

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 519.71: 338.27: 656.072DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.170-175](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.170-175)

В. Г. Загорянський, доц., д-р техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна*

e-mail: zagor_vlad@ukr.net

Розробка практичної методики застосування експертних методів теорії систем при дослідженнях транспортного процесу

В роботі розглянуті прикладні аспекти використання експертних процедур обґрунтування рішень, організація та проведення експертного аналізу керованої системи.

За допомогою методики математичної обробки результатів експертного аналізу за методом Дельфі в Microsoft Excel визначається, чи узгоджуються думки експертів та номери пріоритетних та несуттєвих напрямків (альтернатив). Якщо думки експертів виявляються неузгодженими, відкориговують значення їх оцінок, домагаючись узгодженості у поглядах.

Проведена комп'ютерна реалізація методів експертних оцінок під час створення інформаційного забезпечення завдань прийняття управлінських рішень.

теорія систем, дослідження, експерт, процедура, метод Дельфі, транспорт, процес

Постановка проблеми. Проблеми, які важко описати математично, часто виникають у процесі дослідження складних систем [1]. Зменшити складність проблеми може використання досвіду експертів – досвідчених спеціалістів у цій галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методи експертних оцінок (назва походить від специфіки процедури отримання інформації від експертів – в анкетах експерти проставляють оцінки в балах чи рангах) утворюють особливий клас методів, що пов'язані безпосередньо з опитуванням експертів.

Методи експертних оцінок використовуються в тих випадках, коли фахівці не лише не можуть відразу описати проблему за допомогою кількісних аналітичних залежностей, але і не бачать, які з методів формалізованого представлення систем могли б допомогти одержати модель для ухвалення рішення.

В залежності від конкретної задачі використовуються різні форми експертного опитування (різні види анкетування), підходи до оцінювання (ранжування, нормування, різні види упорядкування тощо), методи опрацювання результатів, вимоги до експертів, оцінювання їхньої компетентності, методики організації експертних опитувань.

В процесі опитування експертам роздають анкети з проханням оцінити пропоновані альтернативи. Експерти можуть оцінювати альтернативи у числовій або порядковій шкалі.

Постановка завдання. Метою роботи є розробка практичної методики використання методу Дельфі з використанням Microsoft Excel для організації та проведення експертного аналізу керованої системи.

Виклад основного матеріалу. Основними етапами методу Дельфі є [2]:

- 1) уточнення проблем чи об'єктів для експертизи;
- 2) формування групи експертів;
- 3) розробка анкети для опитування експерта;

- 4) індивідуальне анкетне опитування експертів;
- 5) математична обробка результатів опитування;
- 6) уточнення експертами своїх оцінок.

Для формування стійкої узагальнюючої оцінки етапи 4, 5, 6 можуть проводитись 3-4 рази.

Конкретний склад та чисельність групи експертів визначається характером аналізованих проблем, можливістю залучення до експертизи компетентних фахівців..

Розглянемо розв'язання задачі відповідно до виділених етапів проведення експертного аналізу.

1. Уточнення проблем чи об'єктів експертизи.

На цьому етапі доцільно запропонувати експертам можливі напрямки/альтернативи підвищення/покращення стану системи або якихось її параметрів, наприклад:

- 1) Напрямок (альтернатива) № 1.
- 2) Напрямок (альтернатива) № 2.

.....

8) Напрямок (альтернатива) № 8.

За експертами залишається право доповнити перелік можливих напрямків.

2. Формування групи експертів.

В умовах виконання даної практичної роботи в ролі експертів виступають студенти, які поєднуються по 4-5 осіб в одну групу. У такому вигляді подальше виконання роботи здійснюється окремо кожною групою студентів.

3. Розробка анкети для опитування експертів.

Можливий варіант анкети з цієї проблеми наведений в табл. 1.

В умовах виконання даної лабораторної роботи в ролі експертів виступають студенти, які поєднуються по 4-5 осіб в одну групу. У такому вигляді подальше виконання роботи здійснюється окремо кожною групою студентів.

3. Розробка анкети для опитування експертів.

Можливий варіант анкети з цієї проблеми наведений в таблиці.

№ пор.	Найменування напрямку (альтернативи) дослідження	Оцінка в балах
1	Напрямок (альтернатива) № 1	
2	Напрямок (альтернатива) № 2	
3	Напрямок (альтернатива) № 3	
4	Напрямок (альтернатива) № 4	
5	Напрямок (альтернатива) № 5	
6	Напрямок (альтернатива) № 6	
7	Напрямок (альтернатива) № 7	
8	Напрямок (альтернатива) № 8	

Оцінку за кожним із запропонованих напрямків просимо виставити за такою 10-бальною шкалою:

0	Напрямок не впливає на підвищення/покращення стану системи або якихось її параметрів
1-2	Напрямок має слабкий вплив, його варто враховувати у майбутньому
3-5	Напрямок впливає, але його важко реалізувати
6-7	Напрямок суттєво впливає на підвищення/покращення стану системи або якихось її параметрів
8-10	Напрямок важливий і актуальний, його слід реалізувати в першу чергу

4. Індивідуальне опитування експертів.

Результати експертного опитування кожному студенту необхідно оформити у вигляді таблиці, математичну обробку результатів опитування відповідно до наведеного нижче прикладу здійснює кожна група студентів-експертів.

Розглянемо наступний приклад. Чотирьом експертам було запропоновано проранжувати 8 напрямків/альтернатив. Експерти виставили такі оцінки:

№ експерта	Оцінки за напрямком/альтернативою							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
1	8	6	9	4	9	6	4	8
2	7	4	9	4	4	9	7	7
3	9	8	8	8	5	7	5	10
4	7	7	10	4	4	4	4	10

Ранги визначаються таким чином:

- всі оцінки i -го експерта, виставлені за n напрямками, сортуються за зменшенням значення оцінки (рядок «Значення оцінки») і нумеруються від 1 до n (рядок «Номер оцінки»);

- Серед пронумерованих оцінок визначаються однакові оцінки, кожній з яких присвоюється однаковий ранг, рівний середньому арифметичному номерів оцінок (рядок «Ранги за напрямками»);

- ранги інших оцінок дорівнюють номерам оцінок (теж рядок).

Так, для одного експерта ранги за напрямками визначаються так:

1. сортуємо значення оцінок зі спадання і знизу записуємо номер відповідного напрямку;

2. нумеруємо оцінки від 1 до 8;

3. за номерами оцінок визначаємо значення рангів. Так, для напрямків 3 і 5 першим експертом виставлені однакові оцінки (9). Після сортування за спаданням ці оцінки отримали номери 1 і 2 відповідно. Складаємо номери оцінок та ділимо на 2. Отримуємо 1,5.

При рівних значеннях оцінок номери напрямків можна розставляти у будь-якому порядку, тобто можна цю частину таблиці записати і так:

Значення оцінки	9	9	...
Номер напрямку/альтернативи	5	3	...
Номер оцінки	1	2	...
Ранги за напрямками/альтернативами	1,5	1,5	...

Визначаємо ранги за іншими напрямками та заносимо до таблиці.

Значення оцінки	9	9	8	8	6	6	4	4
Номер напрямку/альтернативи	3	5	1	8	2	6	4	7
Номер оцінки	1	2	3	4	5	6	7	8
Ранги за напрямками/альтернативами	1,5	1,5	3,5	3,5	5,5	5,5	7,5	7,5

Аналогічно заповнюємо таблиці для математичної обробки думок інших трьох експертів.

На аркуші робочої книги Microsoft Excel створюємо наступну формулу для розрахунків, в яку заносимо обчислені ранги за напрямками:

№ експерта	Ранги для напрямку/альтернативи							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
1	3,5	5,5	1,5	7,5	1,5	5,5	7,5	3,5
2	3,5	6,5	1,5	6,5	6,5	1,5	6,5	3,5
3	2	4	4	4	7,5	6	7,5	1
4	3,5	3,5	1,5	6,5	6,5	6,5	6,5	1,5
Сума рангів за напрямком								
Середня сума рангів								
Відхилення від середньої суми рангів								
Квадрат відхилення								
Коефіцієнт конкордації W								
Табличне значення критерію Пірсона								
Розрахункове значення критерію Пірсона								

У рядку «Сума рангів за напрямком» за допомогою кнопки «Автосума» обчислюємо для кожного напрямку суму рангів, виставлених чотирма експертами. Для першого напрямку вона дорівнюватиме 5,5. Використовуючи маркер заповнення, заповніть інші осередки рядка. Очевидно, що чим важливіший фактор, тим менша відповідна йому сума рангів.

У рядку «Середня сума рангів» заповнюємо один виділений осередок. Як аргументи функції СРЗНАЧ (категорія Статистичні) виступають значення рядка «Сума рангів за напрямком».

У рядку «Відхилення від середньої суми рангів» обчислюємо для кожного напрямку різницю між значенням у рядку «Сума рангів за напрямком» та середньою сумою рангів. Посилання на комірку зі значенням середньої суми рангів при копіюванні зробити абсолютним.

Значення у рядку «Квадрат відхилення» дорівнюють квадратам відповідних значень рядка «Відхилення від середньої суми рангів». В останній комірці рядка обчислюємо суму квадратів відхилень.

Коефіцієнт конкордації W оцінює ступінь узгодженості думок експертів:

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

де $S = \sum_{i=1}^k \Delta_i^2$ – сума квадратів відхилень;

m – кількість опитаних експертів;

k – кількість напрямків.

Думки експертів вважають узгодженими, якщо виконується нерівність

$$\chi_p^2 \geq \chi_T^2, \quad (2)$$

де χ_p^2 – розрахункове значення критерію Пірсона, що обчислюється за формулою

$$\chi_p^2 = m \cdot (k - 1) \cdot W, \quad (3)$$

χ_T^2 – табличне значення критерію Пірсона, вибирається за таблицею.

Таблиця – Значення χ^2 – розподілу при надійності 95 % ($\alpha = 0,05$) [3]

k-1	χ^2	k-1	χ^2
1	3,841	5	11,07
2	5,991	6	12,592
3	7,815	7	14,067
4	9,488	8	15,507

Остаточна таблиця з розрахунками має такий вигляд:

№ експерта	Ранги для напрямку								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	3,5	5,5	1,5	7,5	1,5	5,5	7,5	3,5	
2	3,5	6,5	1,5	6,5	6,5	1,5	6,5	3,5	
3	2	4	4	4	7,5	6	7,5	1	
4	3,5	3,5	1,5	6,5	6,5	6,5	6,5	1,5	
Сума рангів за напрямком	12,5	19,5	8,5	24,5	22	19,5	28	9,5	
Середня сума рангів	18								
Відхилення від середньої суми рангів	-5,5	1,5	-9,5	6,5	4	1,5	10	-8,5	
Квадрат відхилення	30,25	2,25	90,25	42,25	16	2,25	100	72,25	355,5
Коефіцієнт конкордації W	0,529								
Табличне значення критерію Пірсона	14,067								
Розрахункове значення критерію Пірсона	14,283								

Оскільки виконується нерівність $\chi_p^2 \geq \chi_T^2$, то думки експертів вважатимуться узгодженими. На думку цих експертів, найважливішим є 3-й напрямок, а найнесуттєвішим – 7-й.

Висновок. Одним із широко використовуваних методів групової оцінки прогнозного рішення є метод Дельфі, який є рядом послідовно здійснюваних процедур, спрямованих на підготовку та обґрунтування прогнозу. Ці процедури характеризуються анонімністю (незалежністю відповідей експертів) опитування, що регулюється зворотним зв'язком між результатами опитування попереднього етапу та підготовкою їх нового варіанту, а також груповим характером відповіді.

Список літератури

1. Грицюк П. М., Джоші О. І., Гладка О. М. Основи теорії систем і управління. Рівне: НУВГП, 2021. 272 с.
2. Баранкевич М. М. Експертні методи в ухваленні рішень. Львів: ВЦ Львівського національного університету ім. Івана Франка, 2008. 214 с.
3. Огірко О. І., Галайко Н. В. Теорія ймовірностей та математична статистика. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.

References

1. Hrytsyuk, P.M., Dzhoshi, O.I. & Hladka, O.M. (2021). *Osnovy teoriiyi system i upravlinnyya* [Fundamentals of the theory of systems and management]. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
2. Barankevych, M.M. (2008). *Ekspertni metody v ukhvalenni rishen'* [Expert methods in decision-making]. L'viv: VTS L'vivs'koho natsional'noho un-tu im. Ivana Franka [in Ukrainian].
3. Ohirko, O.I. & Halayko, N.V. (2017). *Teoriya ymovirnostey ta matematychna statystyka* [Probability theory and mathematical statistics]. L'viv: L'vDUVS [in Ukrainian].

Volodymyr Zahorianskyi, Assoc. Prof., DSc.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

Development of Practical Methods of Application of Expert Methods of Systems Theory in Transport Process Research

The purpose of the paper is to develop a practical methodology for using the Delphi method using Microsoft Excel for organizing and conducting expert analysis of the managed system. In the paper are considered applied aspects of the use of expert decision-making procedures, organization and expert analysis of the managed system.

One of the widely used methods of group evaluation of a predictive decision is the Delphi method, which is a series of sequentially implemented procedures aimed at preparing and substantiating the forecast. These procedures are characterized by the anonymity (independence of experts' answers) of the survey, which is regulated by the feedback between the results of the survey of the previous stage and the preparation of their new version, as well as the group nature of the answer.

The group answer is formed by processing and analyzing the results of the experts' answers. As a rule, "closeness" to the opinion of experts serves as the criterion for the completion of ego development. Using the method of mathematical processing of the results of expert analysis using the Delphi method in Microsoft Excel, it is determined whether the opinions of experts and the numbers of priority and non-essential areas (alternatives) agree. If the experts' opinions turn out to be inconsistent, adjust the value of their assessments, achieving consistency in views.

The Delphi method has undoubted advantages compared to methods based on the usual statistical processing of the results of individual surveys. It allows you to reduce fluctuations in the entire set of individual responses, limits fluctuations within groups. At the same time, as the conducted experiments show, the presence of poorly qualified experts has a less strong influence on the group assessment than simple averaging of the results of the answers, since the situation helps them to correct the answers due to receiving new information from their group.

The computer implementation of methods of expert evaluations during the creation of information support for management decision-making tasks was carried out.

systems theory, research, expert, procedure, Delphi method, transport, process

Одержано (Received) 30.08.2023

Прорецензовано (Reviewed) 22.09.2023

Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023

УДК 629.083:621.9

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.175-182](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.175-182)

В.В. Драгобецький, проф., д-р техн. наук, **Д.В. Молоштан**, канд. техн. наук,

А.А. Черниш, канд. техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м.Кременчук, Україна*

e-mail: vldrag@kdu.edu.ua, moloshtandima@gmail.com, chernyshkrnu@gmail.com

Відновлення листових деталей транспортних засобів після дорожньо-транспортних пригод

Ця стаття є продовженням досліджень щодо використання методів удосконалення ремонту кузовних деталей транспортних засобів після експертизи дорожньо-транспортних пригод. Корпусні елементи відносяться до основних та найбільш складних і ресурсомістких у виготовленні складових конструкції транспортного засобу (наземного, повітряного, морського). Крім того, корпусні деталі є основою конструкції транспортного засобу, яка об'єднує в силовому аспекті всі його частини в єдине ціле. Ресурс корпусу в цілому визначає експлуатаційну тривалість служби наземного транспорту загалом. На ресурс корпусних елементів, які зазвичай виготовляються з листа штампуванням, впливають корозія, експлуатаційні пошкодження та дорожньо-транспортні пригоди. Резервом підвищення довговічності корпусних, в тому числі листових деталей (ресори, ободи коліс тощо), є комплекс технологічних засобів і раціональний вибір технологічних параметрів процесу їх виготовлення листовим штампуванням.

ремонт, експлуатація, транспортні засоби, деформування, зношування, листові деталі

© В.В. Драгобецький, Д.В. Молоштан, А. Черниш, 2023