

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ВЫСТРАИВАНИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ СУЖДЕНИЙ ЭКСПЕРТОВ

В.Н. Русакова, канд. пед. наук, доцент

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева
(Россия, г. Орел)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-11-2-242-248

Аннотация. В статье рассматриваются возможности развития системного мышления студентов при изучении метода анализа иерархий. Подчеркивается актуальность получения таких компетенций в современном мире, требующем умения оперировать большими объемами данных, четкого их структурирования, выявления взаимосвязей между элементами и принятия выверенных решений в определенных условиях. Приводится пример решения задачи выбора оптимального варианта с использованием данного метода средствами MS Excel.

Ключевые слова: методика обучения основам системного анализа, анализ данных, метод анализа иерархий, информационные технологии.

Наличие развитого системного мышления на сегодняшний день является важным конкурентным преимуществом выпускника вуза при приеме на работу. Увеличение объема информации, с которым приходится оперировать современному специалисту неизбежно ведет к постановке задачи оптимизации работы с ней, поэтому умение видеть в данных систему во взаимосвязи ее компонентов и выстраивать четкую стратегию действий при решении поставленных задач – одни из ключевых компетенций, которые требуются претендентам не только на должность аналитика, но и на многие другие.

Изучение метода анализа иерархий позволяет положительно влиять на развитие системного мышления студентов, предоставляя им инструменты для анализа и оценки сложных систем и их компонентов. Приведем несколько аспектов, которые позволяют судить о важности рассмотрения данной тематики при обучении будущего специалиста.

Метод анализа иерархий предполагает структурированный подход к решению проблемы, включающий разбиение сложной задачи на более простые подзадачи, что помогает студентам научиться видеть систему в целом и понять, как каждый элемент влияет на общий результат, а так-

же определять наличие иерархических связей между ними.

Такой анализ помогает определить приоритеты в рамках задачи или проблемы. Студенты учатся выделять наиболее важные факторы и оценивать их влияние на общий результат. Это развивает способность видеть целостную картину и принимать взвешенные решения.

Необходимость учитывать множество факторов при принятии решений с применением рассматриваемого метода, позволяет научить правильно оценивать важность каждого из них как по-отдельности, так и во взаимосвязи, что помогает делать более обоснованные выводы на основе исчерпывающей информации.

Анализ иерархий требует от студентов критического мышления и оценки различных альтернатив. Они учатся анализировать и сравнивать различные варианты, а также оценивать их преимущества и недостатки. Это развивает способность принимать обоснованные решения на основе логического анализа.

Еще одним важным аспектом является также анализ последствий, которым может быть дополнен метод, позволяющий студентам научиться оценивать плоды своих решений на различных уровнях системы, предвидеть возможные результаты и выбирать наиболее оптимальные варианты,

учитывая потенциальные риски и выгоды (но это широкая тематика для рассмотрения в отдельной статье).

По сути, метод анализа иерархий представляет собой процедуру для иерархического представления элементов, определяющих логику проблемы. На каждом уровне иерархии суждения эксперта обрабатываются методом парных сравнений. Далее происходит синтез суждений, приводящий к выстраиванию приоритетности

критериев и нахождения альтернативных решений. Такой подход дает возможность лицу, принимающему решение, в условиях определенности и многокритериальности выбрать наилучшую альтернативу с точки зрения собственного видения ситуации и путей решения проблемы.

Для оценки важности критериев при построении матриц парных сравнений используется шкала относительной важности (табл. 1).

Таблица 1. Шкала относительной важности

1 – равная важность
3 – умеренное превосходство одного над другим
5 – существенное превосходство одного над другим
7 – значительное превосходство одного над другим
9 – очень сильное превосходство одного над другим
2, 4, 6, 8 – соответствующие промежуточные значения

Также для вычислений потребуются значения средней согласованности для случайных матриц разного порядка.

Таблица 2. Значения средней согласованности

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

Итогом применения метода является определение весов альтернатив, по которым и выстраивается итоговая иерархия и осуществляется выбор решения [1-4].

В качестве примера использования метода анализа иерархий для обучения студентов рассмотрим следующую задачу.

Требуется определить наиболее эффективный способ рекламы для увеличения продаж в интернет-магазине.

Приведем алгоритм пошагового решения.

1. Владельцы интернет-магазина, посоветовавшись, составили следующий список

предпочтений при выборе видов рекламы: P1 – реклама в социальных сетях; P2 – реклама на телевидении; P3 – реклама на радио; P4 – реклама на специализированных сайтах; P5 – реклама в транспорте. Используйте его в качестве набора факторов, влияющих на достижение цели – увеличения продаж интернет-магазина.

2. Постройте в графическом редакторе иерархию (рис. 1), где P1, P2, ..., P5 – указанные выше факторы, один из которых нужно выбрать как оптимальный.

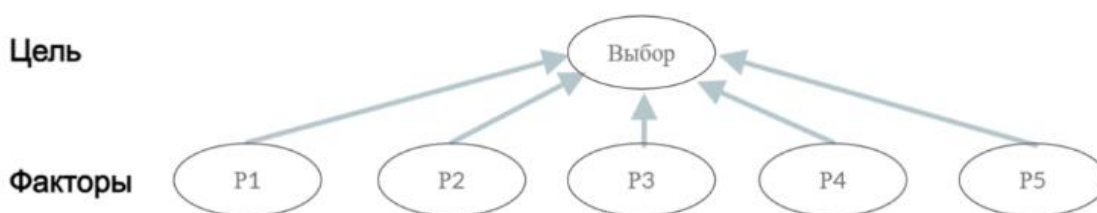


Рис. 1. Визуальное представление иерархии для выбора оптимального фактора

3. Рассчитайте относительную важность критерия. Для этого требуется попарное сравнение выбранных факторов P1-P5. Владельцы интернет-магазина решили довериться экспертам, на основании мнений которых получили следующие оценки: P1 имеет умеренное превосходство над P2; P1 имеет значительное превосходство над P3; P1 имеет умеренное превосходство над P4; P1 имеет очень сильное превосходство над P5; P2 имеет существенное превосходство

над P3; P2 имеет умеренное превосходство над P4; P2 имеет существенное превосходство над P5; P4 имеет значительное превосходство над P3; P4 имеет превосходство, промежуточное между умеренным и существенным над P5; P5 имеет равную важность с P3.

На основании суждений экспертов постройте матрицу попарных сравнений (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F
		P1	P2	P3	P4	P5
1		1	3	7	3	9
2	P1	1	3	7	3	9
3	P2	=1/C2	1	5	3	5
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1
5	P4	0,33	0,33	7	1	4
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1

Рис. 2. Матрица попарных сравнений

Пояснение. Строки матрицы отражают важность фактора, давшего название строке, по отношению к остальным факторам. По главной диагонали матрицы стоят единицы, т.к. каждый фактор равно важен самому себе. Значения, симметричные относительно главной диагонали, являются взаимнообратными, т.е. если важность P1

по отношению к P2 равна 3 (ячейка C2), то важность P2 по отношению к P1 найдем по формуле $=1/C2$ (см. рис. 2).

4. Далее, в столбце справа (рис. 3) вычислите оценки компонент собственного вектора как среднее геометрическое по строке ($\sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$).

	A	B	C	D	E	F	G
		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора
1		1	3	7	3	9	=СРГЕОМ(B2:F2)
2	P1	1	3	7	3	9	
3	P2	0,33	1	5	3	5	
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	

Рис. 3. Формула для вычисления оценок компонент собственного вектора

5. Найдите сумму оценок компонент собственного вектора (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора
2	P1	1	3	7	3	9	3,55
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35
7	Сумма: =СУММ(G2:G6)						

Рис. 4. Формула для вычисления суммы оценок всех компонент

Для оформления здесь и ниже используйте формат вычисляемых ячеек – два знака после запятой.

6. Определите нормированные оценки вектора приоритета для каждого фактора, разделив значение оценки компонент собственного вектора на эту сумму (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормированные оценки вектора приоритета
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	=G2/G7
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	
7	Сумма:						7,40	

Рис. 5. Формула для нахождения нормированных оценок вектора приоритета

Подумайте, как расставить абсолютные и относительные ссылки, чтобы «растянуть» формулу на весь столбец.

7. Сравните нормированные оценки вектора приоритета (рис. 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормированные оценки вектора приоритета
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	0,48
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	0,26
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	0,04
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	0,17
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	0,05
7	Сумма:						7,40	

Рис. 6. Наибольшая оценка соответствует фактору P1

Исходя из полученных данных, на основе приведенных экспертных оценок, можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом рекламы является реклама в соцсетях.

8. Проверьте, насколько были непротиворечивыми предположения, сделанные при составлении матрицы попарных сравнений критериев. Для этого необходимо рассчитать индекс согласованности (ИС)

для этой матрицы, который дает информацию о степени нарушения согласованности.

$$ИС = |L_{max} - n| / (n - 1),$$

где L_{max} – сумма произведений сумм по каждому столбцу на соответствующие

нормализованные оценки вектора приоритета.

- Вначале найдите L_{max} . Для этого:

- подсчитайте суммы по столбцам (рис. 7).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета	
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	0,48	
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	0,26	
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	0,04	
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	0,17	
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	0,05	
7						Сумма:	7,40		
8	Сумма:	=СУММ(B2:B6)							

Рис. 7. Суммы по столбцам «P1»-«P5»

- Затем найдите L_{max} как сумму произведений строки найденных выше сумм на столбец нормализованных оценок локального вектора приоритета, т.е., по сути,

требуется перемножить соответствующие матрицу-строку на матрицу столбец (рис. 8).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	0,48
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	0,26
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	0,04
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	0,17
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	0,05
7						Сумма:	7,40	
8	Сумма:	1,92	4,73	21	7,39	20	=МУМНОЖ(B8:F8;H2:H6)	

Рис. 8. Формула для вычисления L_{max}

- Вычислите ИС (рис. 9)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	0,48
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	0,26
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	0,04
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	0,17
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	0,05
7						Сумма:	7,40	
8	Сумма:	1,92	4,73	21	7,39	20	5,30	
9							Lmax	
10								
11						ИС=	=ABS((G8-СЧЁТ(B2:F2)))/(СЧЁТ(B2:F2)-1)	

Рис. 9. Формула для вычисления индекса согласованности

9. Остается сравнить эту величину с той, которая получилась бы при случайном выборе количественных суждений из принятой шкалы и образовании обратносимметричной матрицы (табл. 2).

Если ИС разделить на число, которое соответствует средней случайной согласованности матрицы того же порядка, то по-

лучим отношение согласованности (ОС). Желательно, чтобы оно не превышало 10%. Иногда допускается ОС до 20%. Если же его значение, большее заданной точности, то нужно проверять начальные суждения и изменять матрицу попарных сравнений.

Найдите ОС (рис. 10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		P1	P2	P3	P4	P5	Оценки компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
2	P1	1	3	7	3	9	3,55	0,48
3	P2	0,33	1	5	3	5	1,90	0,26
4	P3	0,14	0,2	1	0,14	1	0,33	0,04
5	P4	0,33	0,33	7	1	4	1,25	0,17
6	P5	0,11	0,2	1	0,25	1	0,35	0,05
7						Сумма:	7,40	
8	Сумма:	1,92	4,73	21	7,39	20	5,30	
9							Lmax	
10								
11						ИС=	0,07	
12						ОС=	=G11/1,12	

Рис. 10. Формула для нахождения отношения согласованности

Если такие отклонения превышают установленные пределы, то следует перепроверить и заменить суждения в матрице попарных сравнений.

В данном случае $ОС = 6,59\% < 10\%$, т.е. полученная экспертная оценка непротиворечива, а потому искать более компетентных экспертов и менять матрицу попарных сравнений не нужно.

Сделайте вывод. Установленная иерархия с приоритетом рекламы в социальных сетях над другими факторами является непротиворечивой и может быть принята в качестве решения.

10. Составьте и решите данным методом собственную задачу.

В заключение отметим, что вышеизложенное позволяет сделать вывод, что изу-

чение метода анализа иерархий развивает системное мышление студентов, помогая им получить следующие навыки: построения целостной картины исследуемой проблемы и принятия обоснованных решений в заданных условиях; оценивания важности и взаимосвязи факторов; анализа и сравнения различных вариантов развития

событий; выстраивания четкой структуры исследуемой ситуации и выявления путей выхода из нее. Они представляют ценность в любой сфере деятельности и позволяют говорить о развитии необходимых компетенций будущего специалиста в области анализа данных.

Библиографический список

1. Белага В.В. Основы системного анализа: 10-11-е классы / В.В. Белага, О.Ю. Тятюшкина. – М.: Просвещение, 2021. – 148 с. – (Профильная школа)
2. Метод анализа иерархий. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2041869/>.
3. Метод анализа иерархий при выборе программного обеспечения проектирования и производства электронных схем. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tech-e.ru/2012_2_21.php.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.

DEVELOPMENT OF SYSTEMIC THINKING IN TEACHING STUDENTS TO USE THE HIERARCHICAL ANALYSIS METHOD TO BUILD THE PRIORITY OF EXPERT JUDGMENTS

V.N. Rusakova, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*
Oryol State University named after I.S. Turgenev
 (Russia, Oryol)

Abstract. *The paper examines the possibilities of developing students' systemic thinking when studying the hierarchical analysis method. The relevance of obtaining such competencies in the modern world, which requires the ability to operate with large amounts of data, clearly structuring them, identifying relationships between elements and making verified decisions in certain conditions, is emphasized. An example of solving the problem, choosing the best option using this method by MS Excel is given.*

Keywords: *training methodology for the basics of system analysis, data analysis, hierarchical analysis method, information technologies.*