

Локальная математическая модель подготовки данных для сравнения инновационных объектов

A local mathematical model of a preparing data for comparing innovative objects

doi 10.26310/2071-3010.2020.254.12.011



Е. А. Титенко,
*к. т. н., доцент, кафедра
информационных систем и
технологий*
johnntit@mail.ru

E. A. Titenko,
*candidate of technical sciences,
associate professor, department
of information systems
and technologies*



О. Г. Добросердов,
*д. т. н., старший научный
сотрудник, советник
при ректорате*

O. G. Dobroserdov,
*doctor of technical sciences,
senior researcher, advisor
to the rector administration*



Л. А. Лисицин,
*к. т. н., доцент, кафедра
информационных систем
и технологий*

L. A. Lisitsin,
*candidate of technical sciences,
associate professor, department
of information systems
and technologies*



В. В. Бредихин,
*д. э. н., профессор,
кафедра экспертизы
и управления недвижимостью,
горного дела*

V. V. Bredikhin,
*doctor of economic sciences,
professor, department of expertise
and real estate management, mining*

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация

Southwest state university, Kursk, Russian Federation

В работе рассматривается задача многокритериального сравнения инновационных объектов (альтернатив) в условиях субъективизма экспертных данных. За основу выбран метод анализа иерархий, основанный на экспертных оценках. Цель исследования – уменьшение несогласованности оценок экспертов при ранжировании инновационных объектов (альтернатив). Данный метод расширен математической моделью коррекции весов сравниваемых объектов. Математическая модель коррекции весов позволяет получить вектор поправочных коэффициентов. Вектор поправочных коэффициентов вводится на предпоследнем шаге в метод анализа иерархий в сводную таблицу, что позволяет ранжировать объекты и осуществлять выбор при наличии множества частично согласующихся показателей объектов.

The article considers the task of multi-criteria comparison of innovative objects (alternatives) in the conditions of subjectivity of expert data. The method of hierarchy analysis is chosen as the basis. The purpose of the study is to reduce the inconsistency of expert estimates when ranking innovative objects (alternatives). This method is expanded by the mathematical correction model. The mathematical model of the correction of weights allows us to obtain a vector of correction factors. At the penultimate step, the vector of correction coefficients is introduced into the hierarchy analysis method in the pivot table, which allows you to rank objects and make selections in the presence of many partially consistent estimates of objects.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, индивидуальные показатели, модель коррекции, поправочные коэффициенты.

Keywords: hierarchy analysis method, individual indicators, correction model, correction factors.

Актуальность работы

Задачи анализа и многокритериального выбора альтернатив для инновационных, технически и организационно сложных объектов представляют достаточно перспективное направление теории принятия решений [1, 2]. Типовые примеры таких задач:

- сравнение сложных технических комплексов;
- оценка технологий/методик производства наукоемкой продукции;
- выбор типа подвижного робота, типа программного обеспечения, класса информационных систем;
- ранжирование инновационных проектов, результатов маркетинговых исследований;
- оценки рисков выхода высокотехнологичной продукции на рынок и др.

В работе рассматриваются задачи, в которых анализ и выбор лучшей альтернативы ведется на границе между объективной или субъективной оценками, точной или нечеткой информацией об объектах сравнения (альтернативах) [3, 4]. Особенно часто ранжирование и выбор альтернатив в таких условиях осуществляется для инновационных объектов, объектов двойного назначения при коммерциализации продукции, составлении прогнозов и выбора экономических индикаторов оценки [5-7]. Эти сравниваемые объекты, как правило, не имеют установленных стандартов, четко заданной целевой функции, сложившихся общих показателей оценки, что приводит к высокой индивидуализации показателей и возможному некорректному принятию решения. Примерами таких объектов являются материалы с метеорологическими меняющимися свойствами [8], подвижные робототехнические комплексы [9], многофункциональные вычислительные и коммуникационные ИТ-устройства [10], технология «умный дом» [11], блюда молекулярной кухни [12], «умная дышащая» одежда [13] и другая инновационная продукция.

По мнению профильных специалистов отличительная особенность такой продукции заключается в несовместимости индивидуальных характеристик и многокритериальном характере целевой функции. Квалиметрические модели и методы оценки инновационных объектов в виде диаграмм также ограничены в применении в силу переменного характера наборов общих и индивидуальных переменных. Таким образом, можно утверждать, что математические модели и методы, основанные на сравнимых показателях и имеющие интегральные решающие функции, не позволяют учесть взаимные влияния и важность индивидуальных показателей инновационных объектов. В этих условиях целесообразно применение и обработка экспертных оценок по альтернативам.

Как известно, метод анализа иерархий (МАИ) – признанный аппарат иерархического описания и решения многокритериальных задач выбора лучшей альтернативы в условиях неоднозначности данных. [3]. Алгоритмически данный метод состоит из последовательности этапов:

- построение иерархии предметной области и формирование критериев оценки альтернатив;

- формирование матрицы парных сравнений критериев, по которым далее будут вычислены веса критериев;
- формирование матриц парных сравнений альтернатив по каждому критерию и вычисление весов альтернатив, соответствующих определенному критерию;
- составление сводной таблицы весов альтернатив по всем критериям
- вычисление итоговых весов альтернатив и выбор лучшей альтернативы.

Применительно к инновационной продукции этап составления сводной таблицы весов объединяет экспертные оценки в виде векторов приоритетов альтернатив от всех критериев. Эта информация не содержит количественных оценок альтернатив (инновационных объектов) по их структурно-функциональным, эксплуатационным показателям, так как эксперт рассматривает альтернативы как элементарные неделимые объекты. Эксперт способен лишь условно всесторонне оценить структуру, характеристики и функциональные возможности альтернатив и выполнить над ними парные сравнения. Парное сравнение как элементарный акт мыслительной деятельности, выражающийся в формировании одиночной оценки относительного превосходства, не всегда ведет к обоснованной оценке, особенно для инновационной продукции [14, 15].

В работе предлагается подход, основанный на получении дополнительной информации и расширении МАИ на этапе составления сводной таблицы весов. Сущность модификации заключается во введении в сводную таблицу дополнительного вектора поправочных коэффициентов, которые формализуют индивидуальные особенности альтернатив. Для этого предлагается разработать математическую модель согласования общих и индивидуальных показателей альтернатив, расширить сводную таблицу и вычислить итоговые веса альтернатив.

Постановка задачи

С системной точки зрения наземный подвижный робот (Robot System) декомпозируется на пять систем, задающие структуру и функциональные процессы в подвижном роботе. В нем выделяются транспортная (Т), управляющая (С) навигационная (N), энергетическая (E) и коммуникационная (L) системы. Эти 5 систем описываются множествами общих (G_Var) и индивидуальных (P_Var) показателей (тегов – Tag) (рис. 1).

Теоретико-множественное описание Robot System имеет вид

$$\text{Robot System} = \{T, C, N, E, L, f\},$$

где f – функция объединения общих и индивидуальных показателей систем T, C, N, E, L в единый объект.

Для общих показателей справедливо:

$$G_Var_i \in T | L | C | E | N, (i=1...5),$$

$$\forall (i) | (G_Var_i \neq 0), i=1...5,$$

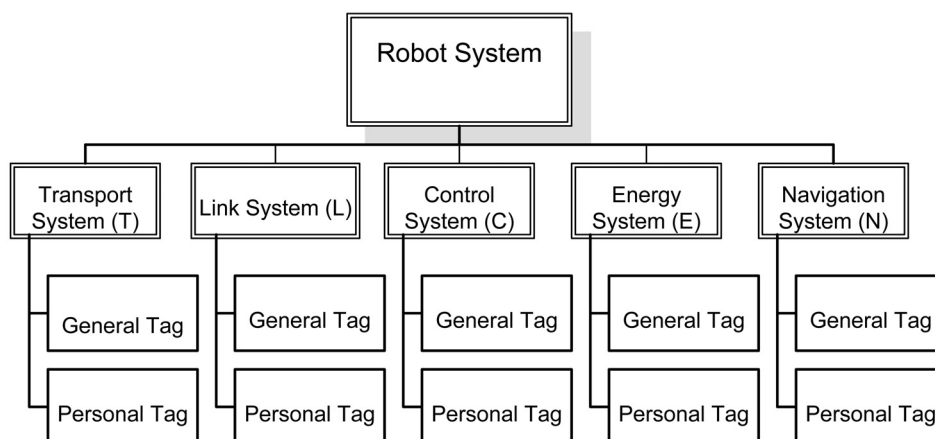


Рис. 1. Структурная организация объекта Robot System

$$G_Var = G_Var_k,$$

$$k = \max(|G_Var_1|, |G_Var_2|, \dots, |G_Var_5|) = s,$$

где $|S|$ – количество показателей S .

Для индивидуальных показателей справедливо:

$$P_Var_1 \subset T, P_Var_2 \subset C, P_Var_3 \subset L,$$

$$P_Var_4 \subset E, P_Var_5 \subset N,$$

$$\exists (i) | (P_Var_i = 0), i = 1 \dots 5,$$

$$P_Var = P_Var_1 \circ P_Var_2 \circ \dots \circ P_Var_5,$$

где \circ – конкатенация элементов, d – среднее количество индивидуальных показателей на систему.

Требуется на основе матрицы весов общих и индивидуальных показателей для m сравниваемых объектов (альтернатив) получить вектор поправочных коэффициентов (Vector Corrected Code – VCC), позволяющий скорректировать сводную матрицу весов объектов и выполнить ранжирование инновационных объектов (Robot System).

Целевая функция решаемой задачи имеет вид:

$$\varphi(\{G_Var\}_m^1, \{P_Var\}_m^1) \rightarrow VCC.$$

Математическая модель коррекции весов показателей инновационных объектов

Исходные данные для модели коррекции весов представлены массивами общих и индивидуальных показателей $S = \{s_{ij}\}, i = 1-m, j = 1-q$ и $P = \{p_{ij}\}, i = 1-m, j = 1-q$, соответственно.

В работе принимается равноправный вклад общих и индивидуальных показателей всех систем в оценку инновационного объекта. Тогда подмножество количества общих показателей s_i^* , принадлежащих i -му объекту ($i = 1-m$), соотносится с количеством s , а подмножество количества индивидуальных показателей p_i^* , принадлежащих i -му объекту ($i = 1-m$), соотносится со средним количеством индивидуальных показателей на систему d .

Новизна учета вклада индивидуальных показателей связана с тем, что в работе предлагается дополнительно соотносить подмножество количества индивидуальных показателей для отдельной системы по m объектам к предельно возможному количеству индивидуальных показателей по m объектам ($m \cdot d$). Эта особенность позволяет учитывать разброс количества индивидуальных показателей по сравниваемым объектам независимо от оценок эксперта (матрица парных сравнений) совместно с учетом локальной оценки индивидуального показателя.

На основе исходных данных значения локальных весов общих и индивидуальных показателей по j -й системе ($j = 1-q$) определяются как

$$\forall j | (vs_{ij}) = \frac{|s_{ij}^*|}{|s|}, j = 1-q, \quad (1)$$

$$\forall j | (vp_{ij}) = \frac{|p_{ij}^*|}{|d|} \sum_{i=1}^m \frac{|p_{ij}^*|}{md}, j = 1-q, \quad (2)$$

На основе выражений (1) и (2) формируется матрица весов (табл. 1) для m сравниваемых объектов.

Для учета влияния индивидуальных показателей систем на итоговый вес инновационного объекта создана локальная модель коррекции весов общих показателей. В модели вес vs_{ij} каждого общего показателя системы уточняется на основе соответствующего веса индивидуального показателя vp_{ij} . Полученная матрица скорректированных весов общих показателей $VS' = \{vs'_{ij}\}$ является основой для создания вектора поправочных коэффициентов – VCC.

Локальная математическая модель коррекции весов основана на изменении локального веса общего показателя соответствующим локальным весом индивидуального показателя в рамках одной системы. Она имеет вид

$$vs'_j = vs^*_j (1 + vp^*_j), \quad (3)$$

где vp^*_j – исходный вес общего показателя; vs^*_j – исходный вес общего показателя; vs'_j – выходной (скорректированный) вес общего показателя; j – количество систем ($j = 1-q$).

Таблица 1

Матрица весов показателей по q -системам

Объекты	1		2		...	q	
	s	p_1	s	p_2		s	p_m
O1	vs_{11}	vp_{11}	vs_{12}	vp_{12}	...	vs_{1q}	vp_{1q}
O2	vs_{21}	vp_{21}	vs_{22}	vp_{22}	...	vs_{2q}	vp_{2q}
O3	vs_{31}	vp_{31}	vs_{32}	vp_{32}	...	vs_{3q}	vp_{3q}
...					...		
O_m	vs_{m1}	vp_{m1}	vs_{m2}	vp_{m2}	...	vs_{mq}	vp_{mq}

Формирование вектора поправочных коэффициентов

На основе математической модели формируется таблица скорректированных весов общих показателей (табл. 2), в которой каждая строка содержит описание анализируемого объекта в виде q -разрядного вектора $O_i = (vs'_{i1}, vs'_{i2}, \dots, vs'_{iq})$, $i=1-m$ [16].

Последующие действия по выбору лучшего объекта связаны с выделением дополнительной информации из табл. 2 и формированием вектора поправочных коэффициентов. В работе вектор поправочных коэффициентов вычисляется как функция среднего геометрического (MGM) (правый столбец табл. 2). Выбор такого среднего определен тем, данная функция среднего имеет наилучшее приближение к среднему между минимальным и максимальным значениями ряда данных.

Для повышения обоснованности принимаемых решений полученный вектор поправочных коэффициентов VCC вводится в МАИ на этапе составления сводной таблицы.

Для этого на основе весов критериев $(w_1, w_2, \dots, w_q)^T$, весов сравниваемых объектов O_i ($i=1-m$) по каждому критерию K_j ($j=1-q$) и вектора поправочных коэффициентов VCC составляется сводная таблица (табл. 3).

Новизна предлагаемого подхода связана с тем, что в сводной таблице веса сравниваемых объектов по критериям K_1-K_q вычисляются как произведение не двух, а трех множителей, что позволяет осуществить выбор лучшего объекта с учетом индивидуальных особенностей каждого из объекта.

Таблица 2

Матрица скорректированных весов общих показателей

Объекты	1		2		...	q		VCC _{MGM}
	s	p_1	s	p_2		s	p_m	
O1	vs'_{11}		vs'_{12}		...	vs'_{1q}		mgm_1
O2	vs'_{21}		vs'_{22}		...	vs'_{2q}		mgm_2
O3	vs'_{31}		vs'_{32}		...	vs'_{3q}		mgm_3
...				
O_m	vs'_{m1}		vs'_{m2}		...	vs'_{mq}		mgm_m

Апробация математической модели при ранжировании инновационных объектов методом анализа иерархий

Апробация модели будет выполнена на основе двух методов: стандартного МАИ и модифицированного МАИ, расширенного вектором поправочных коэффициентов.

В качестве системных критериев оценки подвижных наземных роботов в работе приняты следующие 5 критериев, оценивающих функционально-эксплуатационные и экономические характеристики данных роботов:

- K1 – надежность;
- K2 – ремонтпригодность;
- K3 – комплектация;
- K4 – стоимость;
- K5 – ходовые качества.

Пусть рассматриваются три модели подвижных роботов (O1, O2, O3), предназначенных для транспортировки грузов. Для данных трех моделей экспертом заданы:

- матрица парных сравнений по 5 критериям (табл. 4);
- матрицы парных сравнений моделей подвижных роботов по каждому критерию (табл. 5-9).

Также для m моделей подвижных роботов (инновационных объектов) ($m=3$) заданы следующие структурно-функциональные характеристики:

- q – количество систем, выделяемых в составе робота ($q=5$);
- s – количество общих показателей ($s=6$);

Модифицированная сводная таблица расчета весов объектов

Таблица 3

№	Критерии				Итоговый вес объекта
	K1	K2	...	K _q	
O1	$mgm_1 \times w_1 \times o^{**}_{11}$	$mgm_1 \times w_2 \times o^{**}_{12}$	...	$mgm_1 \times w_q \times o^{**}_{1q}$	$(\sum mgm_1 \times w_k \times o^{**}_{1k})$
O2	$mgm_2 \times w_1 \times o^{**}_{21}$	$mgm_2 \times w_2 \times o^{**}_{22}$	...	$mgm_2 \times w_q \times o^{**}_{2q}$	$(\sum mgm_2 \times w_k \times o^{**}_{2k})$
O3	$mgm_3 \times w_1 \times o^{**}_{31}$	$mgm_3 \times w_3 \times o^{**}_{32}$	...	$mgm_3 \times w_q \times o^{**}_{3q}$	$(\sum mgm_3 \times w_k \times o^{**}_{3k})$
...
O_m	$mgm_m \times w_1 \times o^{**}_{m1}$	$mgm_m \times w_2 \times o^{**}_{m2}$	...	$mgm_m \times w_q \times o^{**}_{mq}$	$(\sum mgm_m \times w_k \times o^{**}_{mk})$

Таблица 4
Матрица парных сравнений критериев

Критерии	K1	K2	K3	K4	K5	Вектор весов критериев w
K1	1	2	3	5	6	0,44
K2	0,50	1	2	3	4	0,26
K3	0,33	0,5	1	2	3	0,16
K4	0,2	0,33	0,5	1	2	0,09
K5	0,16	0,25	0,33	0,5	1	0,06

Таблица 5
Матрица парных сравнений РТК по критерию K1

K1 (надежность)	O1	O2	O3	Вектор весов w	Нормализованный вектор весов по K1
O1	1	7	5	3,27	0,74
O2	0,14	1	3	0,75	0,17
O3	0,2	0,33	1	0,40	0,09
Сумма				4,43	1,00

Таблица 6
Матрица парных сравнений РТК по критерию K2

K2 (ремонтно-пригодность)	O1	O2	O3	Вектор весов w	Нормализованный вектор весов по K2
O1	1	9	3	3	0,72
O2	0,11	1	3	0,69	0,17
O3	0,33	0,33	1	0,48	0,11
Сумма				4,17	1,00

Таблица 7
Матрица парных сравнений РТК по критерию K3

K3 (комплектация)	O1	O2	O3	Вектор весов w	Нормализованный вектор весов K3
O1	1	3	5	2,46	0,64
O2	0,33	1	3	0,99	0,26
O3	0,2	0,33	1	0,40	0,10
Сумма				3,87	1

- p – количество индивидуальных показателей ($p=12$);
- d – среднее количество индивидуальных показателей на систему ($d=3$).

Эти значения задают некоторую область разнообразия индивидуальных показателей и соотношений между ними. Эта область разнообразия определяется предметом исследования и, в общем случае, будет локальной для каждого класса сравниваемых инновационных объектов, объектов двойного назначения.

Оценка сравниваемых роботов на основе стандартного МАИ

Пусть для данных объектов (модели подвижных роботов) матрица парных сравнений критериев A (5×5) имеет вид (табл. 10).

Вектор весов критериев

$$w_{cp} = (w_{cp1}, w_{cp2}, \dots, w_{cpm})^T$$

рассчитывается как средне-геометрическое (MGM) элементов матрицы $A = \{a_{ij}\}$, нормализованное по сумме весов m сравниваемых объектов ($j=1-q, i=1-m$).

$$w_i = \left(\prod_{j=1}^5 a_{ij} \right)^{1/5}, \quad (4)$$

$$w_{cpi} = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^m w_j}. \quad (5)$$

Таблица 8
Матрица парных сравнений РТК по критерию K4

K4 (стоймость)	O1	O2	O3	Вектор весов w	Нормализованный вектор весов K4
O1	1	0,2	0,14	0,31	0,07
O2	5	1	0,33	1,18	0,28
O3	7	3	1	2,76	0,65
Сумма				4,25	1,00

Выполнена проверка на согласованность исходных данных в матрице A . Полученное отношение согласованности ($OC=0,098$) удовлетворяет пороговому условию Т. Саати $OC < 0,1$. Удовлетворение данному критерию позволяет исходную матрицу парных сравнений критериев A считать согласованной и использовать в дальнейших расчетах.

На основе данных матриц сформирована сводная таблица парных сравнений (табл. 10) и на ее основе вычислены веса моделей подвижных роботов как произведение двух множителей – «вес критерия \times вес объекта». Исходя из установленных весов критериев и их важности ($K1 \rightarrow K2 \rightarrow K3 \rightarrow K4 \rightarrow K5$), а также весов сравниваемых объектов по каждому критерию, получены итоговые веса, позволяющие ранжировать модели роботов и осуществить выбор лучшей альтернативы без учета индивидуальных показателей моделей (табл. 11). Таким образом, рассчитанная по стандартному МАИ ранжированная последовательность моделей подвижных роботов имеет вид $O1 \rightarrow O2 \rightarrow O3$.

Оценка моделей подвижных роботов на основе МАИ, расширенного вектором поправочных коэффициентов

Пусть для моделей подвижных роботов $O1, O2, O3$ заданы значения общих и индивидуальных показателей (s, p), которые не учитывались в стандартном МАИ. Они представлены в табл. 12. Согласно табл. 12 из 37 индивидуальных показателей (100%) 21 ин-

Таблица 9
Матрица парных сравнений РТК по критерию K5

K5 (ходовые качества)	O1	O2	O3	Вектор весов w	Нормализованный вектор весов K5
O1	1	5	7	3,27	0,74
O2	0,2	1	3	0,74	0,17
O3	0,143	0,333	1	0,41	0,09
Сумма				4,42	1,00

Таблица 10

Сводные данные весов критериев и объектов сравнения

Сравниваемые объекты	Критерии				
	K1	K2	K3	K4	K5
	0,44	0,26	0,16	0,09	0,06
O1	0,74	0,72	0,64	0,07	0,74
O2	0,17	0,17	0,26	0,28	0,17
O3	0,09	0,11	0,10	0,65	0,09

Итоговые веса РТК

Таблица 11

Сравниваемые объекты	Критерии					Итоговый вес
	K1	K2	K3	K4	K5	
	0,32	0,18	0,10	0,01	0,04		0,66
O1	0,32	0,18	0,10	0,01	0,04	0,66
O2	0,07	0,04	0,04	0,03	0,01	0,19
O3	0,04	0,03	0,02	0,06	0,005	0,15

Таблица 12

Матрица показателей систем для сравниваемых объектов

	Система Т		Система С		Система L		Система Е		Система N		Всего по объекту
	s	p1	s	p2	s	p3	s	p4	s	p5	
O1	4	1	3	1	6	2	5	2	4	1	7
O2	4	2	4	2	3	2	6	1	4	2	9
O3	5	5	5	3	4	5	4	4	5	4	21
Всего по системе		8		6		9		7		7	37

Таблица 13

Матрица весов показателей для сравниваемых объектов

Объекты	Веса системы Т		Веса системы С		Веса системы L		Веса системы Е		Веса системы N	
	s	p1	s	p2	s	p3	s	p4	s	p5
O1	0,667	0,107	0,500	0,08	1,000	0,240	0,833	0,187	0,667	0,093
O2	0,667	0,213	0,667	0,16	0,500	0,240	1,000	0,093	0,667	0,187
O3	0,883	0,533	0,883	0,240	0,667	0,600	0,667	0,373	0,833	0,373

Таблица 14

Матрица скорректированных весов общих показателей для сравниваемых объектов

Объекты	Веса системы Т		Веса системы С		Веса системы L		Веса системы Е		Веса системы N	
	s	p1	s	p2	s	p3	s	p4	s	p5
O1	0,738		0,540		1,240		0,989		0,729	
O2	0,809		0,773		0,620		1,093		0,791	
O3	1,278		1,033		1,067		0,916		1,144	

дивидуальный показатель (57%) описывает модель подвижного робота O3, что определяет данный объект как высоко инновационный среди сравниваемых объектов.

Расчет весов общих и индивидуальных показателей для O1, O2, O3 в соответствии с (1) и (2) приведен в табл. 13.

Расчет скорректированных весов на основе локальной модели коррекции по (3) приведен в табл. 14.

Расчет вектора поправочных коэффициентов VCC выполнен по (4), (5) на основе скорректированных весов общих показателей из табл. 19 и приведен в табл. 15.

В соответствии с табл. 3 построена сводная табл. 16 и на ее основе вычислены веса моделей подвижных роботов как произведение трех множителей — «вес критерия × вес объекта × поправочный коэффициент».

Таким образом, согласно модифицированному МАИ получена измененная последовательность приоритетов объектов вида «O1→O3→O2». Примененный модифицированный метод анализа иерархий учитывает как парные оценки экспертов, так структурно-функциональное описание объектов в виде общих и индивидуальных показателей. Эта особенность по-

зволяет выполнить более точное ранжирование объектов и уменьшить субъективное влияние экспертов на выбор альтернатив.

Обсуждение результатов и рекомендации

Для повышения объективности принимаемых решений в состав метода анализа иерархий введена математическая модель коррекции весов показателей. Эта модель коррекции позволяет объединить общие и индивидуальные показатели инновационных объектов, недоступные эксперту при парных сравнениях. Метод анализа иерархий на этапе составления сводной таблицы весов расширяется путем введения вектора поправочных коэффициентов, который формализует индивидуальные особенности альтернатив.

Таблица 15

Вектор поправочных коэффициентов для объектов

Объекты	Вектор поправочных коэффициентов VCC
O1	0,813
O2	0,804
O3	1,081

Сводная матрица расчета весов объектов с учетом VCC

Сравниваемые объекты	K1	K2	K3	K4	K5	VCC	Итоговые веса
	0,44	0,26	0,16	0,09	0,06		
O1	0,74	0,72	0,64	0,07	0,74	0,813	0,55
O2	0,17	0,17	0,26	0,28	0,17	0,804	0,15
O3	0,09	0,11	0,10	0,65	0,09	1,081	0,16

Рассмотрен вариант инновационных объектов (на примере моделей подвижных роботов), декомпозируемых на пять систем и описываемых через общие и индивидуальные показатели с соотношением 1:2. Данная пропорция является практически значимой для большинства технических, экономических инновационных объектов, что позволяет считать рекомендации на основе созданного модифицированного метода анализа иерархий способами общезначимыми для задач многокритериального принятия решений с частично согласующимися показателями для сравниваемых альтернатив.

Заключение

В работе получено развитие метода анализа иерархий для сравнения инновационных объектов,

имеющих частично согласующиеся показатели, что не позволяет использовать аналитические методы оптимизации при поиске лучшего решения. Сравнение инновационных объектов осуществляется на структурно-функциональной декомпозиции и описании составных частей объектов через общие индивидуальные показатели. Построенная локальная математическая модель объединения общих и индивидуальных показателей учитывает разброс количества индивидуальных показателей по сравниваемым объектам независимо от оценок эксперта совместно с учетом локальной оценки индивидуального показателя, что определяет оригинальность математической модели и возможность обработки общих и индивидуальных показателей при любых соотношениях показателей.

Список использованных источников

1. Ю. А. Зак. Принятие многокритериальных решений. М.: Экономика. 2005. 235 с.
2. Х. А. Таха. Введение в исследование операций/Пер с англ. 6-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 912 с.
3. Т. Л. Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
4. Е. С. Вентцель. Исследование операций. М.: Высшая школа, 2001.
5. Е. В. Попова. Как пройти через долину смерти или зачем нужна коммерциализация технологий//Инновации. 2008. № 8. С. 12-14.
6. Д. Чителадзе. Классификация и оценка транзакционных издержек для технологического бизнеса//Инновации. 2014. № 12 (194). С. 93-98.
7. J. Dang, K. Motohashi. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality//China Economic Review. 2015. Vol. 35. P. 137-155.
8. MinYoung Suh, Katherine E. Carroll, Nancy L. Cassill Critical Review on Smart Clothing Product Development//Journal of Textile and Apparel Technology and Management. Vol. 6. Issue 4. Fall 2010.
9. В. Х. Пшихопов, М. Ю. Медведев. Оценивание и управление в сложных динамических системах. М.: Физматлит, 2009. 294 с.
10. Д. А. Малых, Ю. С. Кириллова. Система управления устройствами «умного дома» с использованием голосовых команд//Молодой ученый. 2017. № 19 (153). С. 60-64.
11. Е. О. Похомчикова. Интеллектуальная система «умный дом» как направление внедрения информационных технологий в сфере обслуживания//Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. 2016. № 16. С. 8-15.
12. О. Бородина. Молекулярная кулинария – высокие технологии на кухне//Товаровед продовольственных товаров. 2009. № 5. С. 88-90.
13. Н. С. Пугачев. Открытые инновации//Молодой ученый. 2013. № 6 (53). С. 403-407.
14. В. В. Подиновский, О. В. Подиновская. О некорректности метода анализа иерархий//Проблемы управления. 2011. № 1. С. 8-13.
15. В. Б. Коробов. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов»//Социология. М. 5. № 20. 2005. С. 54-73.
16. В. Л. Бурковский, Б. А. Шиянов, А. В. Гривачев, А. С. Сизов, Е. А. Титенко. Комбинированный метод анализа и выбора сложных технических или социально-экономических объектов//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Т. 14. № 2. С. 15-20.

References

1. Yu. A. Zak. Prinyatie mnogokriterial'nyh reshenij. M.: Ekonomika. 2005. 235 s.
2. H. Taha. Vvedenie v issledovanie operacij. M.: Vil'yams, 2005. 912 s.
3. T. L. Saati. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svyaz'. 1993. 320 s.
4. E. S. Ventcel'. Issledovanie operacij. M.: Vyssh. shk., 2001.
5. E. V. Popova. Kak projti cherez dolinu smerti ili zachem nuzhna kommercializaciya tekhnologij//Innovacii. 2008. № 8. S. 12-14.
6. D. Citeladze. Klassifikaciya i ocenka tranzakcionnyh izderzhkek dlya tekhnologicheskogo biznesa//Innovacii. 2014. № 12 (194). S. 93-98.
7. J. Dang, K. Motohashi. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality//China Economic Review. 2015. Vol. 35. P. 137-155.
8. MinYoung Suh, Katherine E. Carroll, Nancy L. Cassill Critical Review on Smart Clothing Product Development//Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. Vol. 6. Issue 4. Fall 2010.
9. V. H. Pshihopov, M. Yu. Medvedev. Ocenivanie i upravlenie v slozhnyh dinamicheskikh sistemah. M.: Fizmatlit. 2009. 294 s.
10. D. A. Malyh, Yu. S. Kirillova. Sistema upravleniya ustrojstvami «umnogo doma» s ispol'zovaniem golosovyh komand//Molodoj uchenyj. 2017. № 19 (153). S. 60-64.

11. E. O. Ponomchikova. Intellektual'naya sistema «umnyj dom» kak napravlenie vnedreniya informacionnyh tekhnologij v sfere obsluzhivaniya// Informacionnye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya slozhnyh sistem. 2016. № 16. S. 8-15.
12. O. Borodina. Molekulyarnaya kulinariya – vysokie tekhnologii na kuhne//Tovaroved prodovol'stvennyh tovarov. 2009. № 5. S. 88-90.
13. N. S. Pugachev. Otkrytye innovacii//Molodoj uchenyj. 2013. № 6 (53). S. 403-407.
14. V. V. Podinovskij, O. V. Podinovskaya. O nekorrektnosti metoda analiza ierarhij//Problemy upravleniya. 2011. № 1. S. 8-13.
15. V. B. Korobov. Sravnitel'nyj analiz metodov opredeleniya vesovyh koefficientov «vliyayushchih faktorov»//Sociologiya. M. 5. № 20. 2005. S. 54-73.
16. V. L. Burkovskij, B. A. Shiyonov, A. V. Grivachev, A. S. Sizov, E. A. Titenko. Kombinirovannyj metod analiza i vybora slozhnyh tekhnicheskikh ili social'no-ekonomicheskikh ob'ektov//Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2018. T. 14. № 2. S. 15-20.

Ученые разработали первую в России открытую платформу для создания нейроинтерфейсов

Инженеры лаборатории «Промышленные системы потоковой обработки данных» Центра НТИ СПбПУ разработали открытую платформу для создания нейротренажеров и нейроинтерфейсов. Схема платформы, исходный код и документация для разработчика будут размещены в свободном доступе. Открытое программное и аппаратное обеспечение позволит пользователям детально разобраться в работе устройства и создать новое на основе данного конструктора, используя уже отлаженные программные и аппаратные модули. Это первая в России подобная платформа с открытым кодом и свободной аппаратной частью.

Платформа включает в себя нейрогарнитуру, которая замеряет сигналы активности головного мозга. Мобильное приложение на основе полученных данных формирует управляющие команды, которые устройство выполняет. Нейрогарнитура анализирует положение головы в пространстве, угол наклона и поворота головы. Так, для демонстрации инженеры СПбПУ использовали робота с клешней: положение головы было привязано к движению робота, а уровень альфа-активности – к манипулятору типа «клешня», который захватывает и удерживает предметы в зависимости от уровня концентрации человека.

Снятие, предварительная обработка и анализ сигналов производится на аппаратной части нейрогарнитуры, а управление устройством осуществляется путем беспроводной передачи по Bluetooth с использованием BLE (Bluetooth Low Energy) модуля. Это низкопотребляющее Bluetooth-решение, которое часто применяется в фитнес-трекерах и умных часах. Инженеры Политеха заложили в нейрогарнитуру чип последнего поколения, в результате время автономной работы устройства от одного заряда встроенного аккумулятора превысило заявленные в техзадании 4 часа и составляет 1 день.

Изначально устройство предназначено для решения инженерно-образовательных задач. Чтобы школьники и студенты научились использовать этот инструмент, а впоследствии модифицировать под свои проекты. Изменением программной части без переработки схемы и конструкции можно превратить устройство в модуль контроля требуемых психофизических состояний человека. «К примеру, есть интерес со стороны организаций, работающих с людьми с ограниченными возможностями. Нейрогарнитура позволяет управлять техническими средствами передвижения с помощью сигналов головного мозга. Кроме этого, HR-службы компаний с помощью нейроинтерфейса могут анализировать эффективность команды и отдельных сотрудников в рамках поставленных задач», – комментирует заведующая лабораторией «Промышленные системы потоковой обработки данных» Мария Болсуновская.

Заказчик разработки компания «Линукс-Формат» планирует запустить производство во втором квартале 2020 года и в настоящий момент ведет сбор заявок на предзаказ. Первым заказчиком нейроконструктора станет международная сеть школ робототехники «РОББО Клуб», в которую входит 120 кружков в России и за границей. Платформа будет использоваться для обучения детей разработке систем управления роботами с помощью сигналов мозга.

Проект реализован при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям. Впервые демонстрационный образец платформы был представлен в декабре 2019 года на выставке в рамках форума «Глобальное технологическое лидерство» в Сочи, где его оценил Дмитрий Песков, спецпредставитель президента РФ по вопросам цифрового и технологического развития.