

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В ПРАКТИКЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Р. В. НАСЫРОВ, Е. А. ТАЙГИНА, Р. М. ФАРУКШИН*

*Уфимский государственный авиационный технический университет
Тел: (3472) 23 78 35 Факс: (3472) 22 29 18 E-mail: nasyrov@tc.ugatu.ac.ru
450000, Уфа, ул. К. Маркса, 12

Аннотация: Рассматривается задача обеспечения объективности выбора метода моделирования инвариантно от объектов и явлений предметной области. Предлагается использовать для этого метод анализа иерархий. Применение рассматривается на примере. Даются рекомендации по применению метода.

Ключевые слова: метод анализа иерархий; научные исследования; принятие решений

Одной из проблем, встающих перед исследователями, начинающими свою работу, является выбор метода моделирования, адекватного объекту исследования. Обычно выбор в таких случаях производится на основе субъективных предпочтений либо навязывается извне. Во всех этих случаях отсутствует ясное обоснование применения выбранной модели. Однако известно, что именно постановочный этап является наиболее ответственным и чувствительным к ошибкам, поэтому целью настоящей статьи является — показать применение одного из методов, позволяющих объективизировать такой выбор, а именно метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати [2]. Оговоримся сразу, что в нашу задачу входило исследование на основе моделей деятельности учреждений здравоохранения [4].

Как известно, метод анализа иерархий является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений ЛПР на основе парных сравнений.

В результате может быть выражена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. МАИ включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности характеристик и нахождения вариантов решений. Полезно отметить, что полученные таким образом значения являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам. Для оценок важности объектов в МАИ используется шкала порядка следующего вида, называемая шкалой относительной важности 1–9, которая, по мнению авторов методики, является достаточно эффективной. В соответствии с этой шкалой при сравнении двух объектов в качестве оценки берется одно из чисел в интервале от 1 до 9, в случае предпочтения первого, либо обратная величина в случае предпочтения второго. Конкретное значение характеризует степень предпочтения. Если считается, что объекты одинаковы, то обоим ставится единица. В соответствии с МАИ, для реализации метода необходимо осуществить следующие этапы.

Этап 1. Очертить проблему и определить, что необходимо узнать. В качестве проблемы выступает выбор адекватного метода моделирования.

Этап 2. Построить иерархию, начиная с вершины (цели — с точки зрения управления), через промежуточные уровни (характеристики, от которых зависят последующие уровни) к самому нижнему уровню (который обычно является перечнем альтернатив). Для нашей проблемы иерархия будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

Первый шаг состоит в декомпозиции и представлении задачи в иерархической форме. На первом уровне располагается цель — ”Обоснование выбора метода моделирования”, на втором — семь наиболее важных, с нашей точки зрения, характеристик и на третьем — пять объектов выбора (решения) — классы моделей, которые должны быть оценены по характеристикам второго уровня. Предлагаемый список характеристик для оценки: адекватность объекту (АО), дискретность (Д), возможность использования вероятностных зависимостей (ВЗ), возможность использования нечетких зависимостей (НЗ), отслеживание динамики (ОД), простая математическая форма (ПМФ), наглядность (Н).

На выбор классов моделей, подвергающихся оценке, повлияли следующие факторы: широкая распространенность, применимость к решению конкретной задачи, а также субъективное предпочтение авторов. В связи с этим были выбраны следующие классы моделей [1,3,5]: модели САУ, имитационно-динамические модели (ИДМ), сети Петри (СП), системы массового обслуживания (СМО), вероятностные автоматы (ВА).

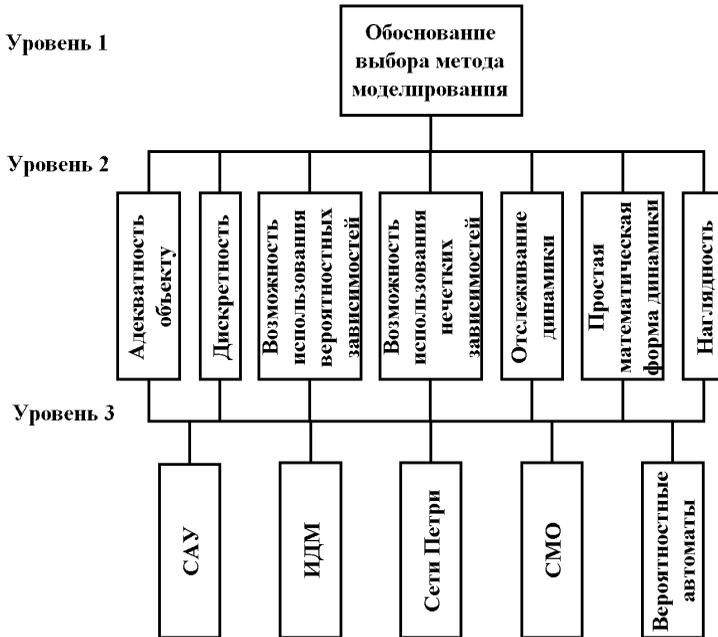


Рис. 1. Иерархия проблемы

Этап 3. Построить множество матриц парных сравнений для каждого из нижних уровней — по одной матрице для каждого элемента, примыкающего сверху уровня. Этот элемент называют зависимым (направляемым) по отношению к элементу, находящемуся на нижнем уровне, так как элемент нижнего уровня влияет на расположенный выше элемент (однако подчинен ему по цели). В полной простой иерархии любой элемент воздействует на каждый элемент примыкающего сверху уровня. Элементы любого уровня сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент. Таким образом, получаем квадратную матрицу суждений. На данном этапе для получения каждой матрицы требуется $n(n - 1)/2$ суждений (при каждом парном сравнении автоматически приписываются обратные величины).

Этап 4. Вычисляются компоненты собственного вектора как средние геометрические по строке. После нахождения, компоненты собственного вектора нормируются, что дает вектор приоритетов или весов объектов.

Этап 5. После проведения всех парных сравнений и получения

Таблица 1

Матрица парных сравнений для уровня 2 — сравнение характеристик

	АО	Д	ВЗ	НЗ	ОД	ПМФ	Н	Весы
АО	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
Д	5	1	1/3	1/3	3	1/5	1/6	1/8
ВЗ	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
НЗ	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
ОД	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
ПМФ	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
Н	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8
Весы	1	1/5	1/6	1/6	1/3	1/3	1/7	1/8

ОС=0,11

данных по собственному значению и собственному вектору можно определить согласованность. Для этого, используя отклонение максимального собственного числа от размерности матрицы, строим величину, называемую индексом согласованности. Затем сравниваем ее с соответствующим индексом, полученным для матрицы, построенной случайным образом, и получаем отношение согласованности. Отметим, что приемлемым является ОС не более 10%. Иначе необходимо произвести переоценку соответствующей матрицы.

Этап 6. Этапы 3, 4 и 5 проводятся для всех уровней и групп в иерархии. Результаты реализации этапов 3–6 представлены в таблицах 1–8.

Несмотря на то, что некоторые оценки согласованности не попадают в допустимые границы, мы считаем возможным оставить полученные оценки парных сравнений без изменений, что отражает систему предпочтения экспертов, в данном случае авторов статьи. Это также позволяет другим исследователям, имеющим отличные точки зрения, предложить свои варианты.

Этап 7. Проводится вычисление общего веса варианта решения путем последовательного взвешивания векторов весов нижележащего уровня (вариантов решений) компонентами вектора весов вышележащего уровня (характеристик). Результаты расчетов представлены в виде таблицы 9.

Заметим, что при проведении сравнения и построении матриц парных сравнений используется не более 7+2 элемента на каждом

Таблица 2

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения адекватности объекту

АО	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/7	1/3	1/7	1/6	0,04
ИДМ	7	1	3	1	5	0,36
СП	3	1/3	1	1/4	2	0,12
СМО	7	1	4	1	6	0,39
ВА	6	1/5	1/2	1/6	1	0,09

OC=0,04

Таблица 3

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения дискретности

Д	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/7	1/8	1/6	1/8	0,03
ИДМ	7	1	1/3	3	1/3	0,18
СП	8	3	1	4	1/2	0,34
СМО	6	1/3	1/4	1	2	0,16
ВА	8	3	2	1/2	1	0,29

OC=0,24

Таблица 4

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения возможности использования вероятностных зависимостей

ВЗ	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/5	1/5	1/8	1/7	0,03
ИДМ	5	1	1	1/3	1/4	0,12
СП	5	1	1	1/5	1/4	0,11
СМО	8	3	5	1	1/4	0,27
ВА	7	4	4	4	1	0,47

OC=0,12

Таблица 5

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения возможности использования нечетких зависимостей

НЗ	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/5	1/5	1/8	1/7	0,03
ИДМ	5	1	1	1/3	1/4	0,12
СП	5	1	1	1/5	1/4	0,11
СМО	8	3	5	1	1/4	0,27
ВА	7	4	4	4	1	0,47

ОС=0,12

Таблица 6

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения отслеживания динамики

ОД	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/3	4	1/3	4	0,18
ИДМ	3	1	3	1/2	3	0,27
СП	1/4	1/3	1	1/4	1	0,07
СМО	3	2	4	1	4	0,40
ВА	1/4	1/3	1	1/4	1	0,07

ОС=0,07

Таблица 7

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения простоты математической формы

ПФМ	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1/6	1/4	1/3	1/4	0,05
ИДМ	6	1	3	5	3	0,47
СП	4	1/3	1	2	1	0,19
СМО	3	1/5	1/2	1	1/2	0,11
ВА	4	1/3	1	2	1	0,19

ОС=0,02

Таблица 8

Матрица парных сравнений для уровня 3 — сравнение вариантов с точки зрения наглядности

Н	САУ	ИДМ	СП	СМО	ВА	Весы
САУ	1	1	7	3	4	0,36
ИДМ	1	1	7	3	4	0,36
СП	1/7	1/7	1	1/5	1/3	0,04
СМО	1/3	1/3	5	1	3	0,16
ВА	1/4	1/4	3	1/3	1	0,08

ОС=0,03

Таблица 9

Обоснование выбора метода моделирования: результирующая таблица

								Обобщенные
	0,02	0,05	0,08	0,10	0,16	0,23	0,36	весы
САУ	0,04	0,03	0,03	0,03	0,18	0,05	0,36	0,18
ИДМ	0,36	0,18	0,12	0,12	0,27	0,47	0,36	0,32
СП	0,12	0,34	0,11	0,11	0,07	0,19	0,04	0,11
СМО	0,39	0,16	0,27	0,27	0,40	0,11	0,16	0,21
ВА	0,09	0,29	0,47	0,47	0,07	0,19	0,08	0,18

уровне (число Мюллера). В этом случае погрешности в оценках являются приемлемыми.

Результат: на основании значения компонентов вектора обобщенных приоритетов, выбран вариант, имеющий максимальную величину — имитационно-динамическая модель (ИДМ).

Вывод: проведенный анализ с использованием МАИ показывает возможность объективизации выбора и принятия решения в такой сложной и концептуальной проблеме, как выбор методов моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 399 с.

2. **Саати Т., Кернс К.** Аналитическое планирование / Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 224 с.
3. **Советов Б. Я., Яковлев С. А.** Моделирование систем: Учебник для вузов по спец. АСУ. — М.: Высш. шк., 1985. — 271 с.
4. **Тайгина Е. А., Фарукшин Р. М.** Моделирование информационных процессов в лечебных учреждениях / Информационные и кибернетические системы управления и их элементы. — Уфа: УГАТУ, 1997.
5. **Технология системного моделирования** / Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др.; Под общ. ред. С. В. Емельянова и др. — М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. — 520 с.