

УДК 006.015.5

**К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОБРАТНОГО ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО
ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА**

В.А. Залоза, Г.Г. Лагуза, М.Г. Лагуза*, Н.Н. Удод

Сумский государственный университет, г. Сумы;

**ОАО КБ «Надра», г. Сумы*

Предложен аналитический способ определения весовых коэффициентов при реализации метода обратного детерминированного факторного анализа, который позволяет отказаться от экспертного оценивания весовых коэффициентов.

В данной работе на примере комплексного сравнительного оценивания факторов влияния на компоненты окружающей среды рассмотрены некоторые особенности математического метода, который используют для экономического анализа производственно-хозяйственной деятельности предприятий и их подразделений. Это метод обратного детерминированного факторного анализа [1]. В нем возможен любой круг показателей, по которым дается комплексная оценка, учитывается значимость каждого показателя, а также различия в условиях по каждому из них.

Метод предполагает использование линейной алгебры и рассчитан на сравнение всех показателей и меры их отклонений от наилучших результатов по каждому показателю, характеризующих в совокупности условный объект анализа, в нашем случае – «год-эталон».

Математическая аналогия метода состоит в следующем. Каждому году ставят в соответствие точку в n -мерном пространстве, здесь n – число факторов, по которым производят сравнение. Координатами точки служат факторы влияния на компоненты окружающей среды, выраженные в долях тех же факторов «года-эталона». Тогда субординацию комплекса факторов влияния на компоненты окружающей среды по годам определяют через удаленность точек, соответствующих каждому году, от точки «года-эталона».

Расстояния до точки «года-эталона» находят по формуле

$$\rho_i = \sqrt{(1 - a_{i1})^2 + (1 - a_{i2})^2 + \dots + (1 - a_{in})^2}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, m$ – количество лет анализа показателей компонентов окружающей среды;

$a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$ – координаты i -го года (как они определены выше).

Традиционно считают, что в формулу (1) можно ввести весовые коэффициенты. Тогда формула (1) примет вид

$$\rho'_i = \sqrt{k_1(1 - a_{i1})^2 + k_2(1 - a_{i2})^2 + \dots + k_n(1 - a_{in})^2}, \quad (2)$$

где k_j – весовые коэффициенты, ($j=1, 2, \dots, n$).

Большинство специалистов отмечают, что вполне приемлемый способ определения весовых коэффициентов – экспертные оценки. В то же

время, по мнению Г.Г.Азгальдова [2], «одна из распространенных ошибок при определении коэффициентов важности – ориентация только на технологию экспертного метода. На самом же деле существуют и могут применяться (хотя и значительно реже) и аналитические (неэкспертные) методы определения таких коэффициентов. Причем они обеспечивают большую точность оценки, чем методы экспертные».

Таблица 1 – Факторы влияния на компоненты окружающей среды

	Фактор влияния	Год					
		1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух							
1	Выбросы в атмосферный воздух, тыс. тонн	60,2	81,0	85,6	85,9	78,8	80,8
2	Передвижные источники	35,4	54,7	55,1	56,9	51,0	50,6
3	- CO	16,9	22,2	43,4	44,8	40,2	40,5
4	- NOx	1,3	1,8	3,2	3,3	3,1	3,1
5	- CxHy	3,1304	6,5271	8,0684	8,3226	7,3772	5,0583
6	Стационарные источники	24,8	26,3	30,5	29,0	27,8	30,2
7	- CO	5,0	9,0	7,6	7,9	9,6	10,2
8	- NOx	2,3	3,6	3,9	4,4	4,5	4,2
9	- CxHy	0,843	0,635	0,510	0,930	1,125	2,326
10	Количество вредных веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. тонн	65,6	72,9	69,6	59,7	61,4	60,2
Водные ресурсы							
11	Отвод (сброс сточных вод), млн м ³	88,7	84,4	76,8	72,8	60,9	72,8
12	- загрязненных	15,8	14,6	15,5	15,6	12,9	10,7
13	- без очистки	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,5
14	Сброс загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты, тонн	43355,4	50363,9	62250,0	60590,0	44760,0	44000,9
15	БПК (биохимическое потребление кислорода)	1178	1093	1168	1069	958	933
16	ХПК (химическое потребление кислорода)	2320	1034	1795	1942	1069	1430
17	Взвешенные вещества	1357	1036	1241	1166	855	789
18	N (сумма минеральных форм)	648,0	456,6	834,0	870,0	793,0	768,0
19	P (ортофосфаты)	68,30	15,60	20,75	32,41	45,34	87,51
20	Нефтепродукты	0,791	0,869	0,596	0,097	0,037	0,050
Земельные ресурсы							
21	Внесение органических удобрений, тонн на 1 га пашни	1,4	1,6	1,7	1,7	1,5	1,3
22	Внесение минеральных удобрений, кг в действующем веществе на 1 га пашни	14,6	15,0	21,0	18,0	25,0	25,0
23	Известкование, тыс. га	2,00	0,08	0,60	0,78	1,80	5,40
24	Внесено пестицидов, тонн	367,7	262,3	330,8	335,0	428,0	331,0
25	Пестицидная нагрузка, кг/га	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
26	Обработка биологическим методом, тыс. га	43,0	132,3	57,9	30,9	37,4	26,9

Таким образом, аналитические способы определения весовых коэффициентов – предпочтительнее. В данной работе предлагается новый аналитический способ определения весовых коэффициентов.

Исходными данными для комплексного анализа факторов влияния на компоненты окружающей среды служат официальные статистические данные за период с 1999 по 2004 год, опубликованные в докладах [3, 4]. В таблице 1 представлены значения факторов влияния.

Рассмотрим решение задачи об оценивании весовых коэффициентов для следующих компонентов окружающей среды: атмосферный воздух, водные ресурсы, земельные ресурсы. Оценивание производят по неотрицательным факторам, причем чем выше значение фактора, тем выше, естественно, нагрузка на соответствующий компонент окружающей среды. При экономическом анализе производственно-хозяйственной деятельности чаще складывается обратная ситуация. Таким образом, чтобы исходные данные из таблицы 1 корректно включить в расчет по схеме обратного детерминированного факторного анализа, их следует видоизменить по такой схеме:

- 1) определяют наибольший элемент в каждой строке таблицы 1;
- 2) наибольший элемент из строки таблицы 1 вычитают из всех элементов этой строки;
- 3) модули полученных разностей включают в таблицу 1 вместо исходных данных.

С учетом сказанного рассчитана таблица координат для нашей задачи (табл. 2).

Таблица 2 – Таблица координат задачи комплексной оценки факторов влияния

Порядковый номер фактора (таблица 1)	Год					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух						
1	1,0000	0,1907	0,0117	0,0000	0,2763	0,1984
2	1,0000	0,1023	0,0837	0,0000	0,2744	0,2930
3	1,0000	0,8100	0,0502	0,0000	0,1649	0,1541
4	1,0000	0,7500	0,0500	0,0000	0,1000	0,1000
5	1,0000	0,3458	0,0490	0,0000	0,1821	0,6287
6	1,0000	0,7368	0,0000	0,2632	0,4737	0,0526
7	1,0000	0,2308	0,5000	0,4423	0,1154	0,0000
8	1,0000	0,4091	0,2727	0,0455	0,0000	0,1364
9	0,8166	0,9312	1,0000	0,7687	0,6613	0,0000
10	0,5530	0,0000	0,2500	1,0000	0,8712	0,9621
Водные ресурсы						
11	0,0000	0,1547	0,4281	0,5719	1,0000	0,5719
12	0,0000	0,2353	0,0588	0,0392	0,5686	1,0000
13	0,2500	0,2500	0,7500	1,0000	1,0000	0,0000
14	1,0000	0,6291	0,0000	0,0879	0,9257	0,9658
15	0,0000	0,3469	0,0408	0,4449	0,8980	1,0000
16	0,0000	1,0000	0,4082	0,2939	0,9728	0,6921
17	0,0000	0,5651	0,2042	0,3363	0,8338	1,0000
18	0,5370	1,0000	0,0871	0,0000	0,1863	0,2467
19	0,2671	1,0000	0,9284	0,7662	0,5864	0,0000
20	0,0938	0,0000	0,3281	0,9279	1,0000	0,9844
Земельные ресурсы						
21	0,7500	0,2500	0,0000	0,0000	0,5000	1,0000
22	1,0000	0,9615	0,3846	0,6731	0,0000	0,0000
23	0,6391	1,0000	0,9023	0,8684	0,6767	0,0000

24	0,3639	1,0000	0,5866	0,5613	0,0000	0,5854
25	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
26	0,8472	0,0000	0,7059	0,9620	0,9004	1,0000

Используем данные таблицы 2 для расчетов расстояния до точки «года-эталона» по формуле (1) и результаты расчетов сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Распределение расстояний до точки «года-эталона»

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух						
Расстояние, ρ_i	0,4831	2,0006	2,6205	2,6112	2,3276	2,5398
Водные ресурсы						
Расстояние, ρ_i	2,6712	1,9013	2,3386	2,0604	1,0244	1,6873
Земельные ресурсы						
Расстояние, ρ_i	1,2731	1,2506	1,6265	1,5225	1,8342	1,7810

Оценки, полученные в результате реализации рассматриваемого метода, носят ориентировочный характер и могут быть использованы как информация при окончательном решении вопроса о комплексной сравнительной оценке факторов влияния на компоненты окружающей среды.

Существенный недостаток реализованного метода обратного детерминированного факторного анализа состоит в том, что полученные значения расстояний до точки «года-эталона» во многом зависят от абсолютных значений факторов. Это приводит к тому, что, например, в процессе мониторинга объекта анализа, в рассматриваемом случае это компоненты окружающей среды, не представляется возможным корректно проанализировать получаемые комплексные оценки.

Выход из существующего положения может быть найден путем реализации процедуры нормирования. Она заключается в том, что по аналогии с известным подходом к нормированию весовых коэффициентов k_j , который состоит в обязательном учете ограничения

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1, \quad (3)$$

предлагается осуществить нормирование рассчитанных по формуле (1) расстояний до точки «года-эталона» в соответствии с ограничением вида

$$\sum_{i=1}^m \rho_{i\text{норм}} = 1, \quad (4)$$

где $\rho_{i\text{норм}}$ – нормированные расстояния до точки «года-эталона».

Практическая реализация этого положения заключается в том, чтобы при соблюдении равенства (4) сохранить имеющуюся пропорциональность между рассчитанными расстояниями до точки «года-эталона» (табл. 3). Преобразованные данные из таблицы 3 представлены в таблице 4.

Введем в рассмотрение понятие «уровень фона» как расстояния до точки «года-эталона», которое определяют в соответствии с формулой

$$\bar{\rho}'_i = \frac{\sum_{i=1}^m \rho'_i}{m}. \quad (5)$$

Таблица 4 – Распределение расстояний до точки «года-эталона» (нормированные значения)

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух						
Расстояние, $\rho_{\text{норм}}$	0,0384	0,1590	0,2083	0,2075	0,1850	0,2018
Водные ресурсы						
Расстояние $\rho_{\text{норм}}$	0,2286	0,1627	0,2002	0,1764	0,0877	0,1444
Земельные ресурсы						
Расстояние $\rho_{\text{норм}}$	0,1371	0,1346	0,1751	0,1639	0,1975	0,1918

Происхождение термина «уровень фона» в определенной степени диктует объект исследования, рассматриваемый в данной статье. Следует отметить, что формула (5) иллюстрирует только один из возможных подходов к определению предложенного понятия. Скорее всего уточнение этого понятия возможно на основе подхода, в основе которого лежит понятие об энтропии. Подробный анализ подходов к уточнению содержания термина «уровень фона» можно рассматривать в качестве задачи будущего исследования.

Введем в рассмотрение целевую функцию вида

$$\sum_{i=1}^m (\rho'_i - \bar{\rho}'_i)^2 \rightarrow \text{minimum}. \quad (6)$$

Тогда решение задачи об определении весовых коэффициентов может быть сведено к следующей задаче математического программирования: минимизировать целевую функцию (6) при ограничениях вида (4), где для коэффициентов k_j справедлива система неравенств

$$\begin{cases} 0 \leq k_1 \leq 1, \\ 0 \leq k_2 \leq 1, \\ \dots\dots\dots \\ 0 \leq k_n \leq 1. \end{cases} \quad (7)$$

Решение сформулированной задачи математического программирования дало возможность определить весовые коэффициенты для факторов влияния рассматриваемых компонентов окружающей среды. Результаты представлены в таблице 5.

Некоторые весовые коэффициенты, как это следует из таблицы 5, оказались равными нулю. В этом нет ничего необычного. В квалиметрии введено понятие о незначимых коэффициентах весомости (весовых коэффициентах) [5]. Не вдаваясь в дискуссию о приемлемости такого положения [2], можно охарактеризовать смысл этого явления. Он заключается в том, что факторы, для которых весовые коэффициенты оказались равными нулю, не определяют тенденцию общего воздействия факторов влияния на компоненты окружающей среды.

Результаты окончательного решения задачи о комплексном оценивании факторов влияния на компоненты окружающей среды представлены в таблице 6.

В таблице 7 представлены нормированные значения комплексной оценки факторов влияния на компоненты окружающей среды.

Таблица 5 – Распределение весовых коэффициентов для факторов влияния на компоненты окружающей среды

Атмосферный воздух		Водные ресурсы		Земельные ресурсы	
Порядковый номер фактора (таблица 1)	k_j	Порядковый номер фактора (таблица 1)	k_j	Порядковый номер фактора (таблица 1)	k_j
1	0,0000	11	0,0000	21	0,0012
2	0,0000	12	0,0000	22	0,0000
3	0,0000	13	0,1072	23	0,0230
4	0,0000	14	0,0000	24	0,0198
5	0,1584	15	0,0000	25	0,4662
6	0,0000	16	0,0000	26	0,4898
7	0,0000	17	0,0000	-	-
8	0,1129	18	0,4645	-	-
9	0,3340	19	0,0940	-	-
10	0,3947	20	0,3343	-	-

Таблица 6 – Распределение расстояний до точки «года-эталона» с учетом весовых коэффициентов

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух						
Расстояние, ρ_i'	0,3001	0,7096	0,6519	0,5283	0,5135	0,6638
Водные ресурсы						
Расстояние ρ_i'	0,6964	0,6282	0,7384	0,6865	0,5689	0,6818
Земельные ресурсы						
Расстояние ρ_i'	0,6991	0,7003	0,7165	0,6873	0,7026	0,7018

Таблица 7 – Распределение расстояний до точки «года-эталона» с учетом весовых коэффициентов (нормированные значения)

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Атмосферный воздух						
Расстояние, $\rho_{\text{норм}}$	0,0891	0,2107	0,1936	0,1569	0,1525	0,1971
Водные ресурсы						
Расстояние $\rho_{\text{норм}}$	0,1741	0,1570	0,1846	0,1716	0,1422	0,1704
Земельные ресурсы						

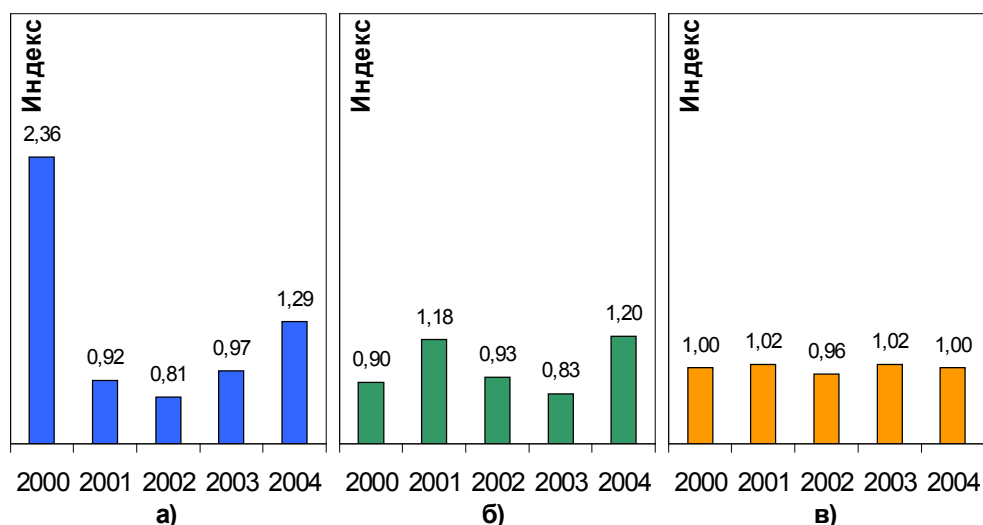


Рисунок 1 – Индексы комплексного воздействия факторов влияния на компоненты окружающей среды:
 а) атмосферный воздух; б) водные ресурсы; в) земельные ресурсы

Расстояние $\rho'_{\text{норм}}$	0,1661	0,1664	0,1703	0,1633	0,1670	0,1668
----------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Как распорядиться полученной информацией? Используя индексный метод, можно представить, например, графическую интерпретацию полученных результатов (рис. 1).

Представленная на рисунке 1 информация позволяет оценить тенденции в поведении объекта анализа, однако непосредственный анализ тенденций не определяется целью данной статьи.

ВЫВОДЫ

1 Предложен способ упорядочения рассчитанных значений комплексной сравнительной оценки факторов при реализации метода обратного детерминированного факторного анализа, предполагающий процедуру нормирования для результатов расчета.

2 Предложен аналитический способ определения весовых коэффициентов при реализации метода обратного детерминированного факторного анализа, который позволяет отказаться от экспертного оценивания весовых коэффициентов.

3 Метод обратного детерминированного факторного анализа, реализованный на основе предложенного аналитического способа определения весовых коэффициентов, позволяет принимать обоснованные решения, например, при квалиметрическом оценивании качества режима резания при обработке материалов, в сфере банковского анализа, в других областях.

SUMMARY

The analytical way of definition of weight factors is offered at realization of a method of the return determined factorial analysis. It allows to refuse experts at definition of weight factors.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теория экономического анализа хозяйственной деятельности / Под. ред. А.Д. Шеремета. – М.: Прогресс, 1982. – 288 с.
2. Азгальдов Г.Г. Практическая квалиметрия в системе качества: ошибки и заблуждения. – http://www.stq.ru/riaside/index.phtml?page=48&article_id=152.
3. Вінниченко М.Д. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2001 році. Офіційне видання. – Суми, 2002. – 74 с.
4. Вінниченко М.Д. Стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2004 році (довідь). Офіційне видання. – Суми, 2005. – 52 с.
5. Шишкин И.Ф., Станякин В.М. Квалиметрия и управление качеством: Учебник. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1992.

Залога В.А., д-р техн. наук, профессор;

Лагута Г.Г., канд. техн. наук;

Лагута М.Г., економіст;

Удод Н.Н., інженер

Поступила в редакцію 5 январа 2008 г.