

ТРАНСПОРТ

УДК 519.816

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-8-15

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ АТРИБУТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

Б.И. БАЧКАЛО¹, В.И. ЗОЛОТЫХ¹

¹Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Согласно официальной статистике, причины большинства авиационных происшествий, произошедших с воздушными судами государственной авиации, обусловлены проявлениями так называемого человеческого фактора авиационных специалистов, участвующих в производстве полетов, как правило, негативными проявлениями личностного фактора летного состава во время подготовки и выполнения полетного задания. При этом учет и оценка влияния человеческого фактора на защищенность авиационной системы в настоящее время проводится фрагментарно и системного характера не имеет. Это препятствует применению системного подхода к проблеме влияния человеческого фактора на безопасность полетов. В связи с этим возникает необходимость количественно оценивать влияние личностного фактора на безопасность предстоящего полета с целью снижения этого влияния. Решение этой задачи потребует определить набор наиболее существенных показателей безопасности предстоящего полета со стороны личностного фактора летчика и обоснованно установить величину каждого указанного показателя. Но показатели потенциальной угрозы безопасности предстоящего полета со стороны личностного фактора летчика относятся к числу причинно-обусловленных явлений, признаки которых не поддаются точной количественной оценке. Поэтому наибольшую трудность представляет определение весовой доли каждого показателя опасности со стороны личностного фактора летчика. Для решения этой задачи необходимо иметь механизм оценки, позволяющий оценить степень влияния явлений, признаки которых не поддаются точной количественной оценке, на объект их воздействия или влияния. Ввиду отсутствия известных авторам инструментов оценки, в полной мере удовлетворяющих заявленным требованиям и позволяющих решить поставленную задачу, авторами разработан новый метод, с помощью которого возможно количественно оценить влияние на предмет исследования связанных с ним явлений, не имеющих числовых выражений.

Ключевые слова: формализация, количественная оценка, экспертный метод, атрибутивный признак, матрица, ранжировка, субъективное шкалирование, парное сравнение.

ВВЕДЕНИЕ

Причинно-обусловленные явления, признаки которых не поддаются точной количественной оценке, называют атрибутивными признаками.

Атрибутивные (качественные, описательные) признаки не имеют числового выражения и представляют собой смысловые понятия. Например, профессия, форма собственности, отрасль народного хозяйства, пол (мужской, женский), вид продукции и т. д. [1–3].

Часто при выполнении научных исследований возникает потребность в количественной оценке влияния на определенный предмет исследования явлений, не имеющих точных численных выражений. Поэтому очевидна необходимость в разработке инструментария, позволяющего измерить, «оцифровать» влияние на предмет исследования атрибутивного признака как явления.

Целью настоящей статьи является доведение до научной общественности содержания разработанного авторами метода, с помощью которого возможно количественно учесть влияние на предмет исследования атрибутивных признаков. Назовем его методом формализации атрибутивных признаков.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для того чтобы методологически начать такое исследование, потребуется преднамеренно отвлечься от конкретных сфер жизнедеятельности и присущих им явлений.

Итак, МЕТОД, метода (греч. *methodos*) – способ теоретического исследования или практического осуществления чего-нибудь [4]. Иными словами, метод – это своеобразный кирпич, являющийся основой строительства всех наук. Это совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретных задач. В исследованиях высоко ценятся простейшие методы, потому что они позволяют получить новый научный результат очень простым путем. Чем проще метод, дающий новый научный результат, тем выше ценность работы [5].

Необходимо отметить, что метод формализации атрибутивных признаков разработан по некоторой аналогии с Методом Анализа Иерархий (МАИ) – математическим инструментом системного подхода к решению проблем принятия решений, разработанным американским ученым Томасом Л. Саати в 1970 году [6].

Начнем с того, что метод формализации атрибутивных признаков (МФАП) базируется на широком применении экспертных методов.

Экспертные методы – методы теории принятия решений, в которых для выполнения тех или иных неформализуемых операций используются знания, опыт, интуиция, изобретательность, интеллект экспертов, специалистов в нужной области [7–9].

В основе МФАП лежат следующие принципы:

- *принципы факторного анализа.* Главными целями факторного анализа являются: 1) сокращение числа переменных (редукция данных) и 2) определение структуры взаимосвязей между переменными, т. е. классификация переменных;
- *принцип иерархической композиции.* Используется для определения приоритетов в наборе определенных атрибутивных признаков в отношении предмета исследования;
- *принцип парных сравнений.* Заключается в том, что все элементы задачи (признаки) сравниваются попарно по отношению к воздействию на предмет исследования, т. е. определяется вес или интенсивность каждого элемента (признака).

Рассмотрим подробно поэтапное применение МФАП.

1. Определяется предмет исследования.
2. Формируется экспертная группа, в состав которой должны входить компетентные в отношении предмета исследования специалисты.
3. Определяется набор атрибутивных признаков, оказывающих влияние на предмет исследования. Для решения этой задачи применяется метод факторного анализа, если позволяют исходные данные. Если исходные данные не позволяют применить математический метод исследования, данная задача решается методом экспертных оценок. Здесь целесообразно применить метод опроса экспертов с последующей процедурой субъективного шкалирования полученных результатов [10].

4. Методом простой ранжировки устанавливается иерархическая последовательность определенных атрибутивных признаков в отношении к определенному предмету исследования, что необязательно, но в общем случае рационально. Метод простой ранжировки заключается в том, что каждого эксперта просят расположить признаки в порядке предпочтения. Затем выстраивается матрица, в которой по горизонтали расположены оцениваемые атрибутивные признаки, а по вертикали – эксперты, в соответствии с присвоенными порядковыми номерами. Численные номера, определенные каждым экспертом для каждого определяемого в иерархии атрибутивного признака, помещаются в матрицу и, после заполнения всех ячеек, кроме двух нижних строк и последнего столбца, определяется сумма полученных значений по каждой строке и каждому столбцу. Тот признак, который в сумме набрал наименьшее количество баллов, является наиболее значимым в выстроенной иерархии, а признак, получивший наибольшую сумму баллов, оказывает самое незначительное влияние на предмет исследования. Пример

матрицы для четырех атрибутивных признаков K , оцениваемых восьмью экспертами, показан в табл. 1. В данном случае признаки K распределились в следующей иерархической последовательности: 1. K_1 ; 2. K_2 ; 3. K_3 ; 4. K_4 .

Таблица 1
Table 1

Матрица, заполняемая экспертами при применении метода ранжировки атрибутивных признаков
The matrix, filled by experts while applying the method of ranking attributive signs

		K_1	K_2	K_3	K_4	Σ
1	Эксп. 1	1	2	3	4	10
2	Эксп. 2	1	3	2	4	10
3	Эксп. 3	2	1	3	4	10
4	Эксп. 4	1	2	4	3	10
5	Эксп. 5	1	2	4	3	10
6	Эксп. 6	2	1	4	3	10
7	Эксп. 7	1	2	3	4	10
8	Эксп. 8	1	3	2	4	10
9	Сумма	10	16	25	29	80
10	Квадрат суммы	100	256	625	841	1822

Для проверки согласованности мнений экспертов целесообразно рассчитать коэффициент конкордации рангов Кендалла, который рассчитывается по формуле (1)

$$W = \frac{12S}{(m^2(n^3 - n))}, \quad (1)$$

где m – число экспертов в группе,

n – число признаков,

S – сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего).

Рассчитаем сумму квадратов разностей рангов S :

$$S = 1822 - \frac{80^2}{4} = 222.$$

Теперь считаем сам коэффициент конкордации по формуле (1)

$$W = \frac{(12 \cdot 222)}{(64(64 - 4))} = 0,69375.$$

Коэффициент W может принимать значения в пределах от 0 до 1. При полной согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации равен единице, при полном разногласии – ну-

лю [1]. В нашем примере полученный коэффициент конкордации свидетельствует о высокой согласованности мнений экспертов.

Предполагается, что каждый признак имеет какую-то численную величину или весовую долю, определяющую степень влияния каждого из учитываемых признаков на выбранный объект.

1. Методом парных сравнений определяется относительная значимость или весовая доля каждого признака в установленной иерархии, иными словами, устанавливается степень влияния каждого признака на исследуемый предмет.

В парном сравнении не нужно, как при ранжировании, упорядочивать все объекты. Суть данного метода заключается в том, что каждому эксперту предлагается провести сравнение всех возможных пар признаков, при этом необходимо в каждой из пар выявить более значимый объект или установить их равенство [9]. Результаты сравнений каждый эксперт заносит в таблицу, пример которой показан в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Таблица, заполняемая экспертами при парном сравнении атрибутивных признаков
The table, filled by experts in the pair comparison of attributive signs

Атрибутивные признаки	K_1	K_2	K_3	K_4	Σ
K_1	1	2	1	2	6
K_2	0	1	2	2	5
K_{n-1}	1	0	1	2	4
K_n	0	0	0	1	1
Σ	2	3	4	7	16

В том случае, если признак K_1 более предпочтителен, чем признак K_2 , с точки зрения влияния на предмет исследования, в соответствующей графе ставится 2. Если, по мнению эксперта, объекты равноценны с точки зрения влияния на предмет исследования, в соответствующей графе ставится 1. В том случае, если объект K_1 менее предпочтителен, чем объект K_2 , с точки зрения влияния на предмет исследования, в соответствующей графе ставится 0. По соглашению сравнение всегда производится для объекта, стоящего в левом столбце, по отношению к объекту, стоящему в верхней строке. При сравнении признака с самим собой имеем равную значительность, так что на пересечении строки K_1 со столбцом K_1 в позиции (K_1, K_1) заносим 1. Поэтому главная диагональ матрицы должна состоять из единиц. После того как все ячейки будут заполнены, полученные баллы по каждому показателю суммируются по горизонтали и по вертикали.

Полученные по горизонтали каждым экспертом суммы баллов по каждому признаку заносятся в матрицу, в которой по горизонтали расположены оцениваемые атрибутивные признаки, а по вертикали – эксперты в соответствии с присвоенными порядковыми номерами. Пример матрицы для четырех атрибутивных признаков K , оцениваемых восьмью экспертами, показан в табл. 3. После того как все ячейки будут заполнены, полученные суммы баллов по каждому показателю суммируются и итоговая средняя сумма баллов по каждому показателю рассчитывается как среднее арифметическое сумм каждого эксперта.

Для проверки согласованности мнений экспертов целесообразно рассчитать коэффициент конкордации рангов Кендалла, который рассчитывается по формуле (1).

Численные величины, полученные в результате расчета среднего арифметического сумм значений по каждому оцениваемому признаку, являются весовыми долями каждого признака в установленной иерархии.

Таблица 3
Table 3

Матрица, применяемая для определения весовой доли определенных признаков К
The matrix used to determine the weight fraction of certain features K

	K_1	K_2	K_3	K_4	Σ
Эксп. 1	6	5	4	1	16
Эксп. 2	7	4	4	1	16
Эксп. 3	6	6	2	2	16
Эксп. 4	8	5	2	1	16
Эксп. 5	6	5	4	1	16
Эксп. 6	5	6	3	2	16
Эксп. 7	7	4	4	1	16
Эксп. 8	6	5	4	1	16
Σ	51	40	27	10	128
Среднее арифметич.	6,4	5	3,4	1,2	16

2. Полученные численные величины, определяющие весовые доли каждого атрибутивно-го признака, переводятся в проценты с таким расчетом, чтобы в сумме все обозначенные призна-ки давали 100 %. Полученные значения являются показателями уровня влияния на предмет ис-следования определенных атрибутивных признаков. Для примера, показанного в табл. 3, призна-ки K по степени влияния на предмет исследования распределились в следующем порядке:

$$K_1 = 40 \% ; K_2 = 31,25 \% ; K_3 = 21,25 \% ; K_4 = 7,5 \% .$$

Следует отметить, что результаты такой оценки влияния на предмет исследования атри-бутивных признаков будут носить, в большинстве случаев, адаптивный характер ввиду того, что основными методами получения результатов являются методы экспертных оценок. Иными словами, полученные результаты оценки могут уточняться в процессе их применения на прак-тике, фигурально выражаясь, «жизнь вносит свои коррективы».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, получен инструмент, позволяющий количественно оценить влияние на предмет исследования любых, связанных с ним, явлений. Основные этапы полученного метода формализации атрибутивных признаков показаны на рис. 1.



Рис. 1. Этапы метода формализации атрибутивных признаков
Fig. 1. The stages of the method of the attributive signs formalization

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение необходимо отметить, что в результате разработки метода формализации атрибутивных признаков авторами сделана попытка достичь кумулятивного эффекта от интегрального использования различных методов и подходов к решению проблемы численной оценки явлений, не имеющих точных числовых выражений.

Новизна и отличие полученного метода от метода анализа иерархий Т. Саати заключается в следующем:

в отличие от МАИ, который является инструментом системного подхода к сложным проблемам принятия решений, применение МФАП ориентировано в большей степени на научное исследование, но при этом может быть направлено на проведение анализа для принятия управленческого решения;

в отличие от МАИ, который не предписывает лицу, принимающему решение, какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с *его* (курсив наш. – Авт.) пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению, применение МФАП базируется исключительно на мнениях независимых компетентных экспертов с количественной оценкой суждений и обработкой их результатов. Обобщенное мнение группы экспертов принимается как решение проблемы;

в МФАП предусмотрена процедура определения набора признаков, оказывающих наибольшее влияние на предмет исследования;

МФАП более прост в употреблении.

Полученный метод является универсальным и может быть использован в любой сфере жизнедеятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кендалл М.Дж., Стюарт А.** Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Гл. ред. физико-математической лит. изд-ва «Наука», 1976. 736 с.
2. **Чернова Н.И.** Математическая статистика: учебное пособие. Новосибирск: НГУ, 2007. 148 с.
3. **Шуленин В.П.** Математическая статистика: учебник в 2-х частях. Ч. 1, 2. Томск: Изд-во НТЛ, 2012.
4. **Ушаков Д.Н.** Большой толковый словарь русского языка. Современная редакция. М.: Дом Славянской книги, 2011. 436 с.
5. **Слипченко В.И.** Методические рекомендации по разработке диссертаций по военным наукам. Монино: ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1996. 28 с.
6. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
7. **Орлов А.И.** Менеджмент: учебник. М.: Изумруд, 2003. 298 с.
8. **Шрейдер Ю.А.** Равенство, сходство, порядок. М.: Гл. ред. физико-математической лит. изд-ва «Наука», 1971. 254 с.
9. **Злобина Н.В.** Управленческое решение: учебное пособие. Тамбов: ТГТУ, 2007. 80 с.
10. **Психологическая энциклопедия / под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха.** 2-е изд. СПб.: Питер, 2006. 1096 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бачкало Борис Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры боевой подготовки Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-

воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), bachkalo@list.ru.

Золотых Валерий Иванович, кандидат военных наук, доцент кафедры безопасности полетов Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), zolotykh-valeri@yandex.ru.

METHOD OF ATTRIBUTIVE SIGNS FORMALIZATION

Boris I. Bachkalo¹, Valeri I. Zolotykh¹

¹*Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", Voronezh, Russia*

ABSTRACT

According to the official statistics, the reasons of the majority of air incidents which have happened to state aircraft are caused by displays of so-called human factor of the aviation specialists participating in flights operation, as a rule, by negative displays of personal factor of the flight crew during preparation and performance of the flight task. At the same time, the record of "human factor" effect on the security of the aviation system is fragmentary and doesn't have systematic basis nowadays. This is the factor which prevents the application of systematic approach to the problem of human factor impact on flight safety. In this regard, in order to reduce the impact of personal factor on the safety of the upcoming flight it is necessary to estimate it in terms of quantity. The solution of this task will require defining a number of the most essential personal safety indicators of the pilot, before the upcoming flight and determine the amount of each specific one. But the indicators of pilot's personal factor potential threat to the safety of the upcoming flight are among the causal phenomena, which signs are not amenable to accurate quantitative estimation. Therefore, the greatest difficulty is in determination of the weight fraction of each hazard indicator according to "personal factor" of the pilot. In order to find solution to this problem, it is necessary to have an evaluation mechanism which will allow to assess the degree of influence of the phenomena on the object of their impact, the signs, which cannot be accurately quantified. Due to the lack of assessment tools known to the authors, which fully meet the stated requirements and allow to solve the problem, the authors developed a new method which enables to quantify the impact of the related phenomena on the subject of the study that do not have numerical expressions.

Key words: formalization, quantitative assessment, expert method, attributive sign, matrix, ranking, subjective scaling, pairwise comparison.

REFERENCES

1. **Kendall, M.J. and Stewart, A.** (1976). *Mnogomernyy statisticheskiy analiz i vremennyye ryady* [Multivariate statistical analysis and time series]. Moscow: Gl. red. fiziko-matematicheskoy lit. izd-va «Nauka», 736 p. (in Russian)
2. **Chernova, N.I.** (2007). *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics]. *Uchebnoye posobiye* [A tutorial]. Novosibirsk: NGU, 148 p. (in Russian)
3. **Shulenin, V.P.** (2012). *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics]. *Uchebnik v 2-kh chastyakh. Ch. 1, 2* [A textbook 2 parts. Parts 1, 2]. Tomsk: Izd-vo NTL. (in Russian)
4. **Ushakov, D.N.** (2011). *Bolshoy tolkovyy slovar russkogo yazyka. Sovremennaya redaktsiya* [Unabridged Dictionary of the Russian language. Modern edition]. Moscow: Dom slavyanskoy knigi, 436 p. (in Russian)
5. **Slipchenko, V.I.** (1996). *Metodicheskiye rekomendatsii po razrabotke dissertatsiy po voennym naukam* [Guidelines for the development of dissertations in military sciences]. Monino: VVA after. Yu.A. Gagarin, 28 p. (in Russian)
6. **Saati, T.** (1993). *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Decision Making. Hierarchy analysis method]. Moscow: Radio i svyaz, 278 p. (in Russian)

7. **Orlov, A.I.** (2003). *Menedzhment* [Management]. *Uchebnik* [A tutorial]. Moscow: Izumrud, 298 p. (in Russian)
8. **Schrader, Yu.A.** (1971). *Ravenstvo, skhodstvo, poryadok* [Equality, similarity, order]. Moscow: Gl. red. fiziko-matematicheskoy lit. izd-va «Nauka», 254 p. (in Russian)
9. **Zlobina, N.V.** (2007). *Upravlencheskoye resheniye* [Management solution]. *Uchebnoye posobiye* [A tutorial]. Tambov: TGTU, 80 p. (in Russian)
10. *Psikhologicheskaya entsiklopediya* [Psychological encyclopedia]. (2006). Ed. R. Corsini, A. Auerbach. St. Petersburg: Piter, 1096 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boris I. Bachkalo, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Professor of the Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", bachkalo@list.ru.

Valeri I. Zolotikh, Honored Military Pilot of the Russian Federation, Candidate of Military Sciences, the Assistant Professor of the Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", zolotikh-valeri@yandex.ru.

Поступила в редакцию 13.01.2019
Принята в печать 21.03.2019

Received 13.01.2019
Accepted for publication 21.03.2019