

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: [mathmod.esrae.ru/32-119](http://mathmod.esrae.ru/32-119)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Быкова Т.В., Малярова М.В. Использование метода анализа иерархий для оптимизации выбора платформы проведения видеоконференций // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2020. №4

УДК 004.94

DOI: 10.24411/2541-9269-2020-00001

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ПЛАТФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦИЙ

Быкова Т.В.<sup>1</sup>, Малярова М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, tbykova69@mail.ru

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов, mmalyarova@griddynamics.com

## USING THE METHOD OF ANALYSIS OF HIERARCHIES TO OPTIMIZE THE CHOICE OF A PLATFORM FOR CONDUCTING VIDEO CONFERENCES

Bykova T.V.<sup>1</sup>, Malyarova M.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,  
tbykova69@mail.ru

<sup>2</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,  
mmalyarova@griddynamics.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен один из основных методов принятия управленческих решений – метод анализа иерархий, который понятным и рациональным образом структурирует сложную проблему оптимизации выбора в виде иерархии целей, подцелей, критериев и альтернатив. Он позволяет получить количественную оценку альтернативных вариантов решения. Кроме того, в статье на базе теоретических аспектов решена практическая задача оптимального выбора платформы для видеоконференцсвязи.

Ключевые слова: программное обеспечение, метод, иерархия, выбор, альтернатива, видеоконференция, платформа, мультимедиа.

**Abstract.** This article discusses one of the main methods of making management decisions - the method of analyzing hierarchies, which in an understandable and rational way structures the complex problem of optimization of choice in the form of a hierarchy of goals, sub-goals, criteria and alternatives. It allows you to quantify alternative solutions. In addition, on the basis of theoretical aspects, the practical problem of optimal choice of a platform for video conferencing is solved in the article.

Keywords: software, method, hierarchy, choice, alternative, videoconference, platform, multimedia.

Весь мир борется с коронавирусом: многие массовые мероприятия отменены, границы временно закрыты, многие помещены на карантин или вынуждены ограничить свои передвижения. Частные и государственные организации уже переходят на удаленную работу, а образовательные учреждения на всех уровнях в той или иной степени используют дистанционное обучение, что резко повысило потребность в высококачественной видеосвязи для обеспечения непрерывности обучения и экзаменов.

В настоящее время видеоконференцсвязь - это совершенно новая технология, взявшая лучшее в вычислительной технике, включая мультимедиа, которая так популярна сегодня. Два или три года назад никто не думал, что видеоконференцсвязь станет для профессионалов инструментом решения сложных проблем, с которыми мы сталкиваемся в этом быстро меняющемся мире. Сегодня большинство компаний ищут способы воплощения в жизнь этой новой технологии, которая позволит им продолжать конкурировать за свою долю рынка.

Описанные выше тенденции удаленной работы и развитие унифицированных коммуникаций в текущей ситуации быстро выросли и приобрели новое значение. Компании, которые вынуждены перейти на удаленную работу в текущих условиях, имеют широкий спектр платформ, услуг и систем объединенных коммуникаций для решения своих бизнес-задач.

Изучив возможности российских и зарубежных сервисов видеоконференцсвязи, можем отметить, что выбор конкретного решения зависит от сферы деятельности, масштаба компании и задач, которые планируется решать сотрудникам с помощью данного инструмента. А помочь с этим выбором, сделав его оптимальным, призван метод анализа иерархий.

Метод Анализа Иерархий (МАИ) - это математический инструмент для систематического решения сложных задач принятия решений. МАИ не выдает «правильных» решений для лица, принимающего решения, но позволяет ему или ей интерактивно найти вариант (альтернативу), который лучше всего соответствует его пониманию характера проблемы и требованиям для ее решения.

Этот метод был разработан Р. Беллманом, Б.Н. Брука и В. Н. Буркова, но широкую известность получил благодаря работам Т. Саати, назвавшего процедуру методом иерархического анализа.

Публикации Саати более подробно раскрыли возможности процедуры, и с тех пор МАИ активно развиваются и широко используются на практике. Наряду с математикой он опирается на психологические аспекты. МАИ позволяет четко и рационально систематизировать сложную задачу принятия

решений в виде иерархии, сравнивать и количественно оценивать альтернативные решения.

Метод Анализа Иерархий используется во всем мире для принятия решений в разнообразных ситуациях: от управления на межгосударственном уровне до решения отраслевых и частных проблем в бизнесе, промышленности, здравоохранении и образовании.

Компьютерная поддержка МАИ - это программные продукты, разработанные различными компаниями. Разбор проблемы решения в методе анализа иерархий начинается с построения иерархической структуры, включающей цель, критерии, альтернативы и другие факторы, влияющие на рассматриваемый выбор. Эта структура отражает понимание проблемы лицом, принимающим решения. Каждый элемент иерархии может представлять различные аспекты решаемой проблемы и может учитывать как материальные, так и нематериальные факторы, измеримые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективное мнение экспертов. Другими словами, анализ ситуации принятия решения в методе анализа Иерархий аналогичен процедурам и методам аргументации, используемым на интуитивном уровне. Следующим шагом в анализе является использование процедуры попарного сравнения для определения приоритетов, которые представляют относительную важность или предпочтение элементов построенной иерархической структуры.

Безразмерные приоритеты позволяют разумно сравнивать различные факторы, что является узнаваемой особенностью МАИ. На заключительном этапе анализа выполняется синтез (линейная свертка) приоритетов по иерархии, в результате которого вычисляются приоритеты альтернативных решений по отношению к основной цели. Лучшая альтернатива - та, у которой наивысший приоритет.

Метод иерархического анализа содержит процесс синтеза приоритетов, рассчитанных на основе субъективных суждений экспертов. Количество суждений может исчисляться десятками и даже сотнями. Математические подсчеты для незначительных задач можно выполнять вручную или используя калькулятор, но гораздо удобнее применять программное обеспечение (ПО) для ввода и обработки суждений.

Самый простой способ компьютерной поддержки – электронные таблицы, самое развитое ПО предусматривает применение специальных устройств для ввода суждений участниками процесса коллективного выбора. Порядок применения Метода Анализа Иерархий:

1. Построение качественной модели проблемы в виде иерархии, включающей цель, альтернативные варианты достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив.
2. Определение приоритетов всех элементов иерархии с использованием метода парных сравнений.

3. Синтез глобальных приоритетов альтернатив путем линейной свертки приоритетов элементов на иерархии.
4. Проверка суждений на согласованность.
5. Принятие решения на основе полученных результатов.

Рассмотрим эти шаги подробнее.

Иерархическое моделирование проблемы

Первым шагом метода анализа иерархий является создание иерархической структуры, объединяющей выбор целей, критериев, альтернатив и других факторов, влияющих на принятие решения. Формирование такой структуры поддержит анализ всех аспектов и позволит понять суть проблемы.

Использование иерархических структур

Иерархическая структура - это графическое представление проблемы в виде перевернутого дерева, где каждый элемент, кроме самого верхнего, зависит от одного или нескольких из вышеперечисленных элементов. В различных организациях разделение ответственности, управление и эффективное общение между сотрудниками часто организованы иерархически.

Иерархические структуры используются для лучшего понимания сложной реальности: мы разделяем исследуемую проблему на отдельные части; далее разделяем получившиеся элементы на части и так далее. На каждом этапе важно сосредоточиться на понимании текущего элемента и временно отстраниться от всех остальных элементов. Проведение такого анализа позволит понять сложность и многогранность изучаемого предмета.

Примером может служить иерархическая структура, используемая для обучения в медицинских школах. Изучение анатомии костно-мышечной системы (которая включает такие элементы, как руки и их компоненты: мышцы и кости), сердечно-сосудистой системы (и ее многих уровней), нервной системы (и ее компонентов и подсистем) и т.д. Гранулярность снижается до клеточного и молекулярного уровней. В конце исследования приходит понимание системы организма в целом и понимание роли каждой части в нем. Используя эту иерархическую структуру, студенты получают полное представление об анатомии. Точно так же при решении сложной проблемы мы можем использовать иерархию как инструмент для обработки и восприятия больших объемов информации. Создавая эту структуру, мы развиваем более полное понимание проблемы.

Чтобы избежать двусмысленности в диаграммах МАИ, ссылки, связывающие Альтернативы и их критерии охвата, часто опускаются или искусственно сокращаются. Несмотря на такие упрощения диаграммы, в самой иерархии каждая альтернатива связана с каждым из критериев, которые ее охватывают.

Иерархические структуры МАИ как инструмент моделирования сложных проблем

Иерархические структуры, применяемые в методе анализа иерархий, представляют собой инструмент для качественного моделирования сложных

проблем. Верхний уровень иерархии - главная цель; элементы нижнего уровня представляют различные потенциалы достижения цели (альтернативы); элементы среднего уровня отвечают за критерии или факторы, которые связывают цель с альтернативами. Имеются обусловленные термины, которые очерчивают иерархическую структуру МАИ. Каждый уровень состоит из периферий. Периферийные элементы обычно называются дочерними (дочерними элементами). Элементы, из которых происходит узел, называются родителями. Группы элементов с одним и тем же родителем называются сравнительными группами. Альтернативы, обычно из разных групп сравнения, называются критериями покрытия. Тип любой иерархии МАИ будет зависеть не только от объективной природы рассматриваемой проблемы, но также от знаний, суждений, систем ценностей, мнений, желаний и т.д. участников процесса. Изданные описания приложений МАИ часто включают различные схемы и разъяснения показанных иерархий. Постепенное применение всех шагов метода дает возможность изменять структуру иерархии, чтобы включить вновь обнаруженные или ранее не относящиеся к делу критерии и альтернативы.

#### Расстановка приоритетов

После построения иерархии участники процесса используют МАИ для определения приоритетов всех узлов в структуре. Приоритетные данные собираются от всех участников и обрабатываются математически.

#### Расстановка приоритетов и разъяснение

Приоритеты - это числа, которые связаны с узлами в иерархии [14]. Они представляют собой относительные веса элементов в каждой группе. Как и вероятности, приоритеты - это безразмерные величины, которые могут варьироваться от нуля до единицы. Чем выше значение приоритета, тем значительнее соответствующий элемент. Сумма приоритетов узлов, подчиненных одному элементу выше базового уровня иерархии, равна единице. Приоритет цели по определению так же равен 1.0.

МАИ можно успешно использовать для решения простых задач, но его эффективность была продемонстрирована в поиске решений сложных проблем, требующих системного подхода и участия большого количества экспертов. Решения для приложений МАИ:

Проблема селекции во многих странах. Выбор одной из доступных опций по определенным критериям.

Ранжирование. Многокритериальное упорядочивание заданного множества альтернатив.

Определение приоритетов альтернатив и критериев в задачах многокритериального выбора.

Распределение ресурсов. Распределение ресурсов между альтернативами из заданного множества.

Сопоставительный анализ. Разработка рекомендаций по оптимизации внутренних процессов организации на основе успешного опыта конкурентов.

Контроль качества. Анализ различных аспектов качества и видов улучшения качества.

Существует множество примеров успешного использования МАИ для решения сложных задач, а именно:

Разработка стратегии по снижению негативных последствий глобального изменения климата (Фонд Энни Энрико Маттеи).

Расчет общего качества программных комплексов (Microsoft Corporation).

Выбор специальности при обучении в университете (Блумсбургский университет Пенсильвании).

Принятие решения о местонахождении оффшорных компаний (Кембриджский университет).

Оценка рисков, связанных с эксплуатацией нефтепроводов в стране (Американское общество инженеров). Разработка стратегии эффективного управления водными ресурсами в США (Министерство сельского хозяйства США). Сфера образования и научных исследований.

В настоящее время не требуется специальной подготовки по применению МАИ, основы метода преподают во многих институтах. Кроме того, этот метод часто используется в управлении качеством, а так же во многих специализированных приложениях, таких как Lean Six Sigma, Six Sigma и QFD. Около сотни китайских университетов предлагают базовые курсы МАИ, а многие исследователи выбирают МАИ как продукт изысканий и разработок. По этой теме опубликовано более 900 научных статей. Существует китайский научный журнал, специализирующийся на МАИ. Международный симпозиум научных дискуссий ISANP проводится каждые два года, на нем встречаются ученые и профессионалы, работающие с МАИ. В 2007 году симпозиум проходил в Вальпараисо, Чили, где более 90 докладов были представлены учеными из 19 стран, включая США, Германию, Японию, Чили, Малайзию и Непал.

При использовании МАИ, в том числе и выбор способа его оценки, зависит от информации, стекающей из многих источников информации.

Такой метод подразумевает присутствие пространной и многообразной информации из массы источников, которая позволяет анализировать каждый фактор наряду с остальными, в то время как для фирмы, возможно, какой-то фактор является ключевым. МАИ включает в себя следующие четыре этапа:

1. Построение соответствующей иерархии задачи принятия решений.
2. Парное сравнение всех элементов иерархии.
3. Устранение несогласованности матриц парных сравнений (если это необходимо).
4. Математическая обработка полученной от ЛПР информации.

Для нахождения оптимального варианта видеоконференции было предложено несколько альтернативных версий платформ для видеоконференций онлайн:

Skype, Zoom, Slack, Webex (Cisco), Google Meet

Оценку будем проводить по 6 основным критериям:

1) Стоимость бизнес-аккаунта

2) Комфорт

3) Функции (возможности)

4) Защита от взлома

5) Дизайн

6) Ограничение по времени конференции в зависимости от количества людей.

Для составления матрицы попарных сравнений по критериям будем использовать результаты оценки каждого критерия.

Экспертная оценка основных критериев

Пяти экспертам в области видеоконференций предложено оценить по 5-балльной шкале важность каждого критерия. 1б – самая низкая степень важности, 5б – самая высокая степень важности.

Результаты экспертных оценок представлены в Табл.1.

Таблица 1.

Экспертная оценка критериев выбора платформ.

Критерии	Skype	Google Meet	Webex	Slack	ZOOM	Итого
Стоимость бизнес-аккаунта	4	3	3	5	5	20
Комфорт	5	4	5	5	3	22
Функции (возможности)	5	3	5	5	5	23
Защита от взлома	4	5	4	3	5	21
Дизайн	5	3	4	4	4	20
Ограничение по времени	3	5	3	2	3	16

Разницу в итоговых значениях обозначим  $\Delta$ . В зависимости от значения  $\Delta$  будем выставлять ранги важности (Табл.2).

Таблица 2.

Определение рангов важности для  $\Delta$ .

$\Delta$	Ранг важности
0	2
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7 и более	9

На основании вышеописанных данных составим матрицу попарных сравнений основных критериев (Табл.3).

Таблица 3.

Матрица попарных сравнений критериев оценки площадок для видеоконференций.

Критерии	Стоимость бизнес-аккаунта	Комфорт	Функции (возможности)	Защита от взлома	Дизайн	Ограничение по времени
Стоимость бизнес-аккаунта	1	1/4	1/5	1/3	2	6
Комфорт	4	1	1/3	3	4	8
Функции (возможности)	5	3	1	4	5	9
Защита от взлома	3	1/3	1/4	1	3	7
Дизайн	1/2	1/2	1/5	1/3	1	6
Ограничение по времени	1/6	1/8	1/9	1/7	1/6	1
Итого	13,667	5,208	2,094	8,809	15,167	37



На основании более подробных расчетов, не приведенных в статье в силу их громоздкости, представим основные показатели для данной матрицы:

Таблица 4.

Значение вектора приоритетов

Критерий	Нормализованный собственный вектор
Стоимость бизнес-аккаунта	0,091
Комфорт	0,244
Функции (возможности)	0,408
Защита от взлома	0,151
Дизайн	0,082
Ограничение по времени	0,024

$$\lambda_{\max} = 6,6501$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = (6,6501 - 6) / 5 = 0,13$$

$$ОС = ИС / М(ИС) = 0,13 / 1,24 = 0,1049 \text{ (10,49\%)}$$

Наибольший вес имеет Стоимость бизнес-аккаунта (42,1%), далее – комфорт (25,33%), функции (14,87%) и защита от взлома (8,62%), и, наконец, менее значимые критерии – дизайн (6,84%) и ограничение по времени (2,2%).

#### Определение итоговых результатов

Оптимальным вариантом платформы для видеоконференций, исходя, из графиков и таблиц является Zoom. Этот выбор обусловлен возможностью за небольшие средства получить приятный дизайн и функционал, который значительно сокращает время и умения необходимые для реализации поставленной задачи (проведение видеоконференции). Главным критерием является защита информации на платформе, потому что провести защищенную видеоконференцию лучше в Zoom, чем в Skype.

#### Литература

1. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
2. Саати Т.Л. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. – М.: Мир, 1973. – 302 с.
3. Басакер Р.Г., Саати Т.Л. Конечные графы и сети. – М.: Наука, 1974. – 366с.
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и

связь, 1989. – 316 с.

5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

6. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.

7. Андрейчиков А. В., Терелянский П. В., Андрейчикова О. Н. Информационные технологии прогнозирования технических решений на основе иерархических моделей. – Волгоград : РПК «Политехник», 2004.

8. Терелянский П. В. Непараметрическая экспертиза объектов сложной структуры. – М. : Изд.-торг. корп. «Дашков и Ко», 2009. – 221 с

9. Кини Р.Л., Райфа Х. принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М.: Радио и связь, 1981.

10. Макаров И.М. и др. Теория выбора и принятия решений. - М.: Наука, 1982. 11. Микони С.В. Теория и практика рационального выбора: Монография. - М.: Маршрут, 2004. - 463 с.

12. Чахирева Т.Н. Разработка методики персонального оценивания государственных служащих. - СПб.: СЗАГС, 2002.

13. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. -М.: Изд-во "Дело", 2002.

14. Быкова Т.В. Метод анализа иерархий как инструмент решения практических задач многокритериальной оптимизации // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2019. №1