

ГРУППОВАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ОДНИМ ИЗ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Сафин Г.Г.¹, Абдрахманов А.А.¹, Великанов В.С.¹, Усов И.Г.¹, Савельев В.И.¹,
Мацко Е.Ю.¹

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия (455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38), e-mail: georgii_safin@mail.ru

В статье предложено использование метода попарных сравнений для количественной обработки экспертных оценок, который обеспечивает эффективное решение задачи ранжирования операторов сложных технических систем (на примере операторов карьерных гусеничных экскаваторов). Произведено упорядочение и выбор альтернативных вариантов. Обоснованность использования данной методики подтверждает вывод о большей достоверности решения задачи группового оценивания по сравнению с другими методами. Разработана иерархическая структура предметной области исследований и составлена матрица критериев, при помощи которых были определены весовые коэффициенты критериев и альтернатив. При выполнении попарных сравнений возникают внутренние противоречия суждений эксперта. Для оценки достоверности результатов произведен расчет индекса согласованности и, если эта величина меньше некоторого предельного значения, то результаты вычислений не могут быть использованы. Достигнутые в ходе исследований результаты позволяют обосновать выбор рационального решения в установлении уровня профессиональной компетентности операторов экскаваторов.

Ключевые слова: метод попарного сравнения, матрица, оператор, сравнение, критерии, оценка, эксперт

EXPERT GROUP EVALUATION OF OPERATORS ONE OF THE METHODS OF DECISION THEORY

Safin G.G.¹, Abdrahmanov A.A.¹, Velikanov V.S.¹, Usov I.G.¹, Savelev V.I.¹,
Matsko E.J.¹

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, e-mail: georgii_safin@mail.ru

The article suggests the use of the method of paired comparisons for quantitative processing of expert estimations, which provides an effective solution to the problem ranking operators of complex technical systems (for example, operators tracked excavators career). Produced ordering and selection of alternatives. The validity of the use of this technique in favor of high reliability solution of the problem group evaluation compared with other methods. The hierarchical structure of the domain matrix is composed of research and the criteria by which the weighting coefficients were determined criteria and alternatives. When performing pair wise comparisons, there are internal contradictions expert judgments. To evaluate the reliability of calculation results produced by the coherence index, and if this value is less than a certain limit value, the results of the calculations can not be used. Progress made in the research results can justify the choice of rational decision in setting the level of professional competence of operators excavators.

Keywords: the method of paired comparison, matrix, operator, comparison, criteria, evaluation, expert.

В век современных технологий одним из важных вопросов является совершенствование деятельности операторов, отвечающих за управление разной сложности технологическими процессами. Для безопасного и эффективного выполнения производственных функций при использовании сложного оборудования персоналу необходимо на высоком уровне освоить соответствующие профессиональные навыки. Причем от умения в сложной ситуации своевременно найти и реализовать верное решение зависит не только эффективность выполнения поставленных задач, но и в ряде случаев целостность объекта управления и безопасность людей. Одной из основных проблем при

эксплуатации сложных человеко-машинных систем является организация эффективного взаимодействия машины и человека и создание наилучших условий для работы.

В данной статье выполнена оценка эффективности деятельности операторов горных машин (на примере машинистов экскаваторов) при помощи метода попарного сравнения. Путем последовательного сравнения операторов метод позволяет выявить наивысшие показатели у специалистов разной квалификации по тому или иному выбранному критерию.

Экспертные оценки широко используются при исследовании операторской деятельности. Ключевыми этапами для получения экспертных оценок являются: формулирование цели и выбор альтернатив для оценки; создание экспертной группы; формирование необходимых правил работы экспертной группы; установление профессиональных требований к экспертам; проведение опроса экспертов и внесение необходимых поправок общего заключения группы.

Основными принципами построения систем экспертных оценок являются: ограничение суждений экспертов; обеспечение движения информации без искажений внутри экспертной группы; количественная характеристика оцениваемых признаков, которые можно обозначить при помощи чисел, с помощью математической обработки экспертных данных [2].

Основные этапы

Различают следующие методы экспертных оценок: попарное сравнение, прямая расстановка, метод приписывания баллов, ранжирование факторов, присвоение коэффициентов факторам. Каждый указанный метод имеет свои преимущества и недостатки, в определенной области применения. Анализ научной литературы [3; 4; 6; 10] показал, что для выявления значимости критериев наиболее точным является метод аналитической иерархии Т. Саати (Analytic Hierarchy Process - АНР), реализующий в себе метод попарного сравнения. АНР - это систематическая процедура иерархического представления элементов, которая определяет суть проблемы. Однако существенным недостатком является присутствие большой вероятности ошибки, допущенной экспертами в ходе проведения опроса [7; 8].

Метод аналитической иерархии должен содержать в себе: общую цель (или цели) для решения задач, критерии оценки альтернатив и сами альтернативы. При помощи этих функций выбирается наилучшая альтернатива.

Подход аналитической иерархии содержит в себе четыре этапа. Первый этап - это построение иерархической структуры с несколькими уровнями: цели→критерии→альтернативы. Вторым этапом является то, что производятся попарные сравнения каждого из элементов выбранного уровня. Полученные результаты сравнений

переводятся в числа при помощи специальной таблицы. Третий этап - вычисление коэффициентов важности для элементов выбранного уровня. При этом должна проверяться согласованность суждений экспертов. На четвертом, заключительном этапе, определяется наилучшая альтернатива [5].

Структуризация

Приступая к оценке эффективности деятельности операторов экскаваторов, необходимо решить следующие задачи: создать группу экспертов (7 человек), на основе функционально-структурной схемы деятельности оператора разработать систему критериев, по которым будет выполняться анализ.

Опираясь на работу [9], разработана иерархическая структура (рис. 1).

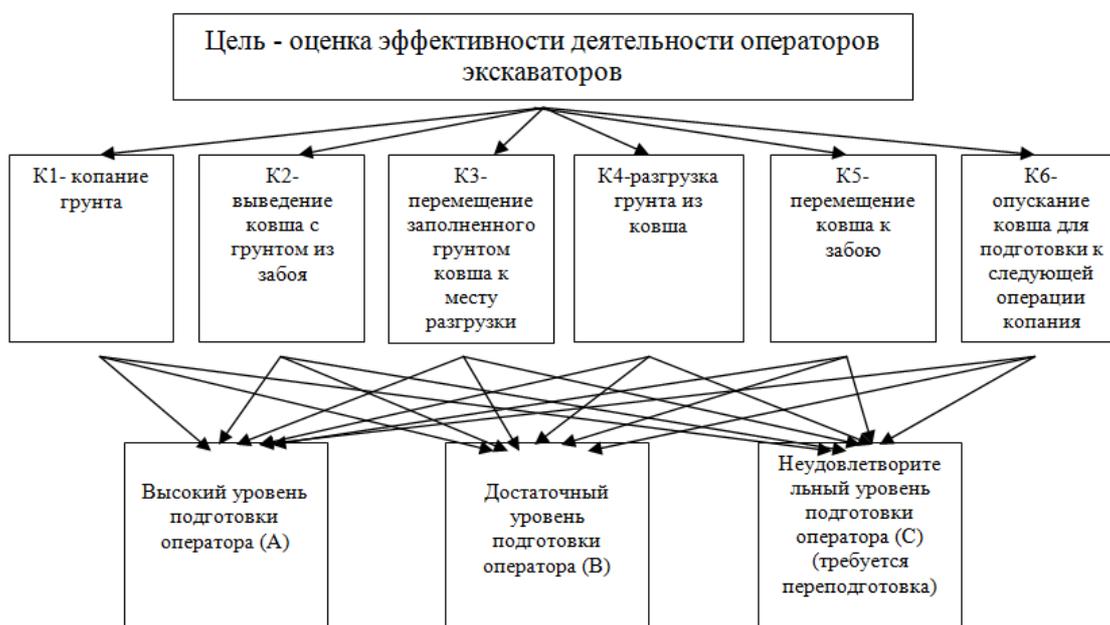


Рис. 1. Иерархическая схема проблемы выбора оператора экскаватора.

Необходимо учитывать, что каждый из выше перечисленных факторов имеет разную степень важности. Следовательно, на первом этапе необходимо дать оценку каждому критерию с точки зрения членов экспертной группы.

Метод попарных сравнений

При методе попарных сравнений используется шкала словесных определений уровня важности, причем ставится в соответствие число (табл. 1) [5; 7].

Таблица 1

Шкала относительной важности

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное превосходство	5

Значительное превосходство	7
Очень большое превосходство	9

Определение значимости каждого из критериев с точки зрения членов экспертной группы представлено в таблице 2 на примере эксперта 1.

Таблица 2

Матрица сравнений для критериев – эксперт 1

Критерии	К1 - копание грунта	К2 - выведение ковша с грунтом из забоя	К3 - перемещение заполненного грунтом ковша к месту разгрузки	К4 - разгрузка грунта из ковша	К5 - перемещение ковша к забою	К6 - опускание ковша для подготовки к следующей операции копания	Собственный вектор	Вес критерия
К1 - копание грунта	1	1	3	7	9	5	3,13	0,35
К2 - выведение ковша с грунтом из забоя	1	1	3	9	5	5	2,96	0,34
К3 - перемещение заполненного грунтом ковша к месту разгрузки	1/3	1/3	1	7	3	3	1,38	0,16
К4 - разгрузка грунта из ковша	1/7	1/9	1/7	1	5	5	0,62	0,07
К5 - перемещение ковша к забою	1/9	1/5	1/3	1/5	1	7	0,47	0,05
К6 - опускание ковша для подготовки к следующей операции копания	1/5	1/5	1/3	1/5	1/7	1	0,27	0,03

Построив матрицу для всех данных критериев, приступаем к сравнению заданных альтернатив по каждому критерию отдельно. Приведем эти сравнения в табл. 3, 4.

Таблица 3

Сравнение по критерию К1

Альтернатива	A	B	C	Собственный вектор	Вес
A	1	7	9	3,98	0,77
B	1/7	1	5	0,89	0,17
C	1/9	1/5	1	0,28	0,05

Аналогичным образом выполняем сравнения для оставшихся критериев и определяем вес альтернатив (табл. 4).

Таблица 4

Сравнения по данным критериям

Сравнение по критерию	Альтернатива	Собственный вектор	Вес
К2	A	2,76	0,65
	B	1,19	0,28
	C	0,31	0,07
К3	A	1,91	0,51
	B	1,44	0,39
	C	0,36	0,1
К4	A	3	0,66
	B	1,33	0,29
	C	0,25	0,05
К5	A	3,56	0,75
	B	0,84	0,18
	C	0,33	0,07
К6	A	3	0,67
	B	1,19	0,27
	C	0,28	0,06

Расчет коэффициентов важности

Таблицы 3 и 4 позволяют для соответствующих элементов иерархического уровня вычислить коэффициенты важности. Но первым делом нужно рассчитать собственные векторы матрицы и пронумеровать их. Для этого необходимо извлечь корень n-й степени (n - размерность матрицы сравнений) из произведений элементов каждой строки.

Далее определяем вектор локальных приоритетов (вес критерия), который и будет показывать значимость сравниваемых критериев с точки зрения данного эксперта. Компонента вектора приоритетов определяется как отношение компоненты собственного вектора матрицы к сумме значений его компонент [5].

Поиск наилучшей альтернативы

Анализ полученных коэффициентов важности осуществляется по формуле:

$$V_j = \sum_{i=1}^N w_i \times V_{ji},$$

где S_j - показатель качества j-й альтернативы; w_i - вес i-го критерия; V_{ji} - важность j-й альтернативы по i-му критерию.

Для трех данных альтернатив проведем вычисления:

$$V_A = 0,35 \times 0,77 + 0,34 \times 0,65 + 0,16 \times 0,51 + 0,07 \times 0,66 + 0,05 \times 0,75 + 0,03 \times 0,67 = 0,68; V_B = 0,25; V_C = 0,07$$

Итак, альтернатива А - наилучшая.

Проверка согласованности суждений

Проверка выполняется путем подсчета индекса согласованности (ИС) сравнений, при

помощи матрицы парных сравнений. ИС определяется:

$$L = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1},$$

где n - число сравниваемых элементов (размер матрицы).

$$L_{K1} = \frac{3,21-3}{2} = 0,105; L_{K2} = 0,03; L_{K3} = 0,04; L_{K4} = 0,04; L_{K5} = 0,01; L_{K6} = 0,01$$

Подсчитывается среднее значение индекса согласованности R для кососимметричных матриц, заполненных случайным образом в нашем случае R=0,58.

Вычисляется отношение согласованности (ОС):

$$T = \frac{L}{R},$$

$$T_{K1} = \frac{0,105}{0,58} = 0,18; T_{K2} = 0,05; T_{K3} = 0,07; T_{K4} = 0,07; T_{K5} = 0,02; T_{K6} = 0,02$$

При применении метода желательным считается уровень $T < 0,1$; в некоторых случаях принимается $T < 0,2$, но не более. Если отношение согласованности выходит за эти пределы, то результаты работы таких экспертов рекомендуется исключить из рассмотрения [7].

Аналогичным образом заполняются матрицы для остальных экспертов, и определяется обобщенная оценка членов экспертной группы (табл. 5).

Таблица 5

Обобщенная оценка членов экспертной группы

Критерий	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Оценка
K1	0,355	0,498	0,378	0,296	0,505	0,619	0,423	0,439
K2	0,335	0,219	0,303	0,513	0,25	0,115	0,246	0,283
K3	0,157	0,128	0,154	0,011	0,153	0,051	0,068	0,103
K4	0,070	0,072	0,082	0,06	0,014	0,092	0,0964	0,070
K5	0,053	0,046	0,051	0,09	0,029	0,02	0,0146	0,043
K6	0,030	0,037	0,032	0,03	0,049	0,103	0,152	0,062
Сумма	1	1	1	1	1	1	1	1

На заключительном этапе определяется глобальный приоритет рассматриваемых типов экскаваторов по всем показателям с учетом их значимости (табл. 6).

Таблица 6

Матрица глобальных приоритетов

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	R _{глобальное}
Обобщенная оценка							
Альтернативы	0,44	0,28	0,10	0,07	0,04	0,06	

Высокий уровень подготовки	0,67	0,73	0,64	0,66	0,75	0,60	0,68
Достаточный уровень подготовки	0,25	0,20	0,28	0,23	0,17	0,31	0,24
Неудовлетворительный уровень подготовки	0,08	0,07	0,08	0,11	0,08	0,09	0,08

Для упрощенного восприятия результатов анализа строим две диаграммы: лепестковую диаграмму сравнительного анализа (рис. 2), итоговую столбиковую диаграмму компонент вектора глобального приоритета (рис. 3) [1].

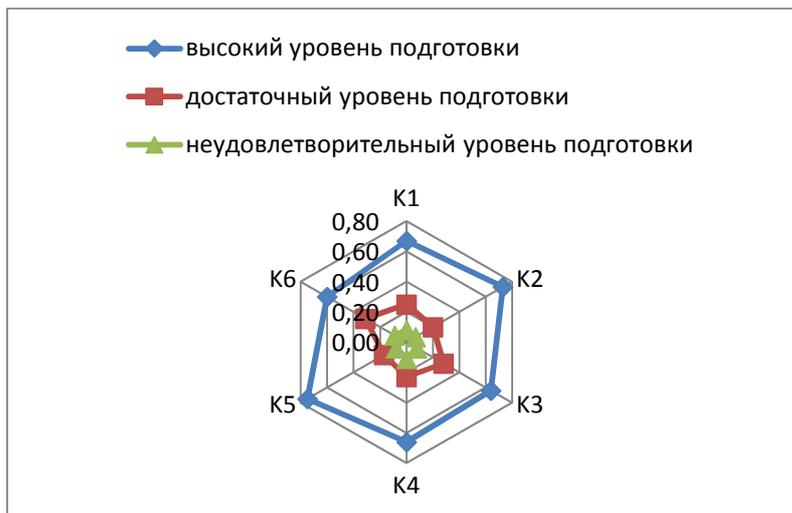


Рис. 2. Диаграмма сравнительного анализа.

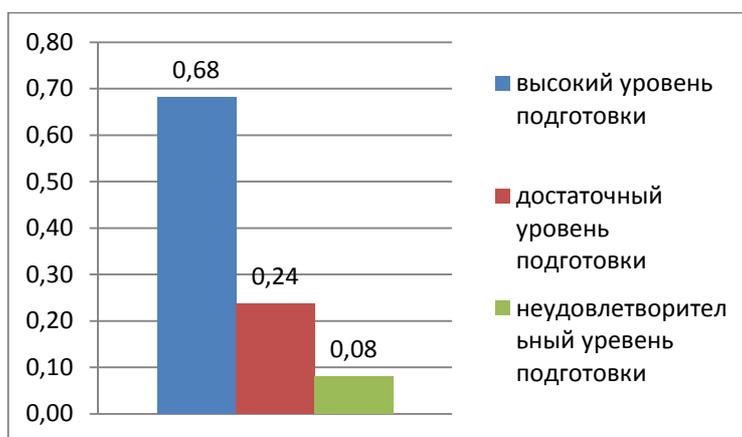


Рис. 3. Итоговая диаграмма глобального приоритета.

Вывод

При большом многообразии методов и средств по оценке операторского труда не существует единого подхода в установлении уровня профессиональной подготовленности операторов. По результатам исследований установлено, что операторы с уровнем подготовки «высокий» - 0,24-0,68 и «достаточный» - 0,08-0,24 допускаются к выполнению технических задач, операторы с уровнем «неудовлетворительный» - 0-0,08 не допускаются к выполнению работ и рекомендуются к переподготовке.

Список литературы

1. Великанов В.С. Возможности метода парных сравнений в установлении значимости показателей горных машин и комплексов по критерию эргономичности // Вестник КузГТУ. - 2013. - № 4. - С. 43-46.
2. Дмитриева М.А., Крылов А.А., Нафтельев А.И. Психология труда и инженерная психология. - Л. : ЛГУ, 1979. - 220 с.
3. Корнилов Ю.Н. Технология обработки парных сравнений при проведении экспертной оценки / Ю.Н. Корнилов, Ю.И. Сапожникова // Записки Горного института. Современные проблемы освоения территорий. – 2013. - Т. 204. - С. 171-174.
4. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов» // Социология. - 2005. - № 20. - С. 12-20.
5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учебник. - Изд. второе, перераб. и доп. - М. : Логос, 2002. - 392 с.
6. Осинцев Н.А. Управление безопасностью производства на рабочих местах с применением аппарата теории нечетких множеств // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. - 2008. - № 4. - С. 83-85.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализ иерархий [пер. с англ.]. - М. : Радио и связь, 1993. - 278 с.
8. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. - М. : Радио и связь, 1991. - 224 с.
9. Сафин Г.Г., Абдрахманов А.А., Великанов В.С. Определение показателей надежности системы «оператор - горная машина - среда» методом функциональных сетей // Инженерный вестник Дона. – 2014. - № 4. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2673.
10. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // Int. J. Services Sciences. - 2008. - Vol. 1, N 1. - P. 83-98.

Рецензенты:

Першин Г.Д., д.т.н., профессор, профессор кафедры ГМиТТК ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

Анцупов А.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения» ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.