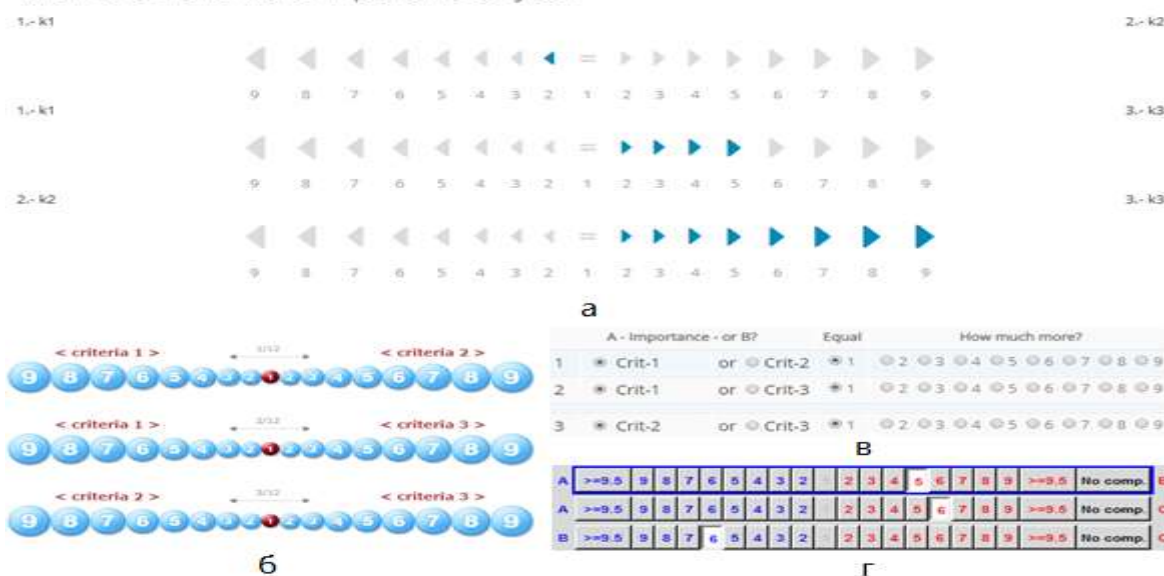


Рисунок 7 - Числовой опросный лист в: а) easyAHP; б) 123ahp; в) AHP-OS; г) SuperDecisions

– матрично-словесная форма. При данной форме сравнения эксперт нажимает на поле сравнения, отображается окно или фрейм со словесными оценками, после выбора в поле сравнения появляется число, соответствующее выбранной словесной оценке (Рисунок 8, 9);

Матрица парных сравнений:

	1	2	3
1	1	3	0
2	1/3	1	0
3	0	0	1

Какой из факторов предпочтительнее? Степень предпочтения:

Альтернатива1

Альтернатива2

Одинаково важны

Не могу сказать

Абсолютно превосходит
 Промежуточное значение
 Значительно превосходит
 Промежуточное значение
 Существенно превосходит
 Промежуточное значение
 Умеренно превосходит
 Промежуточное значение
 Одинаково важны

Рисунок 8 - Матрично-словесная форма в СППР «Выбор»

Качественная шкала

Сравниваем объект A K1

с объектом B K3

Относительно объекта верхнего уровня Ц1

А по значимости абсолютно превосходит B
 <<промежуточное значение>>
 А явно важнее B
 <<промежуточное значение>>
 А значительно важнее B
 <<промежуточное значение>>
 А незначительно важнее B
 <<промежуточное значение>>
 А и B одинаково важны
 <<промежуточное значение>>
 B незначительно важнее A
 <<промежуточное значение>>
 B значительно важнее A

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта Ц1

		1.	2.	3.	Приоритет
1.	K1	1	5	1/5	0,2066
2.	K2	1/5	1	1/9	0,0581
3.	K3	5	9	1	0,7351

СЗ: 3,117 Применить

ИС: 0,0585 Закрыть

ОС: 0,1009 Отмена Исследовать

Рисунок 9 - Матрично-словесная форма в MPRIORITY

– смешанная форма: опросный лист словесный (с выпадающим списком оценок), числовой и графический (Рисунок 10).

Subcriterion	Weight	Subcriterion
Educational	<input type="text"/> <input type="text"/>	Provocative
	UNRATED	
Educational	<input type="text"/> <input type="text"/>	Humorous
	UNRATED	
Provocative	<input type="text"/> <input type="text"/>	Humorous
	UNRATED	

Рисунок 10 - Смешанная форма в Criterion Decision Plus

2.1.3 Критерий «Форма результата выбора»

Результат выбора может быть представлен в виде:

– вектора (Рисунок 11);

–

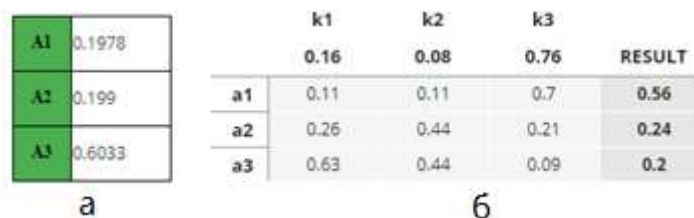


Рисунок 11 – Вектор в : а)АНР Analyser; б)easyАНР

– гистограммы (Рисунок 12,13);

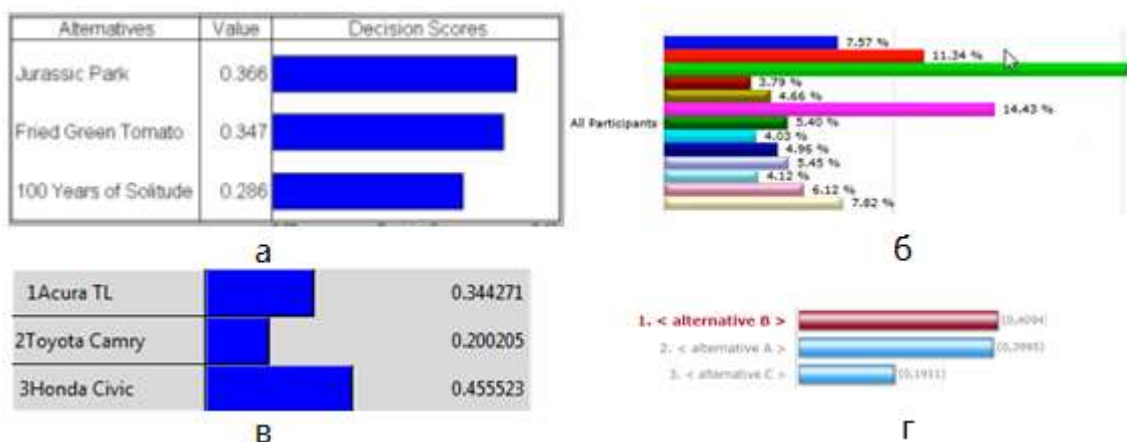


Рисунок 12 – Гистограмма в: а) Criterium Decision Plus; б) Expert Choice Comparison; в) Super Decisions; г)123ahr

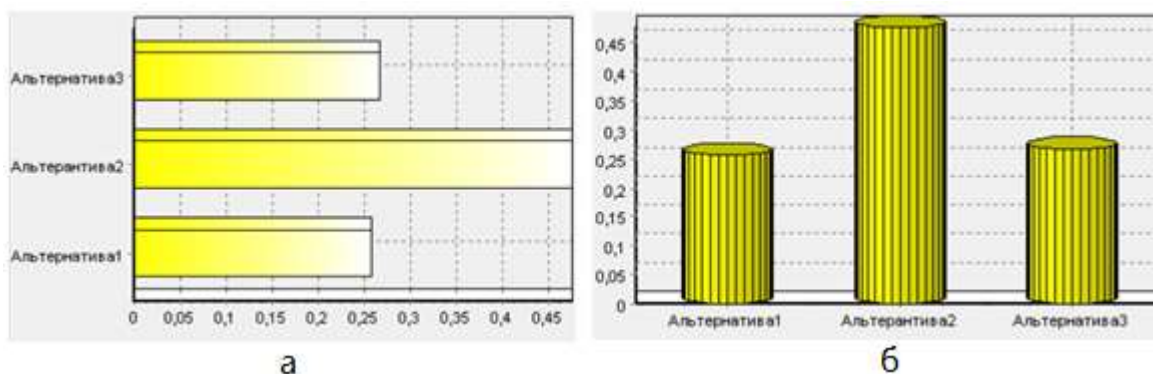


Рисунок 13 - Гистограмма в СППР «Выбор»(столбчатая и полосовая диаграмма)

– круговой диаграммы (Рисунок 14);

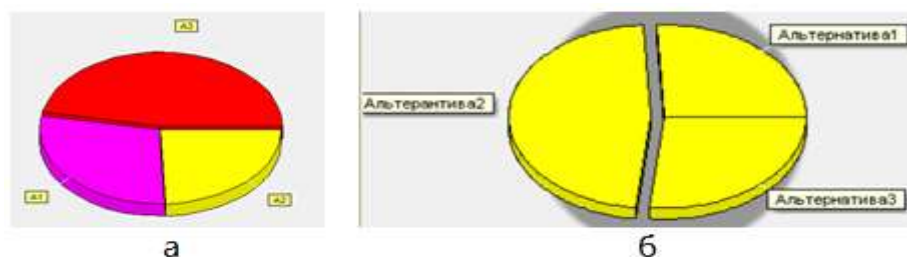


Рисунок 14 – Круговая диаграмма в: а)MPRIORITY; б)СППР «Выбор»

– гистограммы структурированной (Рисунок 15). Структура на гистограмме показывает, как складывается итоговый результат;

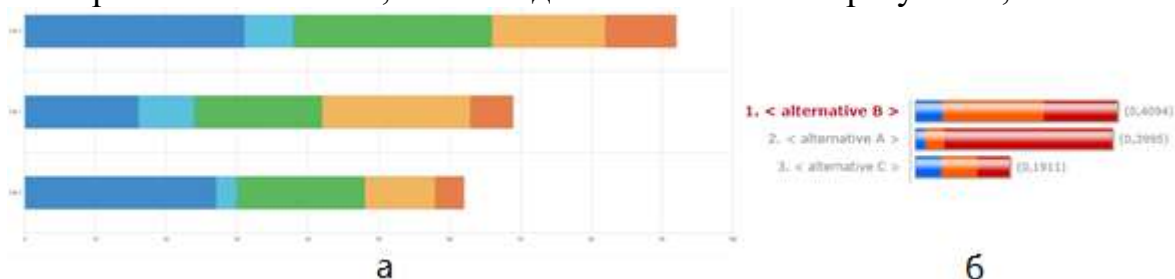


Рисунок 15 – Гистограмма структурированная в: а)АНР Software; б)123ahr

– круговой диаграммы структурированной (Рисунок 16):

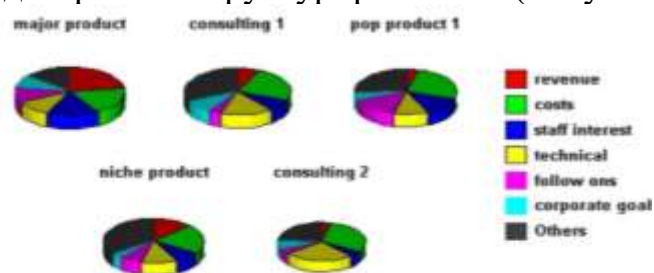


Рисунок 16 – Круговая диаграмма структурированная в Criterium Decision Plus

– диаграммы «Радар» (Рисунок 17);

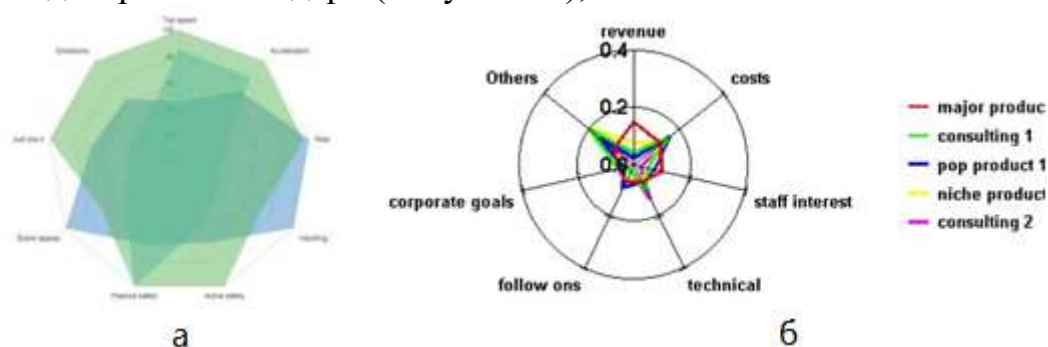


Рисунок 17 – Диаграмма «Радар» в: а)АНР Software(Standard, Professional, Enterprise); б)Criterium Decision Plus

– пузырьковой диаграммы (Рисунок 18, 19);

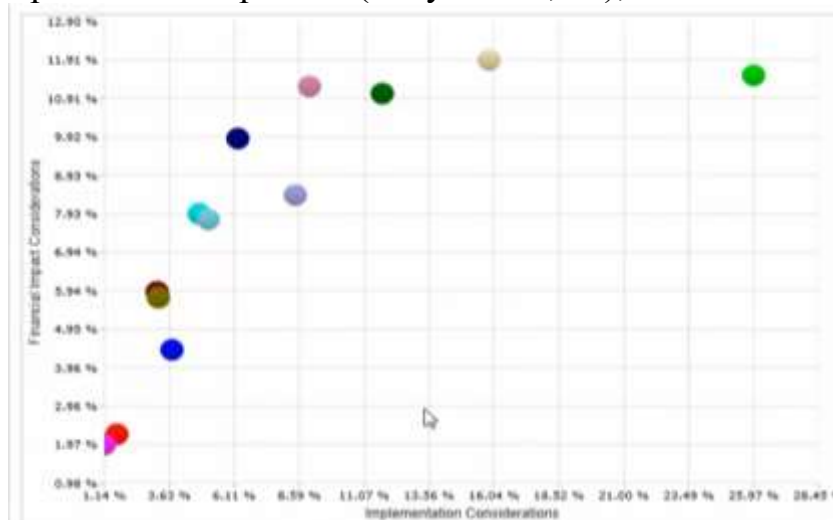


Рисунок 18 – Пузырьковая диаграмма в Expert Choice Comparison

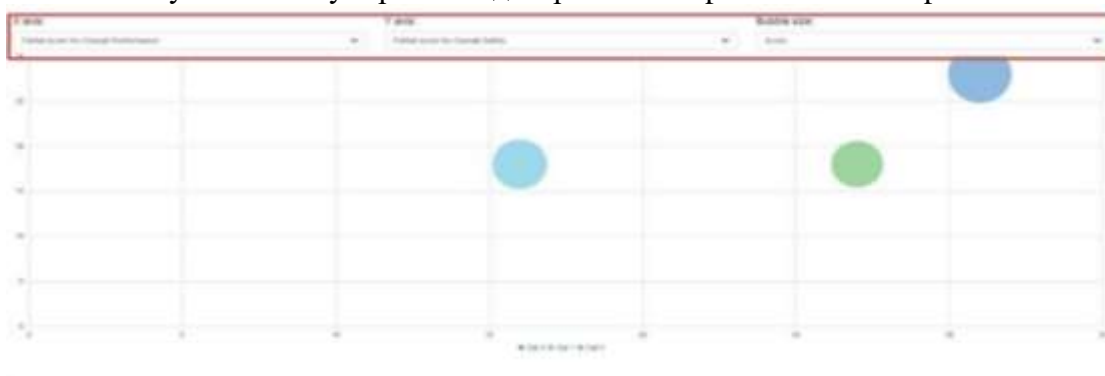


Рисунок 19 - Пузырьковая диаграмма в AHP Software (Professional, Enterprise) – набора представленных выше форм.

2.1.4 Критерий «Помощь при несогласованности»

Варианты помощи эксперту при несогласованности матрицы суждений:

– полноценная помощь, когда выявляются все оценки, приведшие к несогласованности матрицы и их предлагается исправить (Рисунок 20);



а

б

Рисунок 20 – Полноценная помощь в: а) AHP Software; б) AHP-OS

– частичная помощь, когда осуществляется проверка оценок только на транзитивность и указывается список нарушений (Рисунок 21);



The screenshot shows a window titled "Улучшение согласованности исходных данных" (Improvement of consistency of initial data). It contains a table with 3 rows and 5 columns. The columns are labeled "1.", "2.", "3.", and "Сумма". The rows are labeled "1.", "2.", and "3.". The table data is as follows:

		1.	2.	3.	Сумма
1.	K1	0	4,17	6,21	10,39
2.	K2	6,21	0	7,52	13,73
3.	K3	4,17	9,67	0	13,85

Below the table is a text box labeled "Список нарушений условия транзитивности" (List of violations of the transitivity condition) containing the text "1>2>3>1".

Рисунок 21- Частичная помощь в MPRIORITY

– отсутствие помощи.

2.2 Сравнение программ

В Таблице 3 представлены программы и их варианты значений критериев.

Некоторые платные программы имеют различные версии (тарифы), отличающиеся функциональностью. Например, программа easyАНР имеет две версии: демо и Pro, а программа АНР Software имеет 4 версии: демо, Standard, Professional и Enterprise. Поэтому каждая версия таких программ рассматривается как отдельная программа, со своими вариантами значений критериев.

Платная программа СППР «Выбор» имеет демо-период 30 дней, когда пользоваться ей можно бесплатно, никаких ограничений функциональности в данный период нет, поэтому демо-версия данной программы отдельно не рассматривается.

Программа Logical Decisions - платная программа с 30 дневным бесплатным использованием. В результате анализа данной программы было выявлено, что в ней МАИ реализуется частично. Основой является построение функций полезности, и попарно сравниваются между собой не альтернативы по каждому критерию, а все возможные значения каждого критерия. Затем в Таблицу вносятся исходные значения альтернатив по каждому критерию.

В связи с этим программа Logical Decisions не была представлена в Таблице 3.

Таблица 3 - Сравнение программ по критериям

easyANP (Pro)	easyANP (демо)	СППР «Выбор»	АНР-OS	Super Decisions	MPRIORITY	
99\$ /год	бесплатно	беспл.-30дн.,2,1-3,54г.р	бесплатно	бесплатно	бесплатно	Стоимость
/-/	прибл., 3метод	точно	точно	точно	прибл., 4метод	Точность расчета вектора приоритетов
15	3	не огр.	100	не огр.	9	Макс. кол-во критериев
15	3	не огр.	12	не огр.	9	Макс. кол-во
/-/	3	не огр.	7	не огр.	3-фактич. 10-заявлено	Максимальное количество уровней
/-/	англ.	рус.	англ.	англ.	рус.	Язык интерфейса
/-/	опросный лист числ	матрично-словесная	опросный лист числ.	словесная, матрица, числ. опросный лист	матрично-словесная	Форма попарного сравнения альтернатив и критериев
/-/	вектор	круговая диаграмма, гистограмма,вектор	гистограмма	горизонт, вектор	круговая диаграмма,	Форма результата выбора
/-/	+	--	--	-	+	Интуитивность
не огр.	3-5	не огр.	не огр.	1	1	Максимальное количество экспертов
-	-	-	+	-	+/-	Помощь при
-	-	-	-	+	-	Анализ
/-/	онлайн	десктоповая	онлайн	десктоповая	десктоповая	Тип программы

Criterion	Expert Choice Comparison	ANP Software (Enterprise)	ANP Software (Professional)	ANP Software (Standard)	ANP Software (демо)	ANP Analyser	123ahp
DecisionPlus							
\$895	>1000 \$/год	>1000 \$/год	245\$/3мес	95\$/3мес	бесплатн	бесплат	бесплатн
точно	точно	/-/	/-/	/-/	точно	прибл. 4метод	точно
500	не огр.	не огр.	15	10	15-фактич.	4	15
200	не огр.	не огр.	15	10	3	5	15
4	не огр.	не огр.	не огр.	не огр.	не огр.	3	3
англ.	англ.	/-/	/-/	/-/	англ.	англ.	англ.
смешанная	словесная	/-/	/-/	/-/	словесная	матрица	опросный лист
вектор, гистограмма круг. диаграмм, Радар	вектор, гистограмма круг. диаграмм, Радар, пузырьковая	вектор, гистограмма круг. диаграмм, Радар, пузырьковая	вектор, гистограмма круг. диаграмм, Радар, пузырьковая	вектор, гистограмма круг. диаграмм, Радар	вектор	вектор	вектор, гориз, гориз, СТРУКТ
+	+	/-/	/-/	/-/	+	+	+
-	не огр.	не огр.	8	5	2	1- факт. 5-	1
-	-	/-/	/-/	/-/	+	-	-
+	+	+	+	-	-	-	-
десктоповая	онлайн	/-/	/-/	/-/	онлайн	онлайн	онлайн

Исходя из данных Таблицы 3, программы размещаются на множествах А (бесплатные программы), В (программы с точным решением при определении вектора приоритетов) и С (программы с неограниченным размером иерархии), следующим образом (Рисунок 22):

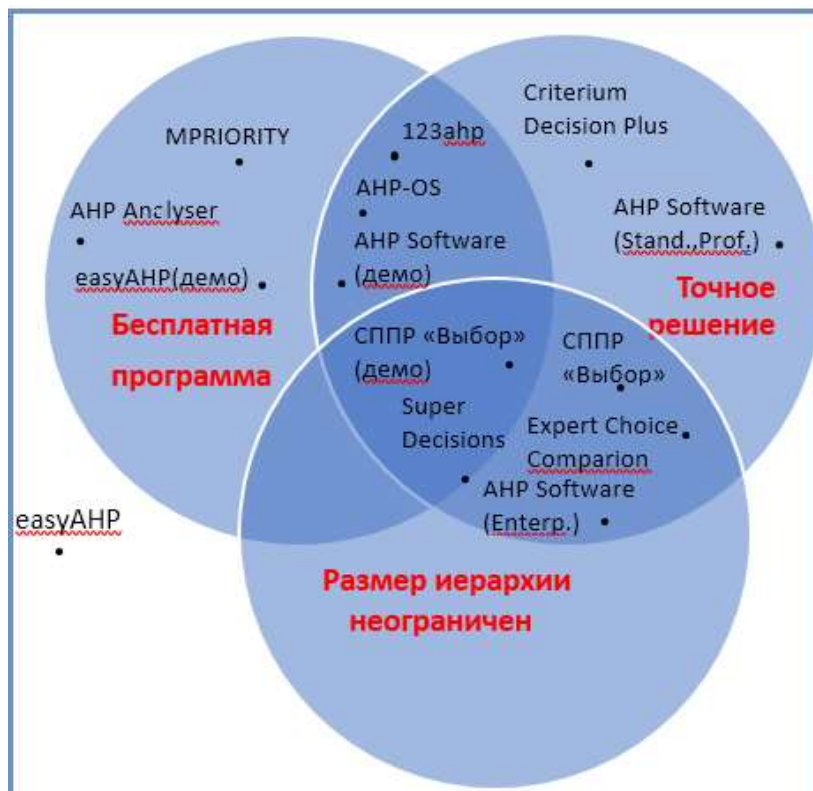


Рисунок 22 – Размещение программ по на множествах

2.3 Отсечение программ

Программа AHP Analyser далее выбывает из списка альтернатив ввиду того, что есть альтернативы одинаковые по ряду критериев с данной альтернативой, а по остальным критериям превосходят ее. Например, альтернатива 123ahp одинакова по критериям: стоимость, максимальное количество уровней, язык интерфейса, интуитивность интерфейса, максимальное количество экспертов, помощь при несогласованности, анализ чувствительности, тип программы. Альтернатива 123ahp лучше по критериям: точность расчета вектора приоритетов, максимальное количество критериев, максимальное количество альтернатив, форма попарного сравнения альтернатив и критериев, форма результата выбора.

Программа easyAHP(Pro) выбывает, т.к. не соответствует критериям-ограничителям для всех трех рассматриваемых областей. Она является платной, имеет неточный расчет вектора приоритетов, имеет ограниченный размер иерархии.

После отсеечения альтернатив программы размещаются на множествах А, В и С следующим образом (Рисунок 23):

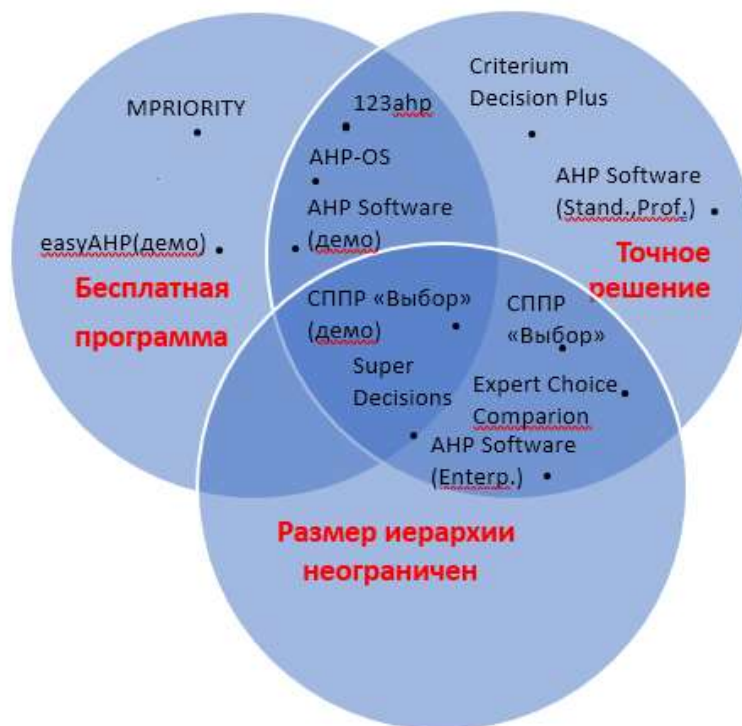


Рисунок 23 - Размещение программ по на множествах после отсеечения программ

2.4 Выбор программ

Выбор программ осуществлялся с использованием МАИ и программы «Super Decisions».

2.4.1 Выбор программы, используемой при обучении

Критерии выбора программы, используемой при обучении и соответствующие альтернативы представлены на иерархии (Рисунок 24).

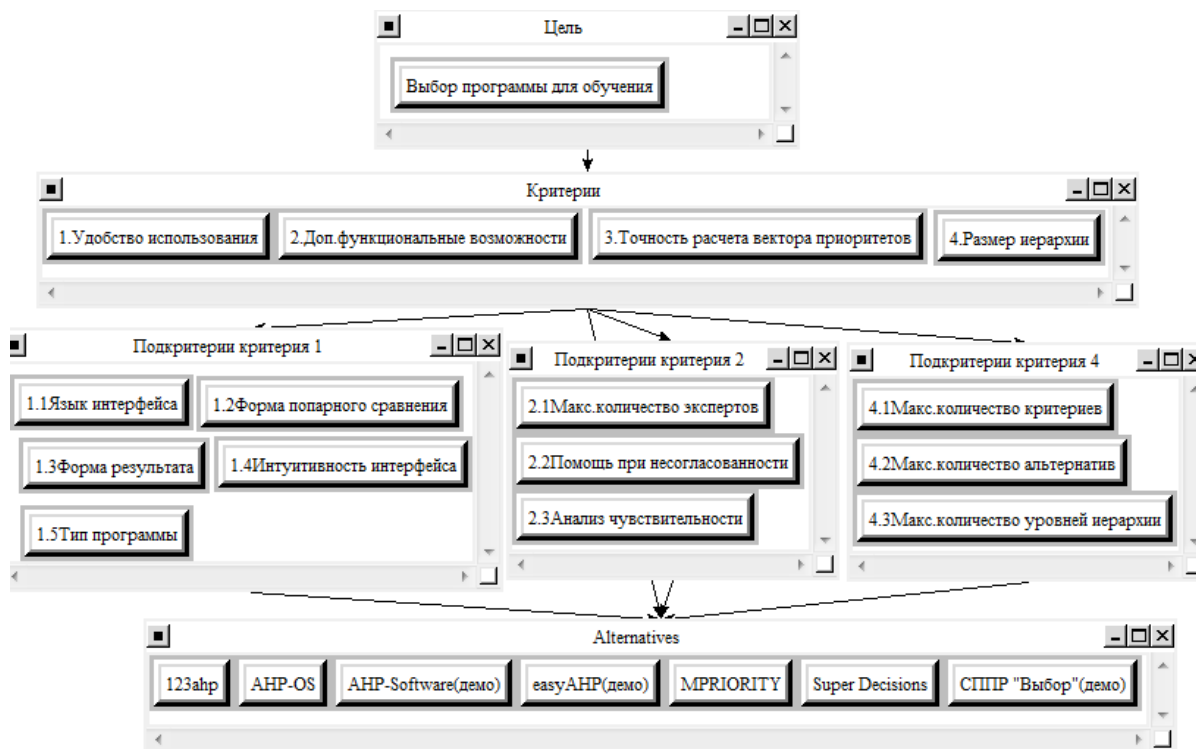


Рисунок 24 – Иерархия выбора программы при обучении

Результат выбора представлен на Рисунке 25:

123ahp		0.155397
ANP-OS		0.114052
ANP-Software(демо)		0.170101
easyANP(демо)		0.051061
MPRIORITY		0.112640
Super Decisions		0.242918
СППР "Выбор"(демо)		0.153831

Рисунок 25 - Результат выбора программы, используемой при обучении

Таким образом, наилучшей является альтернатива «Super Decisions» с максимальной оценкой 0,2429.

2.4.2 Выбор программы, используемой при проведении научных исследований

Критерии выбора программы, используемой при проведении научных исследований представлены на иерархии целей (Рисунок 26).

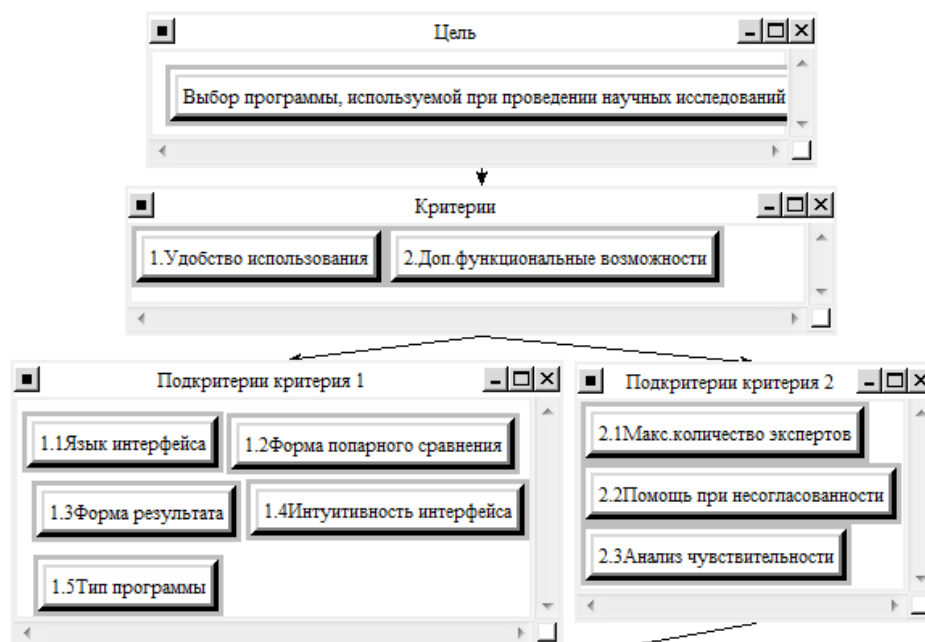


Рисунок 26 - Иерархия выбора программы при проведении научных исследований

Набор альтернатив варьируется в зависимости от исходных данных поставленной задачи (количество критериев, количество альтернатив, количество уровней иерархии), и поэтому не представлен на Рисунке 26.

В наборе, согласно Рисунку 23, альтернативами могут быть программы: 123ahp, AHP-OS, AHP Software(демо), Super Decisions, СППР «Выбор»(демо). Программы Super Decisions и СППР «Выбор»(демо) есть во всех наборах, т.к. у них нет ограничений по исходным данным.

В Таблице 4 представлены программы и значения исходных данных, при которых их можно использовать.

Таблица 4 – Диапазон исходных данных по программам

Программа	Количество критериев	Количество альтернатив	Количество уровней иерархии
123ahp	2-15	2-9	3
AHP-OS	2-100	2-9	3-7
AHP Software	2-15	2-3	неограничено

Определение вариантов решений (набор программ) при различных исходных данных задачи, без учета в наборе таких программ, как «Super Decisions» и СППР «Выбор», представлены на Рисунке 27.

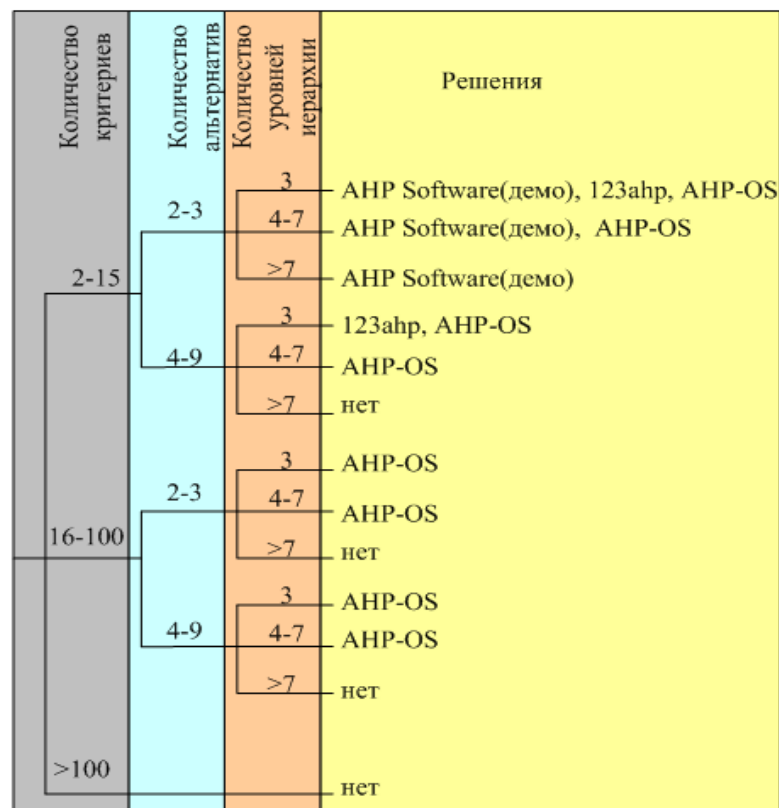


Рисунок 27 - Варианты решений при различных исходных данных задачи

Результаты выбора программы для различных наборов альтернатив представлены в Таблице 5.

Таблица 5 - Результат выбора программы, используемой при проведении научных исследований

Случай	Вариант набора альтернатив	Результат выбора
1	1) SuperDecisions	Super Decisions 0.646543
	2) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо) 0.353457
2	1) АНР-OS	АНР-OS 0.292049
	2) SuperDecisions	Super Decisions 0.461503
	3) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо) 0.246448
3	1) АНР Software (демо)	АНР-Software(демо) 0.381878
	2) SuperDecisions	Super Decisions 0.406575
	3) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо) 0.211547
4	1) 123ahp	123ahp 0.268277
	2) АНР-OS	АНР-OS 0.207167
	3) SuperDecisions	Super Decisions 0.338954
	4) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо) 0.185602

5	1) АНР-OS	АНР-OS		0.197966
	2) АНР Software (демо)	АНР-Software(демо)		0.297893
	3) SuperDecisions	Super Decisions		0.329875
	4) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо)		0.174266
6	1) 123ahp	123ahp		0.213015
	2) АНР-OS	АНР-OS		0.143733
	3) АНР Software (демо)	АНР-Software(демо)		0.254041
	4) SuperDecisions	Super Decisions		0.257085
	5) СППР «Выбор» (демо)	СППР "Выбор"(демо)		0.132126

Исходя из данных Таблицы, наилучшей является альтернатива «Super Decisions», имеющая наибольшую оценку для всех 6 случаев. Для случая 6 возможно использование и альтернативы «АНР Software (демо)», т.к. оценка данной альтернативы близка к максимальной (отличие составляет 1,2%).

2.4.3 Выбор программы, используемой при управлении организацией

Критерии выбора программы, используемой при управлении организацией и соответствующие альтернативы представлены на иерархии целей (Рисунок 28).

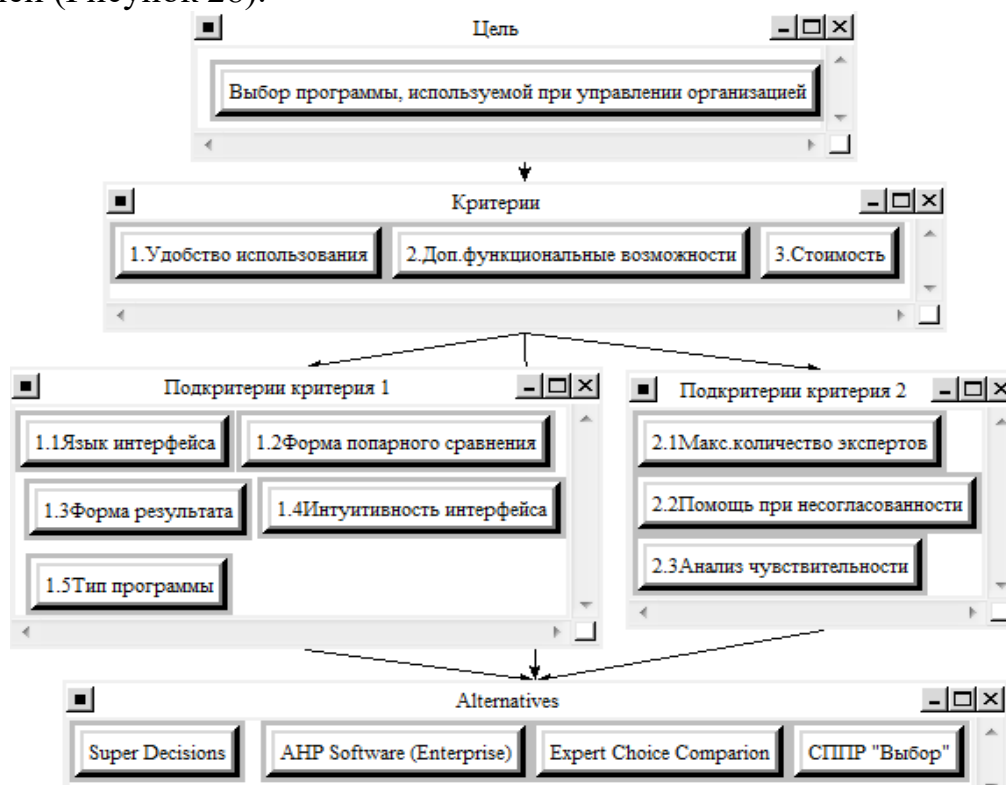


Рисунок 28 - Иерархия выбора программы при управлении организацией

Результат выбора представлен на Рисунке 29:

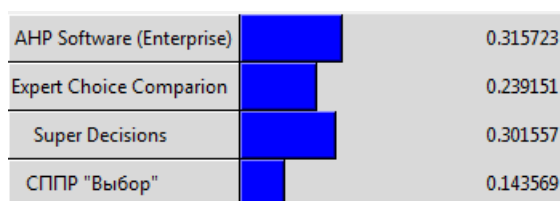
AHP Software (Enterprise)		0.315723
Expert Choice Comparison		0.239151
Super Decisions		0.301557
СППР "Выбор"		0.143569

Рисунок 29 - Результат выбора программы, используемой при управлении организацией

Таким образом, наилучшей является альтернатива «AHP Software (Enterprise)» с максимальной оценкой 0,3157.

Выводы

Проанализировано 11 программ (зарубежных и отечественных), реализующих МАИ: MPRIORITY, AHP Analyzer, easyAHP, 123ahp, AHP-OS, AHP Software, SuperDecisions, СППР Выбор, Expert Choice Comparison, Logical Decisions, Criterium DecisionPlus.

Определены следующие критерии:

- критерии-ограничители: стоимость, точность расчета вектора приоритетов, размер иерархии;
- другие критерии: удобство использования и дополнительные функциональные возможности.

Для ряда из приведенных критериев выявлены подкритерии.

Определены значения критериев для рассматриваемых программ. Исключение составила программа Logical Decisions. В процессе тестирования программы выяснилось, что программа реализует МАИ лишь частично, поэтому далее данная программа не рассматривалась и значения по критериям не определялись.

Отсечены программы: AHP Analyser и easyAHP(Pro), т.к. есть альтернативы одинаковые по ряду критериев с данными альтернативами, а по остальным критериям превосходящие их.

Проведен выбор оптимальной программы для различных областей: для использования при обучении, при проведении научных исследований и при управлении организацией. Для обучения наилучшей программой среди рассмотренных является программа «Super Decisions», а при управлении организацией - «AHP Software (Enterprise)». При научных исследованиях, независимо от количества критериев, альтернатив и уровней иерархии, программа «Super Decisions» является наилучшей, а программа «AHP Software (демо)» близка к ней при следующих исходных данных задачи: количество критериев – от 2 до 15, количество альтернатив – от 2 до 3, количество уровней иерархии -3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Латыпова В.А. О применении приближенных методов расчета в методе анализа иерархий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Т.9. №6. URL: naukovedenie.ru/PDF/146TVN617.pdf
2. Резниченко О.С., Салина В. Г. Применение метода анализа иерархий для решения бизнес-задач многокритериального выбора// Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. - 2013. - №2.-С. 43-47.
3. Мукина И.А., Соловьев Д.С., Литовка Ю.В. Программное обеспечение для выбора проектных решений в гальваническом производстве на основе модифицированного метода анализа иерархий // Инновационные материалы и технологии в машиностроительном производстве: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Омск, 18 августа 2017 г. Уфа: ООО "Агентство международных исследований", 2017. С.52-54.
4. Латыпова В.А. Выбор оптимального способа реализации инструментального средства управления обучением с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона. 2017. Т. 45. № 2 (45). С. 45. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4120.
5. Саати Т. Принятие решений/Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
6. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360с.
7. Официальный сайт программы MPRIORITY. URL: tomakechoice.com/mpriority.html.
8. Официальный сайт программы AHP Analyzer. URL: naarm.org.in/ahp.
9. Официальный сайт программы easyAHP. URL: tool.easyahp.com.
10. Официальный сайт программы 123ahp. URL: www.123ahp.com.
11. Официальный сайт программы AHP-OS. URL: bpmmsg.com/academic/ahp.php.
12. Официальный сайт программы AHP Software. URL: www.transparentchoice.com/ahp-software.
13. Официальный сайт программы Super Decisions. URL: superdecisions.com.
14. Официальный сайт программы СППР Выбор. URL: www.ciritas.ru/product.php?id=10.
15. Официальный сайт программы Expert Choice Comparion. URL: www.expertchoice.com/comparion.
16. Официальный сайт программы Logical Decisions. URL: www.logicaldecisions.com.
17. Официальный сайт программы Criterium DecisionPlus. URL: www.infoharvest.com/ihroot/infoharv/products.asp#CDP30.

18. Saaty R.W. Decision making in complex environments: The Analytic Network Process for Dependence and Feedback. 2016. 187p. URL: superdecisions.com/sd_resources/v28_man02.pdf.

V.A. Latypova

**A COMPARATIVE ANALYSIS AND A CHOICE OF TOOLS
IMPLEMENTING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

One of the most frequently used method of multi-criteria choice is analytic hierarchy process. Decision making based on the method is implemented by using off-the-shelf or in-house software or without it. The former is the most efficient. However, the choice of a decision-making tool is controversial. It depends on tasks and requires taking into account many factors. The selection criteria do not exist. Tools usage is specific according to the field of application, that is why a set of criteria will be different. A comparative analysis of foreign and domestic tools based on analytic hierarchy process is made in the paper. Criteria for tools selecting are defined: limiting criteria such as the price, accuracy of priority vector calculation, the size of hierarchy and another criteria: usability and additional functional capabilities. Sub criteria are defined for some criteria. The best tools for different areas such as training, research and organization management are selected based on the defined criteria among the tools reviewed.

Keywords: multi-criteria choice, analytic hierarchy process, tools review, training, organization management, research

REFERENCES

1. Latypova V.A. O primeneniі priblizhennykh metodov rascheta v metode analiza ierarkhiy // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE». 2017. T.9. №6. URL: naukovedenie.ru/PDF/146TVN617.pdf.
2. Reznichenko O.S., Salina V. G. Primenenie metoda analiza ierarkhiy dlya resheniya biznes-zadach mnogokriterial'nogo vybora// Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniya. - 2013. - №2.-S. 43-47.
3. Mukina I.A., Solov'ev D.S., Litovka Yu.V. Programmnoe obespechenie dlya vybora proektnykh resheniy v gal'vanicheskom proizvodstve na osnove modifitsirovannogo metoda analiza ierarkhiy // Innovatsionnye materialy i tekhnologii v mashinostroitel'nom proizvodstve: sbornik statey po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Omsk, 18 avgusta 2017 g. Ufa: OOO "Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy", 2017. S.52-54.
4. Latypova V.A. Vychor optimal'nogo sposoba realizatsii instrumental'nogo sredstva upravleniya obucheniem s pomoshch'yu metoda analiza ierarkhiy // Inzhenernyy vestnik Dona. 2017. T. 45. № 2 (45). S. 45. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4120.
5. Saati T. Prinyatie resheniy/Metod analiza ierarkhiy. M.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.

6. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskie seti. M.: Izdatel'stvo LKI, 2008. 360s.
7. Ofitsial'nyy sayt programmy MPRIORITY. URL: tomakechoice.com/mpriority.html.
8. Ofitsial'nyy sayt programmy AHP Analyzer. URL: naarm.org.in/ahp.
9. Ofitsial'nyy sayt programmy easyAHP. URL: tool.easyahp.com.
10. Ofitsial'nyy sayt programmy 123ahp. URL: www.123ahp.com.
11. Ofitsial'nyy sayt programmy AHP-OS. URL: bpmsg.com/academic/ahp.php.
12. Ofitsial'nyy sayt programmy AHP Software. URL: www.transparentchoice.com/ahp-software.
13. Ofitsial'nyy sayt programmy Super Decisions. URL: superdecisions.com.
14. Ofitsial'nyy sayt programmy SPPR Vybor. URL: www.ciritas.ru/product.php?id=10.
15. Ofitsial'nyy sayt programmy Expert Choice Comparion. URL: www.expertchoice.com/comparion.
16. Ofitsial'nyy sayt programmy Logical Decisions. URL: www.logicaldecisions.com.
17. Ofitsial'nyy sayt programmy Criterium DecisionPlus. URL: www.infoharvest.com/ihroot/infoharv/products.asp#CDP30.
18. Saaty R.W. Decision making in complex environments: The Analytic Network Process for Dependence and Feedback. 2016. 187p. URL: superdecisions.com/sd_resources/v28_man02.pdf.