

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ТЯГА ПОЕЗДОВ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

УДК 629.45.46: 004 + 06

Ю. П. Булавин

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ЗАДАЧАХ КОНСТРУИРОВАНИЯ ВАГОНОВ НА PYTHON¹

Аннотация. Приведены теоретические сведения для проведения обработки и анализа данных экспертного оценивания задач вагоностроения. Представлена программная реализация процедур на языке Python.

Ключевые слова: карточка, эксперт, дельфи, компетентность, вариация, python, коэффициент, показатель, признак, pandas.

Для цитирования: Булавин, Ю. П. Реализация метода экспертных оценок в задачах конструирования вагонов на Python / Ю. П. Булавин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 138–142.

В практике вагоностроения часто появляются задачи, которые с трудом поддаются решению в основе которых лишь количественные показатели. В таких случаях прибегают к помощи различного рода экспертных методов, которые можно определить, как формальные и неформальные процессы принятия решений, основанные на обобщении опыта специалистов определенного профиля. Экспертные методы могут применяться на ранних стадиях проектирования – при постановке технического задания и технического предложения [1]. Алгоритм или этапы проведения экспертного оценивания показаны на рисунке 1, причем каждый этап предполагает определенные действия и допускается, что в случае неудовлетворительных результатов процедура повторяется с коррекцией ошибок [2].

Обычно процедуры включают в себя следующие действия.

Подготовка процедур: определение цели, формирование группы экспертов, составление сопроводительной документации, порядок проведения опроса.

Опрос экспертов: анализ документов и других материалов, оценку объектов.

Обработка результатов: подготовка исходных данных, выделение отдельных экспертов, оценка полноты исследования.

Анализ результатов: расчет итоговых оценок, ранжирование объектов, выявление доминирующих оценок.

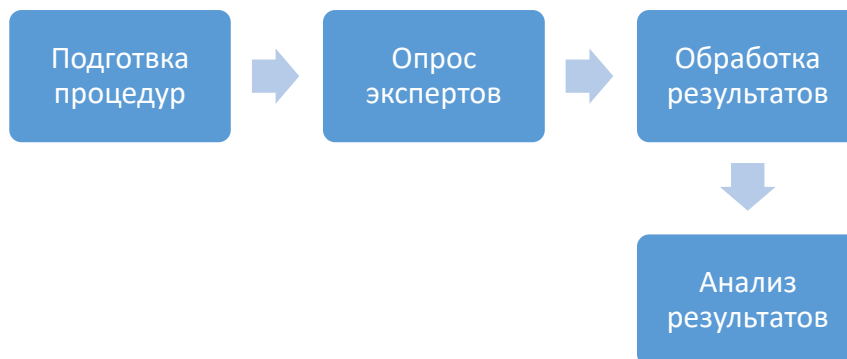


Рис. 1. Алгоритм экспертных процедур, основанный на методе Дельфи

¹Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам 15-й юбилейной Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава».

Одним из важнейших этапов является подготовка процедур – уточнение целей исследования и формирование документов (анкет), полностью и однозначно отражающих суть проблемы. Весь набор показателей (признаков), предъявленных эксперту, оценивается им каким-либо количеством баллов. При этом оценки могут повторяться. Пример анкеты (карточки эксперта) показан на рисунке 2.

В данной работе рассматривается практическая реализация метода экспертных оценок в части обработки и анализа результатов. В качестве примера рассматривается экспертная оценка критериев для оптимизации крытого вагона.

КАРТОЧКА ЭКСПЕРТА
оценки критериев для оптимизации крытого вагона

№ п/п	Наименование критерия	Оценка
1	Минимальная стоимость металлоконструкции кузова.	2
2.	Комплектность внутреннего оборудования полная для людских перевозок	1
3.	Комплектность внутреннего оборудования минимальная для грузов	2
4.	Защищенность от вандализма и хищений.	4
9.	Масса тары	4
10.	Грузоподъемность.	4
11.	Грузовместимость- полезный объем	3
12.	Длина по осям сцепления	3
13.	Осевая нагрузка 23,5 т	3
14.	Осевая нагрузка 25 т	2

Рис. 2. Карточка эксперта (анкета)

Для анализа результатов оценки заносятся в итоговую матрицу (табл.), и затем проводится их статистическая обработка – определение коэффициента конкордации, дисперсии и среднего квадратического отклонения. В итоге, на основании экспертных оценок объекты исследования ранжируются по важности, выявляется степень согласованности экспертов при проставлении оценок и делается вывод о целесообразности какого-либо проектного решения.

Таблица

Пример таблицы итоговых оценок

Критерий Эксперт	1	2	...	j	...	m
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1m}
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2m}
...	...	...	...	...	...	...
i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{im}
...	...	...	...	...	...	...
n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nj}	...	x_{nm}

В таблице n – количество опрошенных экспертов, m – число критериев (признаков), x_{ij} – оценка (ранг) j -го признака у i -го эксперта. Отметим, что данная таблица имеет формат, широко используемый в машинном обучении, когда признаки расположены в столбцах.

Кратко опишем процедуру выбора одного из параметров на основе анализа экспертных оценок по величине весового коэффициента, при этом в литературе часто

рассматривают транспонированную форму таблицы, что можно заметить в индексах и операциях суммирования формул.

Ответы экспертов анкетировуются и накапливаются в сводную таблицу исходных данных в виде оценок Q_{ij} , где i и j – порядковые номера экспертов и признаков. Число показателей n , число экспертов m .

Значение весового коэффициента j -го признака:

$$q_j = \frac{\sum_i q_{ij}}{\sum_i \sum_j q_{ij}}$$

где вес q_{ij} признака в системе остальных показателей, данных экспертом, будет равен

$$q_{ij} = \frac{Q_{ij}}{\sum_j Q_{ij}}$$

Коэффициенты компетентности представим следующим образом

$$E_{ij} = \frac{|Q_{ij} - M[Q_{ij}]|}{M[Q_{ij}]}$$

Средняя оценка экспертов по признакам

$$M[Q_{ij}] = \frac{1}{m} \sum_j Q_{ij}$$

Представим ниже практическую реализацию расчетов по приведенной выше методике.

Прежде всего следует подготовить данные к расчетам, если экспертов и анкет немного, например, в пределах десяти, то целесообразно выполнять расчет в табличном процессоре или в подобной программе. В этом случае процесс подготовки данных сведется к ручному вводу данных в таблицу 1, а обработка и анализ к принятым внутри программы механизмам.

Возможен вариант, когда экспертов и данных много, например, данные поступают через веб-форму в этом случае целесообразнее реализовать обработку на подходящем языке программирования, в нашем случае Python, который широко используется в задачах машинного обучения [3]

Для работы с табличными данными воспользуемся pandas [4]

import pandas **as** pd

Сохраним вид таблицы 1 в этом случае тестовая таблица выглядит следующим образом

```
df = pd.DataFrame({'A': [4, 5, 5], 'B': [2, 4, 2], 'C': [1, 2, 1], 'D': [3, 4, 2]})
```

Реальную таблицу достаточно представить, как показано на рисунке 3 и потом импортировать ее средствами pandas при этом именам столбцов можно назначить первую строку а индексам первый столбец.

	1	2	3	4	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	4	4	4	4	4	4	1	2	4	4	1	2	4
2	3	1	2	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	2
3	3	1	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4
4	2	1	2	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3
5	3	2	3	2	4	4	3	2	3	2	3	3	2	1
6	4	2	2	3	3	3	3	2	1	1	4	4	1	2
7	2	1	3	4	4	4	1	4	3	2	2	2	1	1
8	4	1	1	2	4	4	3	2	4	2	4	4	1	3

Рис. 3. Данные экспертов для импорта pandas

Тогда формулы, приведенные выше, в python напишем следующим образом.

Коэффициент компетентности

```
M = df.mean(axis=0)
```

```
E = (df - M).abs()/M
```

```
print("коэффициент компетентности E")
```

```
pprint(E)
```

Коэффициент вариации

```
variance = df.var(axis=0)
```

```
print("коэффициент вариации")
```

```
pprint(variance)
```

Вес признака

```
feature_weight = df.T/df.sum(axis=1)
```

```
print("вес показателя")
```

```
print(feature_weight.T)
```

Весовой коэффициент признака

```
print("весовой коэффициент показателя")
```

```
feature_weight_2 = feature_weight.T.sum()/feature_weight.T.sum().sum()
```

```
print(feature_weight_2.T)
```

Относительные весовые показатели [5]

```
print("определение относительных весов объектов")
```

```
w_ij = (df.div(df.sum(axis=1), axis=0)).sum(axis=0)/df.shape[0]
```

```
print(w_ij)
```

В работе представлена реализация методики расчета показателей в экспертном оценивании при решении задач конструирования вагонов на языке Python с использованием pandas. Показано, что несмотря на использование индексов в исходных формулах в программном коде можно обойтись без циклов и использовать векторные операции. В дополнение к указанным выше выражениям используют коэффициент конкордации как меру согласованности мнений экспертов [2, 5]. В [2] предлагается дополнительно оценивать значимость найденных характеристик, в частности, коэффициента конкордации используя критерий Фишера. Предложенный подход с использованием Python и pandas позволяет достаточно просто и без значительных временных затрат дополнять расчеты в зависимости от поставленных задач.

Библиографический список

1. **Ворон, О. А.** Использование метода актуализации технических решений для создания модели функционального взаимодействия систем автономного рефрижераторного вагона / О. А. Ворон // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2(82). – С. 86–94. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_86. – EDN NRMHES.

2. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. / редсовет: В. С. Авдудевский, акад. АН СССР (пред.) [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1986-1990. Т. 7: Качество и надежность в производстве. Т. 7 / [И. В. Апполонов и др.]; под ред. И. В. Апполонова. –989. –280 с.: ил.

3. Булавин, Ю. П. Функциональный стиль в SCIKIT-LEARN и AutoML TPOT / Ю. П. Булавин, П. Ю. Коновалов // Цифровые инфокоммуникационные технологии: Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, посвященная 40-летию факультета "Информационные технологии управления" и 50-летию кафедры "Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте", Ростов-на-Дону, 16 декабря 2022 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 115–119. – EDN JTMOVQ.

4. McKinney, W. Data Structures for Statistical Computing in Python / W. McKinney // Proceedings of the 9th Python in Science Conference / ред. S. van der Walt, J. Millman. – 2010. – С. 56–61.

5. Данелян, Т. Я. Формальные методы экспертных оценок / Т. Я. Данелян // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2015. – № 1. – С. 183–187. – EDN TQJPJL.

Y. P. Bulavin

IMPLEMENTATION OF THE EXPERT ASSESSMENT METHOD IN PROBLEMS OF WAGON CONSTRUCTION IN PYTHON

Abstract. Theoretical information is provided for the processing and analysis of expert assessment data for wagon building tasks. A software implementation of procedures in Python is presented.

Keywords: card, expert, delphi, competence, variation, python, coefficient, indicator, feature, pandas.

For citation: Bulavin, Y. P. Implementation of the expert assessment method in problems of wagon construction in Python / Y. P. Bulavin // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2024. – № 1. – P. 138–142.

Сведения об авторах

Булавин Юрий Павлович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: i@ibulavin.ru

Information about the authors

Bulavin Yurii Pavlovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Car and Car Economy»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: i@ibulavin.ru