Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №2, Том 5 / 2018, No 2, Vol 5 <https://t-s.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/04SATS218.pdf>

DOI: 10.15862/04SATS218 (<http://dx.doi.org/10.15862/04SATS218>)

Статья поступила в редакцию 14.04.2018; опубликована 06.06.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бажанов А.П., Саксонова Е.С., Кочетков А.В., Щеголева Н.В. Методика проведения эвристических процедур при выборе и обосновании состава определяющих показателей качества покрытий, влияющих на показатели надежности автомобильных дорог. Статистическая обработка и формирование результатов экспертного опроса // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №2, <https://t-s.today/PDF/04SATS218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04SATS218

For citation:

Bazhanov A.P., Saksonova E.S., Kochetkov A.V., Shchegoleva N.V. (2018). The method of carrying out heuristic procedures in the selection and justification of the composition of the determining indicators of the quality of coatings that affect the reliability of roads. Statistical processing and formation of expert survey results. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/04SATS218.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/04SATS218

УДК 625.7/8:504

Бажанов Анатолий Павлович

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия
Доктор технических наук, профессор

E-mail: bajan_p@mail.ru

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=558582

Саксонова Елена Степановна

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия
Аспирант

E-mail: bajan_p@mail.ru

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Доктор технических наук, профессор

E-mail: soni.81@mail.ru

Щеголева Наталья Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Кандидат технических наук, доцент

E-mail: shegoleva123@mail.ru

**Методика проведения эвристических процедур
при выборе и обосновании состава определяющих
показателей качества покрытий, влияющих на показатели
надежности автомобильных дорог. Статистическая
обработка и формирование результатов
экспертного опроса**

Аннотация. В статье проведен анализ применения одного из известных решений задачи проведения эвристической процедуры, реализованной на подходе Дельфи, по выбору и обоснованию определяющих показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности. Авторами изложена оценка этапов выполнения эвристических процедур статистической обработки результатов экспертного опроса и формирования его результатов. Для статистической обработки результатов эвристических процедур предложена единая исходная матрица экспертных оценок, разработан алгоритм обработки результатов выделения подгруппы экспертов с близким мнением, включающий в себя необходимость проведения экспертной оценки рангового типа. На основе использования дисперсионного анализа авторами проведена статистическая оценка существенности различий в распределениях показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности, определена структуры их влияния, при этом, признаки, имеющие существенное и несущественное различие в распределениях, отнесены по степени их влияния к разным группам. При использовании данного подхода была установлена возможность нивелирования существенности различий в оценке распределения показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности, с оценкой различия средних значений рангов. Сравнение оценки показателей, имеющих несущественное различие в средних значениях рангов, отнесенных к одной группе, с оценкой на показатели по средней степени влияния, отнесенных к другой группе, показало их практическую однозначность.

Ключевые слова: эвристические процедуры; методика Дельфи; компетентность эксперта; матрица приведенных оценок; коэффициент конкордации; ранг показателя качества покрытий автомобильных дорог; влияющих на показатели их надежности

Введение

Одно из востребованных решений задачи проведения экспертных исследований по выбору и обоснованию определяющих показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности, с привлечением эвристических процедур, рассмотрено в работе [1].

Указанная выше работа посвящена подробному рассмотрению содержания только двух основных этапов выполнения эвристической процедуры, реализованной на подходе Дельфи: подготовке эвристической процедуры и опросе экспертов [5-15].

Поэтому в предлагаемой ниже статье рассмотрено содержание двух остальных этапов проведения эвристических процедур в процессе выбора и обоснования определяющих показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности: этапов статистической обработки результатов экспертного опроса и формирования его результатов.

Состояние проблемы и постановка задачи на этапе статистической обработки результатов экспертного опроса

Из-за громоздкости расчетов статистическую обработку результатов экспертного опроса целесообразно вести на ЭВМ.

При оценке методом ранжирования показатели объединяют в группы и классы, причем оценка внутри групп и классов ведется отдельно.

Для статистической обработки результатов необходимо получить единую исходную матрицу приведенных оценок, получив их по формуле:

$$X_{ij} = Z_{ig} \left(1 + \frac{y_{iqg}}{\sum_{q=1}^g y_{iqg}} \right) \left(1 + \frac{x_{igqk}}{\sum_{k=1}^{B_{gq}} x_{igqk}} \right) \quad (1)$$

где X_{ij} – приведенная оценка j -го показателя, данная i -м экспертом;

Z_{ig} – оценка g -го класса, данная i -м экспертом;

y_{iqg} – оценка q -й группы g -го класса, данная i -м экспертом;

A_g – число групп в g -м классе;

x_{igqk} – оценка k -го показателя q -той группы g -того класса (j -го показателя по новой нумерации), сделанная i -м экспертом;

B_{gq} – число показателей q -й группы g -го класса.

При оценке методом попарного сравнения оценки отдельных показателей у каждого эксперта вычисляются членами рабочей группы при подготовке исходных данных в зависимости от числа предпочтений по формуле:

$$X_{ij} = \frac{m_{ij}}{M} \quad (2)$$

где X_{ij} – оценка j -го показателя, данная i -м экспертом;

m_{ij} – число предпочтений j -го показателя перед остальными у i -го эксперта;

M – общее число предпочтений j -го показателей у i -го эксперта.

Полученные исходные данные сводятся в матрицу $\|X_{ij}\|$.

Методика решения статистической обработки результатов экспертного опроса

Основной процедурой статистической обработки результатов является выделение подгруппы экспертов с близким мнением. Для этого разработан алгоритм, основанный на определении коэффициента конкордации для подгруппы экспертов, образованной из полной группы удалением одного или нескольких экспертов (см. рис. 1).

Коэффициент конкордации можно применить только к оценкам рангового типа.

Поэтому, если применялся метод попарного сравнения необходимо от матрицы $\|X_{ij}\|$ перейти к матрице рангов $\|R_{ij}\|$.

Для такого перехода необходимо каждого эксперта расположить в ряде возрастания значений и заменить в матрице $\|x_{ij}\|$ значение оценки на ее порядковый номер в ряду возрастания.

Если два или несколько показателей имеют одинаковые значения оценок и, следовательно, делят между собой несколько мест в ряду возрастания значений, то им всем предписывают номера равные среднеарифметической номеров занимаемых ими мест.

На основании данных матрицы рангов, представленных в табл. 1 [1, 2] проводят оценку степени согласованности (взаимосвязи) опрошенных экспертов.

Необходимость проведения такой процедуры объясняется следующими моментами:

- ранжирование показателей может быть произведено некачественно из-за недостаточного уровня знаний опрашиваемых экспертов;
- неоднозначное толкование экспертами ценности каждого показателя из-за недостаточной изученности исследуемого объекта.

Таблица 1

Матрица рангов

Номера экспертов	Показатели качества покрытий автомобильных дорог, наиболее существенно влияющие на показатели их надежности $x_1, x_2, \dots, x_8$								$\sum_{j=1}^m x_{ij}$
	1	2	...	...	...	...	...	m	
1	x_{11}	x_{12}	...	...	x_{1j}	...	...	x_{1m}	...
...	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}	

Разработана авторами

Коэффициент конкордации определяется на основе матрицы $\|x_{ij}\|$ для метода ранжирования или матрицы $\|R_{ij}\|$ для метода попарного сравнения по формулам (3) или (4). При этом, если в матрице рангов (см. табл. 1) в i -й строке один из экспертов дал равные оценки рангов двум или более показателям, то коэффициент их конкордации определяется по формуле (3).

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

$$S = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n X_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n X_{ij} \right]^2 \quad (4)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j) \quad (5)$$

t_j – число рангов j -го показателя в каждой строке матрицы рангов;

m – число экспертов;

n – число рангов;

X_{ij} – оценка j -го ранга i -м экспертом.

Рисунок 1. Алгоритм выделения подгруппы экспертов с близким мнением (разработан авторами)

Если в матрице рангов (табл. 1) отсутствуют равные значения рангов в каждой из строк, то коэффициент конкордации вычисляют по формуле

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (6)$$

Результаты

При полном совпадении мнений специалистов коэффициент конкордации $W = 1$. При полном несовпадении $W = 0$. В практических ситуациях коэффициент конкордации всегда лежит в пределах $0 < W < 1$.

При близости коэффициента конкордации к нулю (например, $W = 0,05 - 0,1$) следует заключить, что состав экспертов подобран неудачно, или процесс (объект мало изучен).

Наоборот, при W , близком к единице (например, $W = 0,9 - 0,95$), может оказаться, что экспертиза проведена формально без должного изучения исследуемого объекта (показателей качества покрытий (надежности) автомобильной дороги). Во всех случаях, когда коэффициент конкордации близок к нулю или единице, процесс экспертного опроса следует повторить [2].

Значимость коэффициентов конкордации может быть проверена по критерию χ^2 – Пирсона (11), если количество экспертов больше 10-15, или по критерию Z -Фишера [18], если меньше (8):

$$\chi^2 = Wm(n-1); \quad (7)$$

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{(n-1)W}{(1-W)} \quad (8)$$

Если величина Z , вычисленная по формуле (8), больше или равна Z_α , которое берется из таблиц (см., например, книгу [3]), то с вероятностью $1-\alpha$ (где α – уровень значимости критерия) можно утверждать, что имеется неслучайная согласованность во мнении экспертов.

Исходными данными для получения Z_α являются:

- уровень значимости α , который обычно берется равным 0,01-0,05;
- степени свободы γ_1 и γ_2 , определяемые по выражениям

$$\gamma_1 = (m-1) - \frac{2}{n}; \quad (9)$$

$$\gamma_2 = (n-1)\gamma_1. \quad (10)$$

Значения Z_α при 5 % уровне значимости в распределении Z -Фишера приведены в табл. VI работы [12].

Если $Z < Z_\alpha$, то с вероятностью $P \geq 1-\alpha$ можно утверждать, что между экспертами нет согласованности и необходимо провести новое анкетирование или выделить группу экспертов, у которых согласованность мнений достаточно высока. Для этого один эксперт исключается из совокупности и подсчитывается коэффициент W_1 для оставшихся экспертов.

Если, $w_1 > W$, то данный эксперт исключается из совокупности. Если же $w_1 < W$, то данный эксперт остается в совокупности. Такие расчеты проводят последовательно для каждого эксперта. В результате этих расчетов степень согласованности мнений экспертов, оставшихся в совокупности, повышается.

В результате реализации процедуры, представленной на рис. 1, на печать выдается описок экспертов, несогласных с мнением тех своих коллег, которые вошли в подгруппу с близким мнением. Эти эксперты могут ошибаться в своих оценках, но могут и объяснить резко выделяющиеся значения отдельных показателей, связанных с теми или иными явлениями. Поэтому у них необходимо дополнительно запросить объяснение их действий.

На основе коэффициентов компетенции экспертов, определенных ранее, и данных о группе экспертов с близким мнением рабочая группа должна определить: проводить ли еще один тур опроса или остановиться на данном. Решение об остановке эвристической процедуры должно выноситься только при значимом коэффициенте конкордации для всей группы экспертов. Однако это решение может быть выполнено и в том случае, когда значимый коэффициент конкордации получен для неполной группы экспертов, если она получена удалением экспертов с малым коэффициентом компетенции.

Если принято решение о продолжении эвристической процедуры, то необходимо сформировать объяснительную записку для следующего тура.

В нее обязательно включается таблица с приведенными оценками всех экспертов, а также данные о полноте списка показателей.

Результаты экспериментального исследования статистической обработки экспертного опроса

На данном этапе оценивают различие во влиянии исследуемых показателей и существенность влияния выбранных для анализа показателей. Для такой оценки может быть использован дисперсионный анализ. Значение ранга X_{ij} состоит из трех независимых частей:

- результата, который принадлежит данному эксперту;
- результата, который принадлежит данному признаку;
- остатка, распределение которого обычно близко к нормальному закону со средней, равной нулю, и дисперсией, отличной от нуля.

Таким образом, общая дисперсия признака может быть разложена на три независимые составляющие [17-20]:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{X}_i - \bar{X}_{ij})^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{X}_j - \bar{X}_{ij})^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{ij})^2 \quad (11)$$

$$\bar{X}_{ij} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}$$

где — общий средний ранг;

$$\bar{X}_j = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m X_{ij}$$

— средний ранг у i -го эксперта;

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad - \text{средний ранг у } j\text{-го показателя.}$$

Оценка различия во влиянии исследуемых показателей и существенности влияния при анализе показателей проводится путем сравнения дисперсий между показателями S_1^2 , с остаточной дисперсией $S_{ост}^2$, которые определяются по формулам

$$S_1^2 = \frac{1}{(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\bar{X}_j - \bar{X}_i)^2 = \frac{1}{(m-1)} \left[n \sum_{j=1}^m (\bar{X}_j)^2 - mn(\bar{X}_{ij})^2 \right], \quad (12)$$

$$S_{ост}^2 = \frac{1}{(m-1)(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{ij})^2 =$$

$$= \frac{1}{(m-1)(n-1)} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij})^2 - m \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i)^2 - n \sum_{j=1}^m (\bar{X}_j)^2 + mn(\bar{X}_{ij})^2 \right], \quad (13)$$

где X_{ij} – оценка j -го показателя i -м экспертом;

m – число показателей;

n – число экспертов.

Значимость различия дисперсий S_1^2 и $S_{ост}^2$ проверяется по Z -критерию Фишера:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{S_1^2}{S_{ост}^2}, \quad (14)$$

при этом число степеней свободы

$$\gamma_1 = (m-1); \quad (15)$$

$$\gamma_2 = (m-1)(n-1). \quad (16)$$

Если Z , вычисленная по формуле (14), больше или равна Z_α , которая берется из таблиц (см., например, при $\alpha = 0,05$ значения Z_α могут быть взяты из табл. VI работы [12]), то с вероятностью $P \geq 1 - \alpha$ можно утверждать, что разница в значениях дисперсий значима, т. е. различие во влиянии исследуемых показателей значимо и влияние выбранных для анализа параметров существенно.

Если $Z < Z_\alpha$, то с вероятностью $P \geq 1 - \alpha$ можно утверждать, что различие в значениях дисперсий незначимо, т. е. различие во влиянии исследуемых показателей незначимо и влияние выбранных для анализа параметров несущественно. В этом случае необходимо расширить комплекс показателей и произвести новое анкетирование.

При проведении статистического анализа оценивают существенность различий в распределениях показателей для определения структуры влияний показателей. Признаки,

имеющие несущественное различие в распределениях, относятся по степени влияния к одной группе.

Оценку существенности различия в распределениях можно заменить оценкой различия в средних значениях рангов, т. е. показатели, имеющие несущественное различие в средних значениях рангов, относятся к одной группе и по средней степени влияния не различаются.

Наиболее полную картину структуры влияния показателей дает сочетание обоих методов.

При этом следует учесть, что если различия в распределениях показателей существенны, то следует проверить различие в средних значениях рангов показателей.

Анализ и обсуждение результатов экспериментального исследования статистической обработки экспертного опроса

Рассмотрим оценку различия в средних значениях рангов между показателями [2]. Ранги по каждому из показателей образуют случайные выборки, каждая из которых имеет свою среднюю $\bar{X}_j$ и среднее квадратическое отклонение S_j , определяемое по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}, \quad (j=1, 2, \dots, m). \quad (17)$$

Значимость различия средних начений рангов между параметрами проверяется по t -критерию Стьюдента [3] последовательным сравнением средних значений рангов параметров:

$$t_{\bar{X}_k - \bar{X}_l} = (\bar{X}_k - \bar{X}_l) / S_{\bar{X}_k - \bar{X}_l} \quad (18)$$
$$(k, l=1, 2, \dots, m; k \neq l);$$

$$S_{\bar{X}_k - \bar{X}_l} = (S_{\bar{X}_k}^2 + S_{\bar{X}_l}^2)^{1/2} \quad (19)$$

$$S_{\bar{X}_j} = \frac{1}{\sqrt{n}} S_j \quad (j=1, 2, \dots, m). \quad (20)$$

При этом число степеней свободы $\gamma = 2(n-1)$.

Если $t_{\bar{X}_k - \bar{X}_l} > t_{\alpha}$, взятого из таблиц (см., например [3]; при $t_{\alpha} = 0,05$ значения t_{α} представлены в табл. 4.6б работы [3]), то с вероятностью $P \geq 1 - \alpha$ можно утверждать, что разница в значениях средних незначима и эти параметры о средней степени влияния не различаются и их можно отнести к одной группе.

Заключение

В статье рассмотрена методика проведения экспертных исследований по выбору и обоснованию определяющих показателей качества покрытий автомобильных дорог, влияющих на некоторый обобщенный показатель их надежности. Данная методика, основанная на известном подходе Дельфи, модифицированном в части проведения анкетных опросов и обработки результатов экспертных исследований. Поэтому наиболее востребованными результаты данной статьи будут для процедур оценки рисков для различных объектов и этапов их жизненного цикла транспортного строительства [5-15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажанов А.П., Саксонова Е.С. Методика проведения эвристических процедур при выборе и обосновании состава определяющих показателей качества покрытий, влияющих на показатели надежности автомобильных дорог. Подготовка эвристической процедуры и опрос экспертов. [Текст] // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2018. № 1. <https://t-s.today/PDF/19SATS118.pdf>.
2. Апполонов И.В. Надежность невосстанавливаемых систем однократного применения. [Текст] / Апполонов И.В., Северцев Н.А. – М.: Машиностроение, 1977. – 210 с.
3. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Большев Л.Н., Смирнов И.В. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. [Текст] / Кобзарь А.И. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
5. Ближниченко С.С. Упрощенная методика экспресс-оценки транспортно – эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог [Текст] / С.С. Ближниченко // Изв. вузов. Строительство. – 1992. – №5-6. – С. 126-130.
6. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. Ч.1, Ч.2 [Текст] / В.В. Столяров. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994. – 184 с; 232 с.
7. Кокодеева Н.Е. Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности (с позиции теории риска) [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Дорожная держава. – 2009. – №19. С. 72-75.
8. Аржанухина С.П. Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В., Янковский Л.В. [Текст] // Инновационный Вестник Регион. 2012. № 4. – С. 40-45.
9. Кочетков А.В. Проектирование структуры информационного обеспечения системы менеджмента качества дорожного хозяйства / Кочетков А.В., Гладков В.Ю., Немчинов Д.М. // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3 (16). – С. 72.
10. Muhammad Imran Yousuf Using Experts' Opinions Through Delphi Technique (Использование мнений экспертов через технологию Delphi) A peer-reviewed electronic journal Practical Assessment, Research & Evaluation University of Arid Agriculture, Rawalpindi, Pakistan Volume 12, Number 4, May 2007, ISSN 1531-7714.

11. D. Jorge, A. Ferreira Road network pavement maintenance optimization using the HDM-4 pavement performance prediction models (оптимизация обслуживания дорожного покрытия с использованием моделей прогнозирования производительности дорожного покрытия HDM-4). International Journal of Pavement Engineering, 13 (1) (2011), pp. 39-51.
12. Emma Karlson Matching GPS data to a road network Mathematical modeling and solution algorithms (Согласование данных GPS с дорожной сетью Математическое моделирование и алгоритмы решения) Department of Mathematical Sciences Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden 2014, p. 50.
13. Hayati E., Majnounian B., An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. (Экспертный подход к планированию сети лесных дорог путем объединения Delphi и оценки пространственных многокритериальных данных) Abdi E, Sessions J, Makhdoum M. Environ Monit Assess. 2013 Feb;185(2):1767-76. doi: 10.1007/s10661-012-2666-1. Epub 2012 May 8.
14. Salvatore Cafiso, Alessandro Di Graziano 1, Giuseppina Pappalardo 2 Using the Delphi method to evaluate opinions of public transport managers on bus safety Department of Civil and Environmental Engineering, School of Engineering, University of Catania, Viale Andrea Doria 6, I-95125 Catania, Italy.
15. Outhred, G.P. 2001 “The Delphi Method: A Demonstration of its Use for specific Research Types”, Paper read at the RICS Foundation, Construction & Building Research Conference, Melbourne, Australia, Vol1, September.
16. Сиденко В.М. Управление качеством в дорожном строительстве. [Текст] / Сиденко В.М., Рокас С.Ю. – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
17. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности [Текст] / Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. – М.: Советское радио, 1968. – 286 с.
18. Фишер Р.А. Статистические методы для исследователей [Текст] / Фишер Р.А. – М.: Госстатиздат, 1958. – 267 с.
19. Электронный ресурс. Использование метода экспертной оценки в развертывании функции качества. <https://studfiles.net/preview/1967369/page:5>.
20. Электронный ресурс Промышленная продукция и показатели ее качества. <http://texnlit.ru/kachestvo/5.html>.

Bazhanov Anatoly Pavlovich

Penza state university of architecture and construction, Penza, Russia
E-mail: bajan_p@mail.ru

Saksonova Elena Stepanovna

Penza state university of architecture and construction, Penza, Russia
E-mail: bajan_p@mail.ru

Kochetkov Andrey Viktorovich

Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: soni.81@mail.ru

Shchegoleva Natalya Vyacheslavovna

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Volgograd, Russia
E-mail: shchegoleva123@mail.ru

The method of carrying out heuristic procedures in the selection and justification of the composition of the determining indicators of the quality of coatings that affect the reliability of roads. Statistical processing and formation of expert survey results

Abstract. The article analyzes the application of one of the known solutions to the task of carrying out a heuristic procedure implemented on Delphi's approach, by choosing and justifying the determining indicators of the quality of road surface coverings that affect some generalized indicator of their reliability. The authors set out an assessment of the stages of performing heuristic procedures for statistical processing of the results of an expert survey and the formation of its results. For statistical processing of the results of heuristic procedures, a unified initial matrix of expert assessments was proposed, an algorithm for processing the results of the selection of a subgroup of experts with a close opinion was developed, including the need for an expert evaluation of the rank type. Based on the use of dispersion analysis, the authors made a statistical assessment of the significance of the differences in the distribution of the quality indices of road surface coverings affecting some generalized index of their reliability, the structure of their influence was determined, while the characteristics having a significant and insignificant difference in distributions were assigned according to the degree of their influence to different groups. When using this approach, it was established that the significance of differences in the estimation of the distribution of road surface quality indicators affecting some generalized indicator of their reliability can be leveled, with an estimate of the difference in mean values of ranks. Comparison of the evaluation of indicators that have an insignificant difference in the average values of ranks assigned to one group, with an estimate for the indicators for the average degree of influence attributed to another group, showed their practical unambiguity.

Keywords: heuristic procedures; the Delphi technique; Expert's competence; matrix of reduced estimates; coefficient of concord; grade of the quality index of road coverings; affecting the indicators of their reliability

REFERENCES

1. Bazhanov A.P., Saksonova E.S. (2018). The methodology of the heuristic procedures for the selection and justification of determining the composition of the coating quality parameters that affect the performance reliability of highways. Preparation heuristic procedures and survey experts. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/19SATS118.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/19SATS118
2. Appolonov I.V., Severtsev N.A. (1977). Nadezhnost' nevosstanavlivaemyh sistem odnokratnogo primeneniya. [*Reliability of non-renewable single-use systems.*] Moscow: Mechanical engineering, p. 210.
3. Bol'shev L.N., Smirnov I.V. (1983). Tablitsy matematicheskoy statistiki. [*Tables of mathematical statistics.*] Moscow: The science, p. 416.
4. Kobzar' A.I. (2006). Prikladnaya matematicheskaya statistika. [*Applied Mathematical Statistics.*] Moscow: Fizmatlit, p. 816.
5. Bliznichenko S.S. (1992). Simplified methodology for rapid assessment of the transport and operational status of the road network. *Izv. universities. Building*, [online] 5-6, pp. 126-130. (in Russian).
6. Stoljarov V.V. (1994). Proektirovanie avtomobil'nyh dorog s uchetom teorii riska: v 2 ch. Ch.1, Ch.2. [*Design of highways taking into account the theory of risk: at 2 part. Part 1, Part 2.*] Saratov: Sarat. state. tech. un-t, p. 184/p. 232.
7. Kokodeeva N.E. (2009). Otsenka kachestva suschestvujuschih dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa s uchetom variatsii vlazhnosti (s pozitsii teorii riska). *Estimation of the quality of existing non-rigid road pavements taking into account the variation in humidity (from the perspective of the risk theory)*, [online] 19, pp. 72-75. (in Russian).
8. Arzhanuhina S.P., Suhov A.A., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V. (2012). The organizational-economic mechanism of innovative activity of road facilities. *Innovative Herald Region*, [online] 4, pp. 40-50. (in Russian).
9. Kochetkov A.V., Gladkov V.Ju., Nemchinov D.M. (2013). Designing the structure of information support for the quality management system of road facilities. *Naukovedenie*, [online] 3(16), p. 72. (in Russian).
10. Muhammad Imran Yousuf (2007). Using Experts' Opinions Through Delphi Technique. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(12), ISSN 1531-7714.
11. Jorge D., Ferreira A. (2011). Road network pavement maintenance optimization using the HDM-4 pavement performance prediction models. *International Journal of Pavement Engineering*, 13(1), pp. 39-51.
12. Emma Karlson (2014). Matching GPS data to a road network Mathematical modeling and solution algorithms. *Department of Mathematical Sciences Chalmers University of Technology Gothenburg*, p. 50.
13. Hayati E., Majnounian B. (2012). An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. *Environ Monit*, 185(2). DOI: 10.1007/s10661-012-2666-1.
14. Salvatore Cafiso, Alessandro Di Graziano, Giuseppina Pappalardo (n.d.). Using the Delphi method to evaluate opinions of public transport managers on bus safety. *Department of Civil and Environmental Engineering*.

15. Outhred, G.P. (2001). The Delphi Method: A Demonstration of its Use for specific Research Types. *Construction & Building Research Conference*, 1.
16. Sidenko V.M., Rokas S.Ju. (1981). Upravlenie kachestvom v dorozhnom stroitel'stve. [*Quality management in road construction.*] Moscow: Transport, p. 252.
17. Shor Ja.B., Kuz'min F.I. (1968). Tablitsy dlja analiza i kontrolja nadezhnosti. [*Tables for analysis and control of reliability.*] Moscow: Soviet radio, p. 286.
18. Fisher R.A. (1958). Statisticheskie metody dlja issledovatelej. [*Statistical methods for researchers.*] Moscow: Gosstinizdat, p. 267.
19. Studfiles. (n.d.). *Use of the peer review method in the deployment of the quality function*. [online] Available at: <https://studfiles.net/preview/1967369/page:5> (in Russian).
20. Texnlit. (n.d.). *Industrial products and indicators of its quality*. [online] Available at: <http://texnlit.ru/kachestvo/5.html> (in Russian).