

УДК 613.62

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА К ОЦЕНКЕ
РИСКА ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ****Захаренков В.В., Суржиков Д.В., Олещенко А.М., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г.,
Большаков В.В.***ФГБУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний» СО РАМН, Новокузнецк, e-mail: ecologia_nie@mail.ru*

В исследовании получена несимметричная детерминантная матрица и определены канонические величины, приписывающие наибольший вес уровню вибрации на рабочих местах работников разрезов. Высокие значения канонических величин характерны для рабочего места бульдозеристов. Для интерпретации различий характеристик основных профессий угольных разрезов построен дендрит минимальной протяженности, основанный на канонических величинах. Для определения удельного вклада и роли каждого из признаков производственной среды угольных разрезов был использован компонентно-факторный анализ, наибольшее влияние на формирование нагрузки факторами риска оказывают присутствие в атмосфере производственной зоны пыли и сернистого газа, а также уровни вибрации на рабочем месте.

Ключевые слова: угольные разрезы, условия труда, факторы риска, каноническая величина, дендрит, коэффициенты корреляции

**APPLICATION OF THE METHODS OF MULTI-DIMENSIONAL ANALYSIS TO THE
EVALUATION OF RISK FACTORS OF THE INDUSTRIAL ENVIRONMENT****Zakharenkov V.V., Surzhikov D.V., Oleshchenko A.M., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G.,
Bolshakov V.V.***FSBI «Research institute for complex problems of hygiene and occupational diseases» SB RAMS,
Novokuznetsk, e-mail: ecologia_nie@mail.ru*

In the study, asymmetrical determinant matrix was received and canonical values were defined assigning the greatest weight to the level of vibration at the workplaces of the workers of pits. High values of the canonical indices are typical for the workplace of bulldozers. To interpret the differences in the characteristics of the main professions of coal pits the dendrite of minimum length was built based on the canonical values. To determine the specific contribution and the role of each of the signs of the production environment of coal pits component-factor analysis was used, the greatest influence on the formation of the load with risk factors dust and sulphur dioxide in the atmosphere of an industrial zone as well as the levels of vibration at the workplace have.

Keywords: coal pits, working conditions, risk factors, a canonical value, dendrite, correlation coefficients

Кемеровская область является крупнейшей индустриальной базой всей страны. Основной отраслью промышленной специализации Кузбасса является топливно-энергетический комплекс (ТЭК), который в структуре промышленного производства области занимает 42%, в то время как в целом по России доля отраслей ТЭК составляет чуть более 16%. Основную долю ТЭК Кузбасса занимают угледобывающие предприятия, на которых добывается около 200 млн. тонн угля в год, что составляет более 57% общероссийской добычи. Открытый способ добычи является более высокопроизводительным и менее затратным. В Кузбассе доля добычи угля открытым способом составляет более 50%. В регионе эксплуатируется 36 угольных разрезов, на которых в 2011 году было занято 107,9 тысяч человек. При этом угольная промышленность характеризуется сложными условиями труда, воздействием на горнорабочих целого комплекса неблагоприятных производственных факторов – шума, вибрации,

запыленности, что определяет актуальность настоящего исследования [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Материалы и методы исследования

В модели функции канонических величин рассматривается задача дискриминации ряда априорных групп в случае, когда для каждого многомерного объекта измеряется несколько переменных показателей [1, 2, 3, 4]. Модель дает такую линейную функцию измерений по каждой переменной, что объект можно отнести к той или иной группе с наименьшей вероятностью ошибиться. При этом необходимо представление ряда переменных в пространстве как можно меньшего числа размерностей, для чего производится выделение межгрупповой вариабельности из внутригрупповой. Фактически задача состоит в том, чтобы получить набор дискриминантных функций вида: $d = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_px_p$, где $a_1, a_2, a_3, \dots, a_p$ являются коэффициентами, определенными так, что они минимизируют смешение между различными группами. Данные коэффициенты задаются собственными числами и собственными векторами произведения объединенной матрицы внутригрупповых сумм квадратов и произведений отклонений от групповых средних на матрицу межгрупповых сумм квадратов и произведений отклонений. Элементы нормированных собственных векторов служат весами, а собственные числа являются показателями дис-

криминационной способности по соответствующим каноническим величинам.

Для исследования нагрузок факторами производственного риска выбраны условия труда работников основных специальностей угольных разрезов Междуреченского района Кемеровской области и приведен ряд стандартных измерений запыленности, загазованности, шума и вибрации на местах работы трудящихся. Все показатели производственной среды были переведены из единиц их измерения в доли предельно допустимых концентраций и составлены сводные таблицы данных этих значений для каждой специальности.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Условия труда основных профессий угольных разрезов представляют собой ряд априорных группировок, для которых необ-

ходимо было исчислить эффективные дискриминаторы, опирающиеся на 6 факторов-измерений. Была получена несимметричная детерминантная матрица и определены ее первые 4 собственных числа, причем процент вариабельности вычислялся по отношению к сумме элементов главной диагонали данной матрицы. Первые 4 канонические величины несут 99,58% полной вариабельности детерминантной матрицы, причем на долю первой из них приходится 71,62%, на долю второй – 14,16%, третьей – 7,35%. Для дискриминации между группами фактически важны первые две канонические величины. Присвоенные шести факторам-переменным веса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Веса переменных в канонических величинах

№ п/п	Факторы	Нормированные веса	
		Каноническая величина 1	Каноническая величина 2
1.	Запыленность	0,022	0,015
2.	Концентрация угарного газа	-0,66	-0,226
3.	Концентрация окислов азота	-0,46	-0,002
4.	Концентрация сернистого газа	0,005	0,007
5.	Шум	-0,274	-0,19
6.	Вибрация	0,517	0,95

Обе канонические величины приписывают наибольший вес уровню вибрации на рабочем месте горнорабочих, присваивая положительный вес запыленности и загазованности сернистым газом и отрицательный вес уровню шума, присутствию концентраций окиси угле-

рода и окислов азота. Таким образом, для профессий с высокими значениями данных канонических величин характерны условия труда с высокой вибрацией и запыленностью.

В табл. 2 представлены средние значения обеих канонических величин.

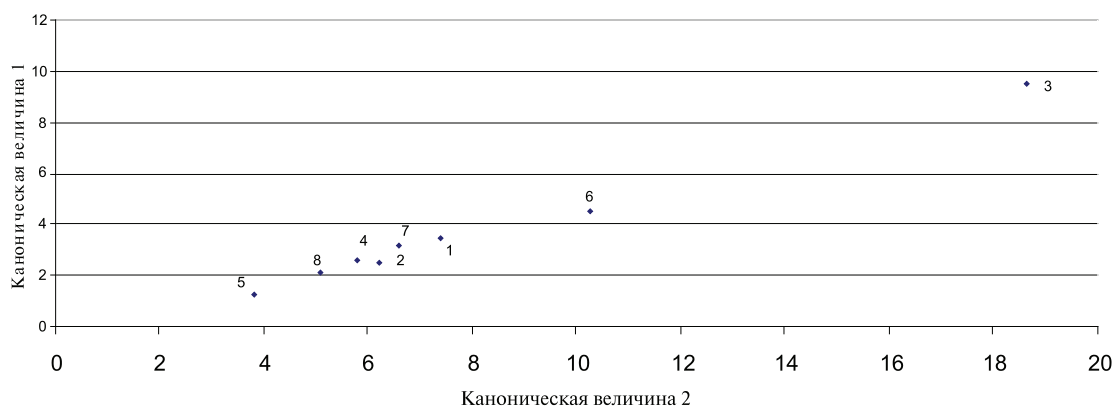
Таблица 2

Средние значения канонических величин для отдельных специальностей угольных разрезов

№ п/п	Профессии	Каноническая величина 1	Каноническая величина 2
1.	Машинист гусеничного экскаватора	3,51	7,39
2.	Оператор бурильной установки	2,47	6,23
3.	Бульдозерист	9,55	18,65
4.	Машинист тепловоза	2,57	5,8
5.	Водитель автосамосвала БелАЗ	1,3	3,82
6.	Машинист вспомогательной ж/д техники	4,48	10,25
7.	Водитель линейного автотранспорта	3,19	6,59
8.	Машинист шагающего экскаватора	2,11	5,08

Характеристика рабочего процесса бульдозеристов сразу идентифицируется по высоким значениям обеих канонических величин. По сравнительно высокому значению второй канонической величины выделяются условия труда машинистов вспомо-

гательной железнодорожной техники. Для интерпретации различий характеристик основных профессий угольных разрезов построен дендрит минимальной протяженности, основанный в данном случае на канонических величинах (рисунок).



Проекция дендрита минимальной протяженности для основных профессий угольных разрезов на двумерную плоскость

Для определения удельного вклада и роли каждого из признаков производственной среды угольных разрезов был использован компонентно-факторный анализ. Уровень риска, наиболее полно учитывающий исходные показатели, зависит от величин, характеризующих неравномерность распределения значений факторов, а первая главная компонента исследуемой системы ряда показателей как раз и является нормированно-центрированной линейной комбинацией этих показателей, которая среди всех прочих нормированно-центрированных линейных комбинаций переменных обладает наибольшей дисперсией [1, 3, 4]. Интегральный индикатор уровня риска (ИИУР) был определен в качестве переменной, зная значения которой возможно с наибольшей точностью восстановить значения частных критериев в виде линейной аппроксимации от этой переменной. Именно этим свойством обладает 1-ая главная компонента, а сравнительная оценка удельного веса влияния факторов на ИИУР производилась, основываясь на абсолютных величинах ко-

эффициентов корреляции между значениями факторов и значениями 1-й компоненты. С этой целью была построена матрица 6-ти исходных признаков производственной среды, определены её собственные числа, нормированные собственные вектора и исчислена матрица нагрузок факторов на главные компоненты. Собственное число 1-й компоненты оказалось равным 3,946; это число, выраженное как процент от общего числа переменных, показывает, какую долю полной вариабельности учитывает данная компонента. Было определено, что 1-ая линейная функция 6-ти переменных отвечает за 65,7% полной вариабельности, а следующие две компоненты – за 14,1% и 12% соответственно. Таким образом, вариация трех компонент объясняет 91,8% общей вариации и исчисление следующих компонент не имеет практического значения.

В табл. 3 приведены нагрузки факторов на 1-ую компоненту, которые были использованы для интерпретации удельного веса влияния признаков на уровень нагрузки производственной среды.

Таблица 3
Коэффициенты корреляции между факторами и главной компонентой

№ п/п	Факторы	Коэффициенты корреляции
1.	Запыленность	0,64
2.	Концентрация угарного газа	-0,46
3.	Концентрация окислов азота	0,32
4.	Концентрация сернистого газа	0,65
5.	Уровень шума	0,327
6.	Уровень вибрации	0,566

Нагрузки характеризуются следующим образом: фактор будет обладать наибольшим удельным весом влияния на ИИУР, если коэффициент его связи с компонентой будет максимальным. Из табл. 3 видно, что наибольшее влияние на формирование нагрузки факторами риска оказывают присутствие в атмосфере производственной зоны пыли и сернистого газа, а также уровень вибрации на рабочем месте.

Таким образом, показано, что многомерная модель анализа канонических величин может служить инструментом для изучения возможности дискриминации между несколькими априорными группами – условиями труда. Авторами также были определены ряд канонических корреляций с целью установления классов болезней, на которые потенциально воздействуют вышеприведенные факторы риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 269 с.
2. Джефферс Д. Системный анализ в экологии. – М.: Мир, 1981. – 252 с.

3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 350 с.

4. Дубров А.М. Обработка статистических данных методом главных компонент. – М.: Статистика, 1978. – 135 с.

5. Захаренков В.В., Вибляя И.В., Олещенко А.М. Здоровье трудоспособного населения и сохранение трудового потенциала Сибирского федерального округа // Медицина труда и промышленная экология. 2013. № 1. С. 6-10.

6. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Данилов И.П. и др. Оценка профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий на основе медицинской технологии // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 2. С. 8.

7. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Данилов И.П. и др. Новая медицинская технология оценки профессионального риска для здоровья работников промышленных предприятий // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 9. С. 136-139.

8. Захаренков В.В., Олещенко А.М., Панайотти Е.А., Суржиков Д.В. Комплексная оценка риска для здоровья работающих при открытой добыче угля от воздействия физических факторов // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. 2006. № 3. С. 29-33.

9. Кислицына В.В., Корсакова Т.Г., Мотуз И.Ю. Особенности условий труда и профессионального риска работников, занятых при открытой добыче угля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. Т. 2013. № 4. С. 52-55.

10. Олещенко А.М., Захаренков В.В., Суржиков Д.В. и др. Оценка риска заболеваемости рабочих угольных разрезов Кузбасса // Медицина труда и промышленная экология. 2006. № 6. С. 13-16.