

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА Z-DEMATEL ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.В. Логиновский¹, loginovskii@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>

А.В. Голлай¹, alexander@hollay.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5070-6779>

А.А. Максимов², <https://orcid.org/0000-0002-1476-0663>

Е.В. Гусев¹, gusevev@susu.ru

М.В. Щемлев³, 33333rudder@mail.ru

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации VIII созыва, Москва, Россия

³ ООО «РАЗМЕР», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Кадровые проблемы в машиностроении для нашей страны не являются чем-то новым. Так, уже в 1990-х гг. данная отрасль промышленности испытывала острую потребность в квалифицированном персонале, а в 2000 г., вследствие возникновения необходимости увеличения объемов производства, дефицит кадров стал ощущаться еще более остро. В настоящее время из-за резкого увеличения гособоронзаказа и потребности в загрузке примыкающих к нему производств проблема кадрового дефицита имеет максимальные показатели за последние 30 лет. Результаты конъюнктурного опроса руководителей около 1000 промышленных предприятий, проведенного специалистами Института экономической политики им. Егора Гайдара в апреле 2023 г., показали, что около одной трети промышленных предприятий столкнулись с недостаточным количеством персонала как одним из основных препятствий для увеличения количества выпускаемой продукции. **Цель исследования:** выявить основные факторы, влекущие за собой проблемы управления кадровыми ресурсами российских машиностроительных предприятий и трудности при выполнении заказов. Используя гибридный подход, определить важность каждого фактора, их взаимовлияние и провести классификацию по признакам «причина – эффект». **Методы.** Факторы выявлены на основе анализа литературы и исследований научного сообщества, величины взаимовлияний факторов определены с помощью двухэтапного опроса экспертов. Метод DEMATEL использован для получения весовых характеристик каждого фактора, их классификации и определения уровня взаимовлияния. Данный метод позволяет изучать взаимосвязи между рассматриваемыми явлениями через причинно-следственную диаграмму. Для снижения фактора неопределенности субъективных мнений применен метод Z-чисел, которые представлены в виде треугольных. **Результаты.** Выявлены основные факторы, вызывающие сложности с управлением кадровыми ресурсами, собраны экспертные мнения для оценки ситуации их взаимовлияния в настоящее время. Проведена классификация факторов на причины и эффекты. **Заключение.** Результаты исследования могут быть применены на практике кадровыми службами машиностроительных предприятий в условиях необходимости срочного привлечения персонала и повышения его квалификации.

Ключевые слова: кадры, персонал, DEMATEL, дефаззификация, Z-числа, нечеткая логика, машиностроение

Для цитирования: Использование метода Z-DEMATEL для анализа проблем управления кадрами отечественных машиностроительных предприятий / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, А.А. Максимов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2024. Т. 24, № 2. С. 76–86. DOI: 10.14529/ctcr240207

USING THE Z-DEMATEL METHOD TO ANALYZE THE PROBLEMS OF PERSONNEL MANAGEMENT OF DOMESTIC MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

O.V. Loginovskiy¹, loginovskiiiov@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3582-2795>

A.V. Hollay¹, alexander@hollay.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5070-6779>

A.A. Maksimov², <https://orcid.org/0000-0002-1476-0663>

E.V. Gusev¹, gusevev@susu.ru

M.V. Shchemlev³, 33333rudder@mail.ru

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation of the VIII convocation, Moscow, Russia

³ LLC "RAZMER", St. Petersburg, Russia

Abstract. Personnel problems in mechanical engineering are not something new for our country. So, already in the 1990s, this industry was in dire need of qualified personnel, and in 2000, due to the need to increase production volumes, the shortage of personnel began to be felt even more acutely. At present, due to a sharp increase in the state defence order and the need to load the industries adjacent to it, the problem of personnel shortage has its highest levels over the past 30 years. The results of a market survey of managers of about 1000 industrial enterprises, conducted by specialists from the Yegor Gaidar Institute of Economic Policy in April 2023, showed that about one-third of industrial enterprises faced an insufficient number of personnel as one of the main obstacles to increasing the number of products. **The purpose of the study** is to identify the main factors that entail the problems of managing human resources of Russian machine-building enterprises and difficulties in fulfilling orders. Using a hybrid approach, determine the importance of each factor, their meanings of mutual influence and classify them according to cause-effect. **Methods.** The factors were identified on the basis of an analysis of the literature and research of the scientific community, the mutual influence of factors was determined using a two-stage survey of experts. The DEMATEL method is used to obtain the weight characteristics of each factor, classify them and determine the mutual influence. This method allows you to study the relationship between the phenomena under consideration through a cause-and-effect diagram. To reduce the uncertainty factor of subjective opinions, the method of Z-numbers, which are presented in the form of triangular numbers, is used. **Results.** The main factors causing difficulties with the management of human resources are identified, expert opinions are collected to assess the situation of their mutual influence at the present time. The classification of factors into causes and effects is carried out. **Conclusion.** The results of the study can be applied in practice by the personnel services of machine-building enterprises in the context of the need for urgent recruitment of personnel and advanced training.

Keywords: HR, personnel, DEMATEL, defuzzification, Z-numbers, fuzzy logic, mechanical engineering

For citation: Loginovskiy O.V., Hollay A.V., Maksimov A.A., Gusev E.V., Shchemlev M.V. Using the Z-DEMATEL method to analyze the problems of personnel management of domestic machine-building enterprises. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2024;24(2):76–86. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr240207

Введение

Актуальность проблемы управления кадрами машиностроительных предприятий обусловлена резко возросшей потребностью в увеличении объемов промышленного производства. Параллельно сотрудникам Института экономической политики им. Егора Гайдара на дефицит кадров и их недостаточную квалификацию обратили внимание и в ЦБ РФ. Так, согласно данным мониторинга предприятий за апрель 2023 г., I квартал отметился ухудшением ситуации по сравнению с предыдущим. Наиболее остро проблемы с персоналом испытывают предприятия обрабатывающих производств, добычи полезных ископаемых, водоснабжения, а также транспортировки и хранения [1, 2].

Предпринимаемые меры по индексации зарплат на предприятиях обрабатывающих производств проблемы отсутствия персонала и недостаточность его квалификации не решили. В исследовании было выявлено, что обеспеченность необходимыми для выполнения заказов кадрами оказалась самой низкой с 1998 г. [3].

На необходимость комплексного решения проблем управления кадрами предприятий машиностроения как качественного, так и количественного характера указывает ряд исследований, в которых приводятся различные рекомендации [4–6]. Также проблемы с кадровыми ресурсами отмечены на уровне высшего политического руководства страны, что подтверждает Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. № 400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации», согласно которому устранению подлежат диспропорции на рынке труда, дефицит рабочих и инженерных кадров. Предполагается также сократить неформальную занятость и повысить уровень профессиональной подготовки специалистов [7].

1. Анализ литературы

Исследованию проблем кадрового обеспечения машиностроительных предприятий посвящено немало исследовательских работ. По результатам изучения литературы по теме выявлены факторы, влияющие на проблемы с персоналом и, как следствие, возможности выпуска продукции (табл. 1). В данном исследовании мы не будем классифицировать факторы как влияющие на проблемы по привлечению персонала и на проблемы по управлению персоналом, а будем рассматривать их в целостной системе для определения их взаимовлияний. Всего было исследовано $f = 9$ факторов.

Факторы, влияющие на проблемы с персоналом

Таблица 1

Factors affecting personnel problems

Table 1

№ п/п	Обозначение	Описание
1	F_1	Разрушение института наставничества на предприятии [8]
2	F_2	Проблема привлечения молодых специалистов [9]
3	F_3	Уход ученых из научно-исследовательских институтов в коммерческие организации [10]
4	F_4	Недостаточная престижность профессии [11]
5	F_5	Отсутствие устойчивых связей между учебными заведениями и промышленными предприятиями [11]
6	F_6	Неравномерная трудовая миграция высококвалифицированных кадров [12]
7	F_7	Недостаточная квалификация выпускников учебных заведений [13]
8	F_8	Дефицит кадров [13]
9	F_9	Сокращение количества выпускников со средним специальным (техническим) образованием [14]

2. Методы

Методология данного исследования состоит из 4 частей. Шаг 1 показывает, как определить и как отфильтровать факторы, влияющие на проблемы управления персоналом; на шаге 2 для снижения влияния неопределенности экспертных мнений применены Z-числа; шаг 3 описывает этапы анализа DEMATEL и дает представление о взаимовлияниях факторов.

Метод DEMATEL был использован в данной работе по причине его возможностей в вычислении весовых характеристик и определения на основе их взаимовлияний рассматриваемых явлений, а рассматриваемые нами факторы не могут считаться независимыми. По результатам метода мы получили матрицу взаимовлияний и определили, какие направления влияния имеются в системе рассматриваемых факторов [15, 16].

Шаг 1. Анализируемые данные были собраны с помощью двухэтапного опроса, в котором участвовали $N = 5$ специалистов в сфере отечественного машиностроения. Участники исследо-

вания были отобраны по обладанию тремя характеристиками одновременно: работа в сфере машиностроения не менее 10 лет на инженерных либо управленческих должностях, опыт в подборе и поиске персонала для производственных задач, выполнение трудовой функции в сфере машиностроения в настоящее время. На первом этапе опроса при попарном сравнении уровней взаимовлияния факторов экспертам предлагалось оценить уровень влияния фактора F_l на фактор F_m . Эксперты составили матрицы отношений X_i , где $i = [1 \dots N]$ – условные номера экспертов. Ответы были даны в виде лингвистических интерпретаций соответствующих нечетких треугольных чисел (далее – ТНЧ), данная форма которых была выбрана для упрощения расчетов (табл. 2). Второй этап опроса в стандартном методе DEMATEL представлял собой необходимость выражения каждым из экспертов своего мнения по поводу достоверности своего ответа [17], но нам представляется, что в таком виде метод не в полной мере учитывает необходимость объективной оценки. В нашем методе экспертам было предложено оценить достоверность ответов других четырех экспертов на первый вопрос. Ответы давались в виде лингвистических интерпретаций по аналогии с оценкой уровней влияния (табл. 3). Каждым экспертом были составлены еще четыре матрицы R_{ij} , где $i = [1 \dots N]$ – условный номер эксперта, а $j = [1 \dots N], j \neq i$.

Шкалы для ответов на вопрос № 1

Таблица 2

Table 2

Response scales for question № 1

Возможные варианты ответа на вопрос № 1	Треугольное нечеткое число
Не влияет	[0; 0; 0,25]
Влияет очень слабо	[0; 0,25; 0,5]
Влияет слабо	[0,25; 0,5; 0,75]
Влияет существенно	[0,5; 0,75; 1]
Влияет очень существенно	[0,75; 1; 1]

Шкалы для ответов на вопрос № 2

Таблица 3

Table 3

Response scales for question № 2

Уровень уверенности	Треугольное число	k	\sqrt{k}
Невозможно	[0,1; 0,2; 0,3]	0,2	0,45
Скорее невозможно	[0,3; 0,4; 0,5]	0,4	0,63
Возможно	[0,5; 0,6; 0,7]	0,6	0,77
Скорее точно	[0,7; 0,8; 0,9]	0,8	0,89
Абсолютно точно	[1; 1; 1]	1	1

Шаг 2. Поскольку мнения экспертов связаны с неопределенностью, использовались Z-числа для снижения её влияния. В классическом варианте Z-число используется в неопределенных вычислениях, т. е. в системе вычислений, в которой объектами вычислений являются не значения переменных, а ограничения на значения переменных. Таким образом, в числе $Z(A, B)$, A – ограничение на значение, которое может принимать Z , а B – вероятность того, что Z находится под влиянием ограничения A [18]. В данном исследовании Z-числа используются в виде совокупности двух ТНЧ. Таким образом, $\tilde{Z}(\tilde{X}, \tilde{R})$ – окончательная оценка каждого ответа каждого эксперта, где $\tilde{X} = (x, y, z)$ – ТНЧ в соответствии с его лингвистической интерпретацией, выданной экспертом (см. табл. 2); $\tilde{R} = (a, b, c)$ – ТНЧ, характеризующее степень достоверности ответа эксперта на вопрос № 1 (см. табл. 3) [19].

В соответствии с предлагаемым методом для вычисления исходной матрицы прямых отношений требуется выполнить ряд дополнительных действий, определяемых следующим алгоритмом.

Шаг 2.1. Из матриц \tilde{R}_{ij} получить матрицы K_{ij} по формуле

$$K_{lm,ij} = \sqrt{(a+b+c)/3}, \quad (1)$$

где $l, m = [1 \dots f]$; a, b, c – составляющие элементы $\tilde{R}_{lm,ij}$.

Шаг 2.2. Из матриц K_{ij} получить матрицы K'_i по формуле

$$K'_{lm,i} = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N K_{lm,ij}, j \neq i, \quad (2)$$

где $l, m = [1 \dots f]$.

Тогда, в соответствии с методом, по формуле

$$\tilde{Z}'_{lm,i} = K'_{lm,i} \cdot \tilde{X}_{lm,i}. \quad (3)$$

Шаг 3. Далее нам необходимо построить матрицу прямых влияний, определяемую по формуле

$$\tilde{D}_{lm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tilde{Z}'_{lm,i}. \quad (4)$$

Следующий этап – построение усредненной матрицы \tilde{A} в соответствии с формулой

$$\tilde{A} = \tilde{D} \cdot \tilde{Q}, \quad (5)$$

где $\tilde{Q} = \min \left[\frac{1}{\max \left(\sum_{l=1}^N |\tilde{D}_{lm}| \right)}, \frac{1}{\max \left(\sum_{m=1}^N |\tilde{D}_{lm}| \right)} \right].$

Дальнейшее действие – получение матрицы окончательных отношений \tilde{T} по формуле

$$\tilde{T} = \tilde{A} \cdot (I - \tilde{A})^{-1}, \quad (6)$$

где I – единичная матрица.

Таким образом, матрица \tilde{T} выглядит так, как представлено в выражении

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{11} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2m} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \tilde{t}_{l1} & \tilde{t}_{l2} & \dots & \tilde{t}_{lm} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где $\tilde{t}_{lm} = (t_{lm,u}, t_{lm,v}, t_{lm,w})$ – итоговая оценка уровня влияния фактора F_l по сравнению с фактором F_j . Наиболее важные факторы могут быть определены на основании данных матрицы \tilde{T} .

Суммы строк и суммы столбцов подматриц T_u , T_v и T_w обозначаются ТНЧ \tilde{S}_l и \tilde{C}_m соответственно. Их можно получить с помощью выражений [20]:

$$\tilde{S}_l = \sum_{m=1}^f t_{lm}, l = 1, 2, \dots, f, \quad (8)$$

$$\tilde{C}_m = \sum_{l=1}^f t_{lm}, m = 1, 2, \dots, f, \quad (9)$$

$$\tilde{S}_l + \tilde{C}_m, l = m = 1, 2, \dots, f, \quad (10)$$

$$\tilde{S}_l - \tilde{C}_m, l = m = 1, 2, \dots, f. \quad (11)$$

Для любого фактора F_l значение \tilde{S} представляет собой уровень влияния данного фактора на остальные, а значение \tilde{C} является уровнем влияния которое оказывают остальные факторы на фактор F_l . Величины $\tilde{S} + \tilde{C}$ выявляют важность фактора F_l во всей системе факторов, т. е. чем больше данная сумма, тем F_l важнее. Величины $\tilde{S} - \tilde{C}$ показывают силу чистого влияния фактора F_l на систему. На основании этой разности факторы классифицируются на причины и эффекты. В случае если $\tilde{S}_i - \tilde{C}_i > 0$, фактор является причиной, в противоположном случае – эффектом. Для избавления от ТНЧ необходимо провести дефаззификацию матрицы \tilde{T} и полученных значений \tilde{S} , \tilde{C} , $\tilde{S} + \tilde{C}$, $\tilde{S} - \tilde{C}$ по формуле [21]:

$$S(\tilde{t}_{lm}, 0) = \frac{1}{4}(\tilde{t}_{lm,u} + 2 \times \tilde{t}_{lm,v} + \tilde{t}_{lm,w}). \tag{12}$$

Окончательно получаем итоговую матрицу H и значения S , C , $S + C$, $S - C$ [22].

3. Результаты

Выполнение алгоритма согласно шагам 1–3 обеспечило получение матрицы окончательных отношений \tilde{T} (табл. 4), значений \tilde{S}_l , \tilde{C}_m , $\tilde{S}_l + \tilde{C}_m$, $\tilde{S}_l - \tilde{C}_m$ (табл. 5).

Матрица окончательных отношений

Таблица 4

Table 4

Final relationship matrix

F_i	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9
F_1	[0,064; 0,090; 0,192]	[0,146; 0,198; 0,319]	[0,025; 0,038; 0,161]	[0,093; 0,120; 0,230]	[0,085; 0,125; 0,221]	[0,063; 0,091; 0,190]	[0,105; 0,132; 0,240]	[0,127; 0,169; 0,283]	[0,064; 0,097; 0,198]
F_2	[0,161; 0,167; 0,284]	[0,113; 0,122; 0,224]	[0,042; 0,056; 0,179]	[0,145; 0,146; 0,249]	[0,133; 0,143; 0,240]	[0,107; 0,124; 0,223]	[0,062; 0,075; 0,207]	[0,274; 0,270; 0,363]	[0,109; 0,103; 0,198]
F_3	[0,186; 0,194; 0,314]	[0,156; 0,190; 0,314]	[0,042; 0,050; 0,146]	[0,178; 0,184; 0,283]	[0,114; 0,150; 0,265]	[0,098; 0,113; 0,221]	[0,173; 0,199; 0,315]	[0,202; 0,232; 0,364]	[0,054; 0,063; 0,196]
F_4	[0,258; 0,264; 0,369]	[0,350; 0,347; 0,436]	[0,192; 0,181; 0,276]	[0,100; 0,107; 0,208]	[0,144; 0,166; 0,279]	[0,122; 0,132; 0,241]	[0,095; 0,119; 0,263]	[0,371; 0,367; 0,450]	[0,191; 0,187; 0,287]
F_5	[0,254; 0,272; 0,379]	[0,351; 0,364; 0,447]	[0,081; 0,105; 0,246]	[0,115; 0,150; 0,278]	[0,086; 0,107; 0,211]	[0,108; 0,134; 0,257]	[0,192; 0,213; 0,347]	[0,358; 0,369; 0,462]	[0,176; 0,187; 0,302]
F_6	[0,100; 0,135; 0,266]	[0,112; 0,169; 0,304]	[0,035; 0,056; 0,175]	[0,031; 0,060; 0,194]	[0,088; 0,118; 0,229]	[0,026; 0,044; 0,131]	[0,028; 0,055; 0,196]	[0,130; 0,180; 0,319]	[0,045; 0,068; 0,185]
F_7	[0,084; 0,116; 0,245]	[0,043; 0,109; 0,246]	[0,013; 0,032; 0,148]	[0,037; 0,065; 0,172]	[0,030; 0,058; 0,171]	[0,055; 0,080; 0,167]	[0,014; 0,030; 0,124]	[0,112; 0,152; 0,274]	[0,015; 0,028; 0,147]
F_8	[0,214; 0,225; 0,338]	[0,122; 0,140; 0,270; 0,270]	[0,061; 0,068; 0,174]	[0,081; 0,100; 0,219]	[0,089; 0,103; 0,209]	[0,081; 0,092; 0,184]	[0,042; 0,062; 0,196]	[0,081; 0,097; 0,212]	[0,037; 0,045; 0,168]
F_9	[0,157; 0,177; 0,305]	[0,235; 0,251; 0,359]	[0,051; 0,068; 0,193]	[0,076; 0,088; 0,226]	[0,108; 0,121; 0,234]	[0,117; 0,128; 0,234]	[0,040; 0,065; 0,215]	[0,293; 0,297; 0,394]	[0,044; 0,050; 0,146]

Таблица 5

Значения $\tilde{S}_l, \tilde{C}_m, \tilde{S}_l + \tilde{C}_m, \tilde{S}_l - \tilde{C}_m$

Table 5

Meanings of $\tilde{S}_l, \tilde{C}_m, \tilde{S}_l + \tilde{C}_m, \tilde{S}_l - \tilde{C}_m$

F_i	\tilde{S}_l	\tilde{C}_m	$\tilde{S}_l + \tilde{C}_m$	$\tilde{S}_l - \tilde{C}_m$
F_1	[0,77; 1,06; 2,03]	[1,48; 1,64; 2,69]	[2,25; 2,70; 4,73]	[-0,71; -0,58; -0,66]
F_2	[1,15; 1,21; 2,17]	[1,63; 1,89; 2,92]	[2,77; 3,10; 5,09]	[-0,48; -0,68; -0,75]
F_3	[1,20; 1,38; 2,42]	[0,54; 0,65; 1,70]	[1,75; 2,03; 4,12]	[0,66; 0,72; 0,72]
F_4	[1,82; 1,87; 2,81]	[0,86; 1,02; 2,06]	[2,68; 2,89; 4,87]	[0,97; 0,85; 0,75]
F_5	[1,72; 1,90; 2,93]	[0,88; 1,09; 2,06]	[2,60; 2,99; 4,99]	[0,84; 0,81; 0,87]
F_6	[0,60; 0,89; 2,00]	[0,78; 0,94; 1,85]	[1,37; 1,82; 3,85]	[-0,18; -0,05; 0,15]
F_7	[0,40; 0,67; 1,69]	[0,75; 0,95; 2,10]	[1,15; 1,62; 3,80]	[-0,35; -0,28; -0,41]
F_8	[0,81; 0,93; 1,97]	[1,95; 2,13; 3,12]	[2,76; 3,07; 5,09]	[-1,14; -1,20; -1,15]
F_9	[1,12; 1,25; 2,31]	[0,74; 0,83; 1,83]	[1,86; 2,07; 4,13]	[0,39; 0,42; 0,48]

После процедуры дефаззификации матрицы \tilde{T} получена итоговая матрица H (табл. 6), а выявленные с помощью анализа литературы факторы классифицированы на причины и эффекты (табл. 7).

Таблица 6

Итоговая матрица H

Table 6

Final matrix H

F_i	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9
F_1	0,109	0,215	0,066	0,141	0,139	0,109	0,152	0,187	0,114
F_2	0,195	0,145	0,083	0,172	0,165	0,145	0,105	0,294	0,128
F_3	0,222	0,213	0,072	0,207	0,170	0,136	0,222	0,258	0,094
F_4	0,289	0,370	0,208	0,131	0,189	0,157	0,149	0,389	0,213
F_5	0,294	0,382	0,134	0,173	0,128	0,158	0,241	0,390	0,213
F_6	0,159	0,189	0,081	0,086	0,138	0,061	0,084	0,202	0,092
F_7	0,140	0,127	0,056	0,085	0,079	0,096	0,050	0,173	0,055
F_8	0,251	0,168	0,093	0,125	0,126	0,112	0,091	0,122	0,074
F_9	0,204	0,274	0,095	0,120	0,146	0,152	0,096	0,320	0,073

Таблица 7

Значения $S, C, S+C, S-C$

Table 7

Meanings of $S, C, S+C, S-C$

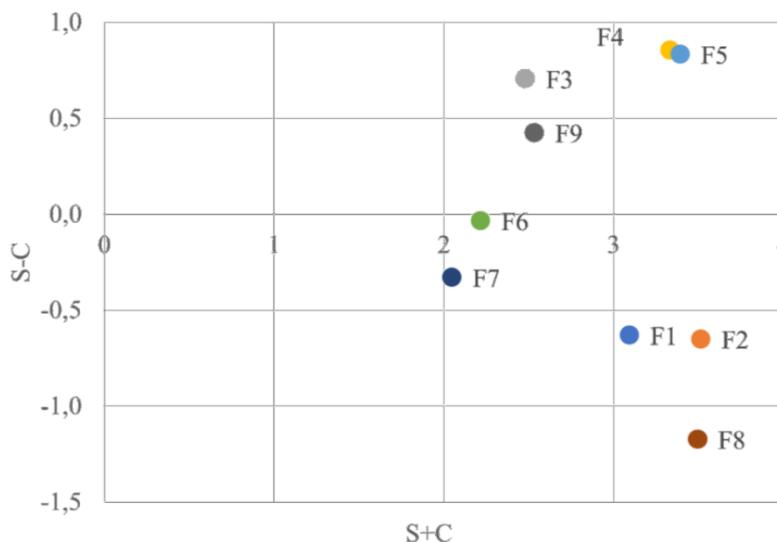
F_i	S	C	$S+C$	$S-C$	Влияние на систему
F_1	1,23	1,86	3,09	-0,63	Эффект
F_2	1,43	2,08	3,51	-0,65	Эффект
F_3	1,59	0,89	2,48	0,71	Причина
F_4	2,09	1,24	3,33	0,85	Причина
F_5	2,11	1,28	3,39	0,83	Причина
F_6	1,09	1,13	2,22	-0,03	Эффект

Окончание табл. 7
Table 7 (end)

F_7	0,86	1,19	2,05	-0,33	Эффект
F_8	1,16	2,33	3,49	-1,17	Эффект
F_9	1,48	1,05	2,53	0,42	Причина

Заключение

В данном исследовании проведен анализ литературы и выявлены факторы, влияющие на проблемы управления персоналом и, как следствие, невозможность выпуска продукции в требуемом количестве и качестве. На основе двухэтапного опроса экспертов были выявлены уровни взаимовлияний вышеуказанных факторов. Научную новизну представляет метод снижения неопределенности при ответах экспертов, а именно – второй этап опроса, на котором эксперты оценивали достоверность ответов других четырех экспертов. В результате применения гибридного подхода, включающего в себя метод DEMATEL в совокупности с Z-числами, были оценены уровни влияний факторов на систему и друг на друга, выявленные факторы классифицированы на причины и эффекты. Как видно из рисунка, факторы F_4 , F_5 и F_3 наиболее влиятельны соответственно, а факторы F_8 , F_2 и F_1 наиболее подвержены влиянию. Чем правее на графике расположен фактор, тем он более важен для контроля над системой.



Уровни влияний факторов на систему и друг на друга
Levels of influence of factors on the system and on each other

Список литературы

1. Краснопевцева И.В. Кадровые проблемы российских промышленных предприятий // Вестник ИрГТУ. 2012. № 9 (68). С. 274–280.
2. Цухло С.В. 35 % промышленных предприятий в России испытывают дефицит кадров [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iep.ru/ru/kommentarii/sergey-tsukhlo-35-promyshlennykh-predpriyatiy-v-rossii-ispytyvayut-defitsit-kadrov.html> (дата обращения: 02.02.2024).
3. Банк России. Мониторинг предприятий № 4. Апрель 2023 г. Информационно-аналитический комментарий [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/43904/monitoring_0423.pdf (дата обращения: 02.02.2024).
4. Волков В.И., Кабанов Д.В. Кадровый потенциал как ключевая составляющая устойчивого развития машиностроительных предприятий // Экономика труда. 2018. Т. 5, № 4. С. 1165–1178. DOI: 10.18334/et.5.4.39579
5. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы: моногр. / А.А. Алетдинова, И.А. Аренков, Р.Р. Афанасьева и др.; под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 807 с.
6. Тронина И.А., Татенко Г.И., Злобина И.В. Технологические компетенции для инновационного развития регионов // Вестник академии знаний. 2020. № 40 (5). С. 408–414. DOI: 10.24412/2304-6139-2020-10654
7. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации: утверждена Указом Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения: 02.02.2024).

8. Каштанова Е.В., Захаров Д.К. Цифровая трансформация корпоративной системы обучения // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2021. Т. 10, № 1. С. 37–43. DOI: 10.12737/2305-7807-2021-10-1-37-43
9. Надточий Ю.Б., Горелова Л.И. Проблемы ресурсного обеспечения предприятий ракетно-космической отрасли // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9, № 2. С. 541–588.
10. Suvalova T.V., Troitskiy A.V, Zhaxybayeva G.S. Evolution of the Labor Market: Challenges of the Millennial Generation // Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies. IPM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 161. P. 77–84.
11. Бугаенко М.В. Проблема дефицита квалифицированных кадров на российских машиностроительных предприятиях и пути ее решения // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2013. № 1. С. 107–111.
12. Бараненкова Т.А. Миграция высококвалифицированных кадров: современные тенденции и механизмы регулирования // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2020. № 5. С. 79–93. DOI: 10.24411/2073-6487-2020-10058
13. Тинькова Е.В., Гулуа С. Дефицит квалифицированных кадров и производственный потенциал // Дельта науки. 2018. № 1. С. 12–14.
14. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Проблемы дефицита инженерно-технических кадров // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 32. С. 2–16.
15. Singh C., Singh D., Khamba J.S. Analyzing barriers of Green Lean practices in manufacturing industries by DEMATEL approach // Journal of Manufacturing Technology Management. 2020. Vol. 32 (1). P. 176–198. DOI: 10.1108/JMTM-02-2020-0053
16. Evaluating factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL: A case study / S. Gandhi, S.K. Mangla, P. Kumar, D. Kumar // International Strategic Management Review. 2015. Vol. 3, iss. 1–2. P. 96–109. DOI: 10.1016/j.ism.2015.05.001
17. Implementation of Building Information Modeling (BIM) Using Hybrid Z-DEMATEL-ISM Approach / A. RezaHoseini, E. Ahmadi, P. Saremi, M. BagherPour // Hindawi Advances in Civil Engineering. 2021. Vol. 2021 (1). P. 1–35. DOI: 10.1155/2021/6686761
18. Zadeh L.A. A note on Z-numbers // Information Sciences. 2011. Vol. 181 (14). P. 2923–2932. DOI: 10.1016/j.ins.2011.02.022
19. A method of converting Z-number to classical fuzzy number / B. Kang, D. Wei, Y. Li, Y. Deng // Journal of Information & Computational Science. 2012. Vol. 9 (3). P. 703–709.
20. Dalalah D., Hayajneh M., Batiha F. A fuzzy multicriteria decision making model for supplier selection // Expert Systems with Applications. 2011. Vol. 38 (7). P. 8384–8391. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.01.031
21. Baykasoglu A., Kaplanoglu V. A multi-agent approach to load consolidation in transportation // Advances in Engineering Software. 2011. Vol. 42 (7). P. 477–490. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2011.03.017
22. Kumar S.A., Pal A. Triangular fuzzy matrices // Iranian Journal of Fuzzy Systems. 2007. Vol. 4 (1). P. 75–87.

References

1. Krasnopevtseva I.V. Personnel problems of Russian industrial enterprises. *Proceedings of Irkutsk state technical university = Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2012;9(68):274–278. (In Russ.)
2. Tsukhlo S.V. 35 % *promyshlennykh predpriyatii v Rossii ispytyvayut defitsit kadrov* [35 % of industrial enterprises in Russia experience a shortage of personnel]. (In Russ.) Available at: <https://www.iep.ru/ru/kommentarii/sergey-tsukhlo-35-promyshlennykh-predpriyatii-v-rossii-ispytyvayut-defitsit-kadrov.html> (accessed 02.02.2024).
3. *Bank Rossii. Monitoring predpriyatii No. 4. April' 2023 g. Informatsionno-analiticheskiy kommentariy* [Bank of Russia. Monitoring of enterprises No. 4. April 2023. Information and analytical commentary]. (In Russ.) Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/43904/monitoring_0423.pdf (accessed 02.02.2024).
4. Volkov V.I., Kabanov D.V. Personnel potential as a key component of machinery enterprises sustainable development. *Russian journal of labor economics*. 2018;5(4):1165–1178. (In Russ.) DOI: 10.18334/et.5.4.39579

5. Aletdinova A.A., Arenkov I.A., Afanas'eva R.R. et al. *Tsifrovaya transformatsiya ekonomiki i promyshlennosti: problemy i perspektivy: monogr.* [Digital transformation of the economy and industry: problems and prospects: monograph]. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnical university; 2017. 807 p. (In Russ.)
6. Tronina I.A., Tatenko G.I., Zlobina I.V. Technological competencies for innovative development of regions. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020;40(5):408–414. (In Russ.) DOI: 10.24412/2304-6139-2020-10654
7. *Strategiya natsional'noy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii: utverzhdena Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 02.07.2021 No. 400* [National Security Strategy of the Russian Federation: approved by Decree of the President of the Russian Federation dated July 2, 2021 No. 400]. (In Russ.) Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (accessed 02.02. 2024).
8. Kashtanova E.V., Zakharov D.K. Digital transformation of the corporate training system. *Human resources and intellectual resources management in Russia*. 2021;10(1):37–43. (In Russ.) DOI: 10.12737/2305-7807-2021-10-1-37-43
9. Nadtochiy Yu.B., Gorelova L.I. Problems of resource provision of rocket and space industry. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2019;9(2):541–588. (In Russ.)
10. Suvalova T.V., Troitskiy A.V., Zhaxybayeva G.S. Evolution of the Labor Market: Challenges of the Millennial Generation. In: *Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies. IPM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. Vol. 161. P. 77–84.
11. Bugaenko M.V. The problem of the qualified personnel deficiency at Russian machine-building enterprises and ways of its decision. *Herald of Omsk University. Series "Economics"*. 2013;(1):107–111. (In Russ.)
12. Baranenkova T.A. Migration of highly qualified personnel: modern trends and mechanisms of regulation. *Vestnik Instituta Ekonomiki Rossiyskoy Akademii Nauk = The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2020;(5):79–93. (In Russ.) DOI: 10.24411/2073-6487-2020-10058
13. Tinkova E.V., Gulua S. [Shortage of qualified personnel and production potential]. *Del'ta nauki*. 2018;(1):12–14. (In Russ.)
14. Varshavskiy A.E., Kochetkova E.V. [Problems of shortage of engineering and technical personnel]. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2015;(32):2–16. (In Russ.)
15. Singh C., Singh D., Khamba J.S. Analyzing barriers of Green Lean practices in manufacturing industries by DEMATEL approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2020;32(1):176–198. DOI: 10.1108/JMTM-02-2020-0053
16. Gandhi S., Mangla S.K., Kumar P., Kumar D. Evaluating factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL: A case study. *International Strategic Management Review*. 2015;3(1–2):96–109. DOI: 10.1016/j.ism.2015.05.001
17. RezaHoseini A., Ahmadi E., Saremi P., BagherPour M. Implementation of Building Information Modeling (BIM) Using Hybrid Z-DEMATEL-ISM Approach. *Hindawi Advances in Civil Engineering*. 2021;2021(1):1–35. DOI: 10.1155/2021/6686761
18. Zadeh L.A. A note on Z-numbers. *Information Sciences*. 2011;14(181):2923–2932. DOI: 10.1016/j.ins.2011.02.022
19. Kang B., Wei D., Li Y., Deng Y. A method of converting Z-number to classical fuzzy number. *Journal of Information & Computational Science*. 2012;3(9):703–709.
20. Dalalah D., Hayajneh M., Batieha F. A fuzzy multicriteria decision making model for supplier selection. *Expert Systems with Applications*. 2011; 38(7):8384–8391. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.01.031
21. Baykasoglu A., Kaplanoglu V. A multi-agent approach to load consolidation in transportation. *Advances in Engineering Software*. 2011;42(7):477–490. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2011.03.017
22. Kumar S.A., Pal A. Triangular fuzzy matrices. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*. 2007;4(1):75–87.

Информация об авторах

Логиновский Олег Витальевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; loginovskiiiov@susu.ru.

Голлай Александр Владимирович, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; alexander@hollay.ru.

Максимов Александр Александрович, д-р техн. наук, депутат, Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации VIII созыва, Москва, Россия.

Гусев Евгений Васильевич, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры цифровой экономики и информационных технологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; gusev@susu.ru.

Щемлев Михаил Валерьевич, руководитель отдела реализации комплексных технологических проектов, ООО «РАЗМЕР», Санкт-Петербург, Россия; 33333rudder@mail.ru.

Information about the authors

Oleg V. Loginovskiy, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; loginovskiiiov@susu.ru.

Alexander V. Hollay, Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Prof. of the Department of Informational and Analytical Support of Control in Social and Economic Systems, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; alexander@hollay.ru.

Alexander A. Maksimov, Dr. Sci. (Eng.), Deputy, State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation of the VIII convocation, Moscow, Russia.

Evgeny V. Gusev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Prof. of the Department of Digital Economics and Information Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; gusev@susu.ru.

Michail V. Shchemlev, Head of the Department for Implementation of Complex Technological Projects, LLC “RAZMER”, St. Petersburg, Russia; 33333rudder@mail.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.08.2023

The article was submitted 29.08.2023