

УДК 504.54

## ИНДЕКС ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Лоза П.А., Босов А.А.

### INDEX OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF RAILWAYS

Loza P., Bosov A.

*Экологические последствия оцениваются многими показателями, среди которых выбросы в атмосферу различными источниками, загрязнение воды, отходы производства, использование невозобновляемых ресурсов и т.д. Объединение перечисленных показателей и многих других в единый показатель количественной оценки экологических последствий и составляет цель данной работы. Получена аналитическая зависимость индекса экологических последствий от показателей влияющих на экологию окружающей среды от работы железной дороги. Предложена методика построения индекса экологических последствий с использованием метода главных компонент и метода анализа иерархий. Возникает возможность количественной оценки экологических последствий работы железной дороги и принятия решения по уменьшению влияния на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** метод главных компонент, метод анализа иерархий, индекс экологических последствий, железная дорога, влияние на окружающую среду.

**Введение.** В настоящее время человечество оказалось перед реальностью – полномасштабным экологическим кризисом, о котором отмечалось на международной конференции по окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 году (РИО-92). Спустя 10 лет конференцией в Йоханнесбурге (РИО-10) констатировалось продолжение глобального кризиса окружающей среды. Что касается Украины, то в работе [1] указывается на семь проблем:

1. проблема загрязнения водных ресурсов;
2. сокращение средней продолжительности жизни жителей Украины;
3. загрязнение воздуха;
4. сокращение животного и растительного мира;
5. проблема мусора и бытовых отходов;
6. проблема незаконной застройки берегов рек, озер, морей;
7. последствия Чернобыльской катастрофы.

Более детально техногенное воздействие на природные процессы Земли рассмотрены в работе [2].

Экологические процессы Земли определяются соответствующими закономерностями, которые изложены в работе [3].

Важной причиной экологического кризиса считается техногенная деятельность человечества. Основную роль играют процессы производства и использование энергии из невозобновляемых природных ресурсов. Прежде всего, это транспорт и в частности железнодорожный транспорт.

**Цель.** Целью данной работы является построение количественной оценки экологических последствий работы железной дороги.

**Методика.** В излагаемой далее методике важным моментом является исходная информация. Выбор показателей, характеризующих влияние на окружающую среду, несет на себе субъективность исследователей. Однако, в методике число показателей может быть достаточно большим (более сотни).

Мы же ограничились следующими:

- расход электрической энергии;
- расход дизельного топлива;
- выбросы в атмосферу передвижными источниками;
- выбросы в атмосферу стационарными источниками;
- водопользование (использование, отведение);
- отходы производства;
- потребление щебня.

Все эти показатели взяты по годам, начиная с 2001 по 2012 годы.

Численные значения показателей сведены в табл. 1.

**Динамика показателей.** Приведем наиболее важные показатели работы железной дороги (рис. 1, 2).

Как следует из рис. 1 и 2 и данных табл. 1, в 2009 году имело место значительное сокращение объемов грузовых перевозок, что естественно сказалось на расходе электроэнергии и дизельного топлива (рис. 3 и 4).

Таблица 1

Показатели работы железной дороги

Годы	Объемы перевозок		Расход эл. энергии, тыс. кВт·ч	Расход диз. топлива, т	Выбросы ТЭС на выработку эл. энергии, т	Выбросы в атмосферу передвижными источниками, т	Выбросы в атмосферу стационарными источниками, т	Водопользование		Отходы производства, т	Щебень, т
	Электротяга, млн ткм брутто	Теплотяга, млн ткм брутто						Использование, т	Отведение, т		
2001	81236,7	6288	998534	47224	2362	2219	2200	21100	8000	15000	435
2002	86622	7341	1020246	48071	2377	2259	2266	15600	7000	19000	450
2003	91077	13378	1059385	63720	2468	2995	1925	14726,2	6381,7	32240	519
2004	93592	12805	1067934	61220	2488	2877	1001	12278,9	5958,8	12341	520
2005	92804	9674	1070772	54430	2493	2558	1836	11773,5	5657,5	14036	480
2006	98044	9611	1122920	56320	2614	2647	1645,9	10717	5059,8	13131	410
2007	102334	11781	1132347	62820	2637	2953	1461,5	10092,3	3815,5	13713	440
2008	101232	10980	1125643	60500	2621	2844	1270	9366,8	3850,2	15938	430
2009	85311,7	6110	956208	42260	2227	1986	1075	8020,6	3247,6	17877	370
2010	91025,6	6813	1007417	45690	2346	2147	1069	7546,2	3181,5	15193	280
2011	101483,2	6643	1106541	45371	2576	2132	946	6962	2874,4	10027	303
2012	94462,4	5723	1029752	36770	2398	1728	890	6500	2100	10000	271

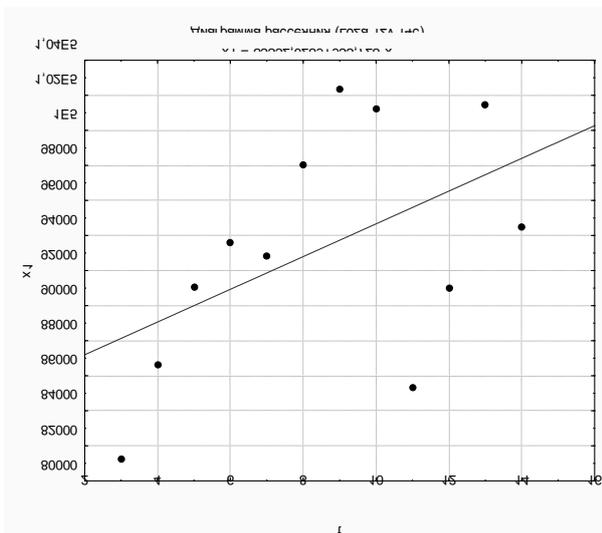


Рис. 1. Объемы перевозок (электротяга) по годам (млн ткм бр.)

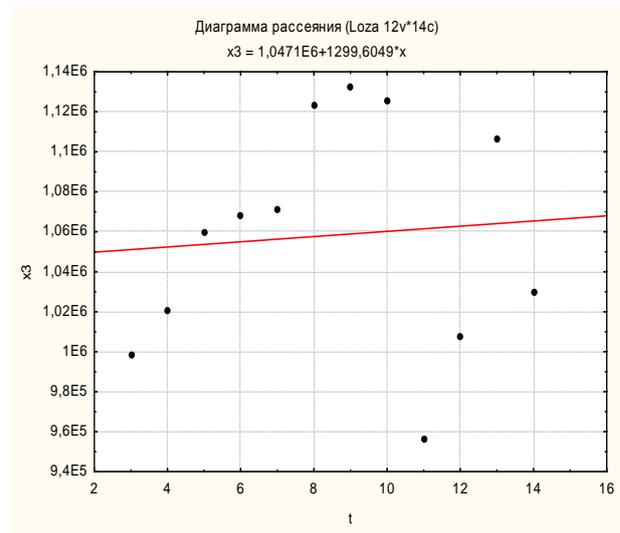


Рис. 3. Расход электроэнергии по годам (тыс. кВт·ч)

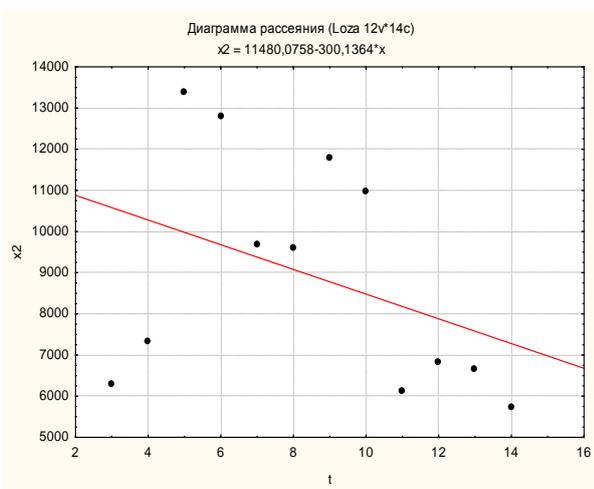


Рис. 2. Объемы перевозок (теплотяга) по годам (млн ткм бр.)

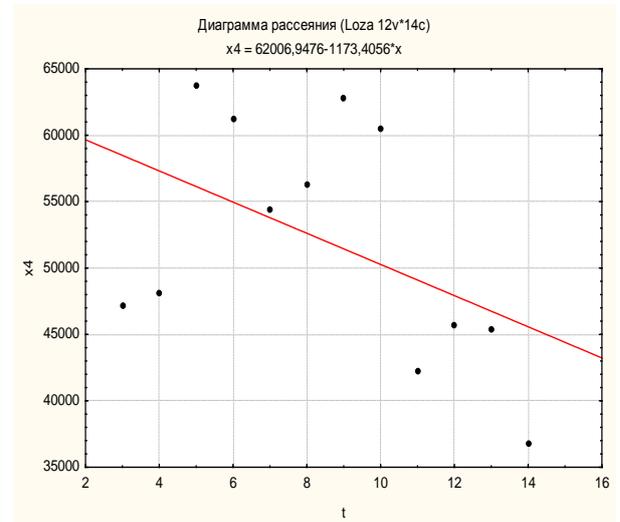


Рис. 4. Расход дизтоплива (т)

Необходимо отметить, что за рассматриваемый период с 2001 по 2012 годы имело место устойчивое уменьшение использования воды и выбросов в атмосферу стационарными источниками (рис. 5 и 6).

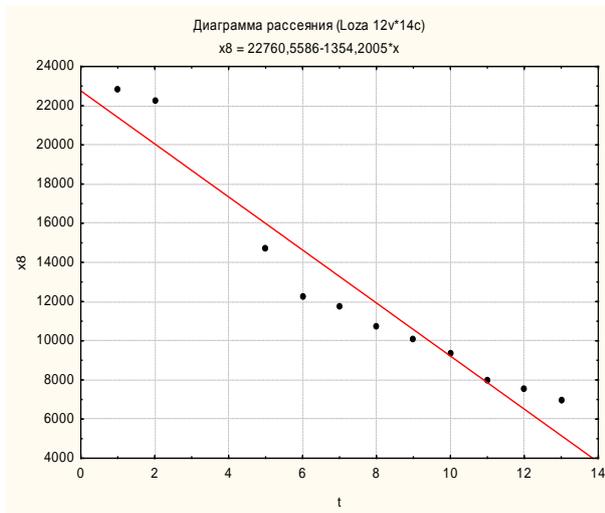


Рис. 5. Использование воды (т)

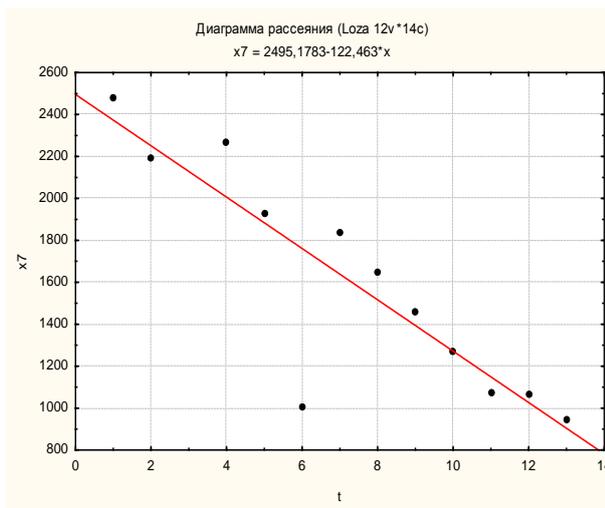


Рис. 6. Выбросы в атмосферу стационарными источниками (т)

Темп уменьшения потребления воды составил 1354,2 т/год, а для выбросов в атмосферу от стационарных источников равен 122,5 т/год.

**Показатели для оценки экологических последствий.** В качестве показателей для оценки экологических последствий выбраны следующие:

- $x_1$  – расход эл. энергии (тыс. кВт·год/год);
- $x_2$  – расход диз. топлива (т/год);
- $x_3$  – выбросы в атмосферу передвижными источниками (т/год);
- $x_4$  – выбросы в атмосферу стационарными источниками (т/год);
- $x_5$  – потребление воды (т/год);
- $x_6$  – отведение воды (т/год);
- $x_7$  – отходы производства (т/год);
- $x_8$  – использование щебня (тыс. м<sup>3</sup>/год).

При выборе этих показателей руководствовались тем, что они с определенной точностью фиксировались соответствующими приборами и отражались в отчетной документации. Отметим, что данный перечень может быть пополнен и другими показателями, например экологическими последствиями аварий на транспорте и т.д.

Исходная информация по показателям  $x_i$ ,  $i = \overline{1,8}$  имеет вид:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= [998534, 1020246, 1059385, 1067934, \\
 &1070772, 1122920, 1132347, 1125643, 956208, \\
 &1007417, 1106541, 1029752]; \\
 x_2 &= [47224, 48071, 63720, 61220, 54430, 56320, \\
 &62820, 60500, 42260, 45690, 45371, 36770]; \\
 x_3 &= [2219, 2259, 2995, 2877, 2558, 2647, 2953, \\
 &2844, 1986, 2147, 2132, 1728]; \\
 x_4 &= [2200, 2266, 1925, 1001, 1836, 1645.9, \\
 &1461.5, 1270, 1075, 1069, 946, 890]; \\
 x_5 &= [21100, 15600, 14726.2, 12278.9, 11773.5, \\
 &10717, 10092.3, 9366.8, 8020.6, 7546.2, 6962, 6500]; \\
 x_6 &= [8000, 7000, 6381.7, 5958.8, 5657.5, 5059.8, \\
 &3815.5, 3850.2, 3247.6, 3181.5, 2874.4, 2100]; \\
 x_7 &= [15000, 19000, 32240, 12341, 14036, 13131, \\
 &13713, 15938, 17877, 15193, 10027, 10000]; \\
 x_8 &= [435, 450, 519, 520, 480, 410, 440, 430, 370, \\
 &280, 303, 271],
 \end{aligned}$$

где в квадратных скобках приведены показатели по годам.

**Метод главных компонент.** Еще в 1901 году К. Пирсоном предложен метод компонентного анализа исходной информации [4].

Суть данного метода заключается в том, что  $p$  наблюдаемых переменных  $x_1, x_2, \dots, x_p$  некоторым линейным преобразованием переводится в переменные  $z_1, z_2, \dots, z_p$ , которые между собой не коррелированы и соответствующим образом нормированы.

Другими словами рассматриваются соотношения

$$x_i = \sum_{r=1}^p \omega_{ir} z_r, \quad i = \overline{1, p}, \quad (1)$$

где  $z_r$  –  $r$ -тая компонента, а  $\omega_{ir}$  – вес  $r$ -той компоненты в  $x_i$  переменной.

Матричная запись соотношений (1) представляет собой

$$x = Wz, \quad (2)$$

где  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}$ ,  $z = \{z_1, z_2, \dots, z_p\}$ ,  $W = [w_{ij}]_{ij=\overline{1, p}}$ .

Чтобы избавиться от размерности показателей  $x_i$ ,  $i = \overline{1, p}$  введем их преобразование по формуле

$$x_i = \frac{x_{ik} - \underline{x}_i}{\overline{x}_i - \underline{x}_i}, \quad i = \overline{1, p}, \quad k = \overline{1, m},$$

где  $x_{ik}$  – значение показателя  $x_i$  в  $k$ -том наблюдении;

$m$  – число наблюдений;

$\underline{x}_i$  – минимальное значение показателя  $x_i$ ;

$\bar{x}_i$  – максимальное значение показателя  $x_i$ .

При этом преобразования  $x_i$  теперь будут принадлежать отрезку  $[0,1]$ .

Первоначально вводим переменные  $y_1, y_2, \dots, y_p$ , которые удовлетворяют соотношениям

$$y = U'x, \quad x = Uy, \quad (3)$$

где  $U$  – ортогональная матрица.

Пусть  $\bar{u}_r$  –  $r$ -тый столбец матрицы  $U$ , тогда  $\bar{u}_1$  выбираем так, чтобы дисперсия  $y_1$  была бы максимальной. Столбец  $\bar{u}_2$  выбираем так, чтобы дисперсия  $y_2$  была максимальной, а  $y_1$  и  $y_2$  между собой не коррелировали. Данный процесс продолжаем далее аналогичным образом.

Если  $R$  – корреляционная матрица  $x$ -сов, то учитывая, что  $y_r = \bar{u}_r'x$  получим

$$\lambda_r = \bar{u}_r'R\bar{u}_r,$$

где  $\lambda_r$  – дисперсия  $y_r$ .

Так как  $y_i$  некоррелированы, то

$$\bar{u}_r'R\bar{u}_s = 0, \quad r \neq s,$$

последнее означает, что матрица

$$\Lambda = U'RU, \quad (4)$$

является диагональной с элементами  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ .

Фактически  $\lambda_r$  –  $r$ -тое собственное значение матрицы  $R$ , а  $\bar{u}_r$  – соответствующий собственный вектор, тогда

$$R\bar{u}_r = \lambda_r\bar{u}_r.$$

Нормируя  $y_r$ , получим  $r$ -тую главную компоненту  $z_r$ . Нормировать  $y_r$  будем так, чтобы дисперсия была бы равной единице, тогда

$$z_r = \frac{y_r}{\sqrt{\lambda_r}};$$

а так, как  $y_r = \bar{u}_r'x$ , то получаем

$$z_r = \frac{1}{\sqrt{\lambda_r}}\bar{u}_r' \cdot x$$

или в матричной форме

$$\bar{Z} = \Lambda^{-\frac{1}{2}}\bar{y} = \Lambda^{-\frac{1}{2}}U'x. \quad (5)$$

Значение  $x$  через  $\bar{Z}$  будет следующим

$$x = U\Lambda^{-\frac{1}{2}}\bar{Z}$$

Сравнивая с (2) имеем

$$W = U\Lambda^{-\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

Поскольку след  $t_r(R)$  равен  $t_r(\Lambda)$ , то получаем, что суммарная дисперсия  $x_i$  равна суммарной дисперсии компонент  $y_r$ ,  $r = \overline{1, p}$ .

Заметим, что  $r$ -тый столбец матрицы,  $W$  равен

$$\bar{w} = \sqrt{\lambda_r}\bar{u}_r.$$

Так как корреляционная матрица вычисляется для конечного числа наблюдений, в нашем случае  $m = 12$ , то значимость полученных коэффициентов корреляции оценивается с помощью критического коэффициента корреляции [5]

$$K_p(m, \gamma),$$

где  $\gamma$  – доверительная вероятность.

При  $\gamma = 0,95$  и  $m = 12$  по таблице XII работы [5] имеем

$$K_p = 0,57.$$

Последнее означает, что если коэффициент корреляции по модулю меньше критического, то этот коэффициент корреляции обнуляется, т.е. имеет место

$$R_{ij} = \begin{cases} R_{ij}, & \text{если } |R_{ij}| > K_p; \\ 0, & \text{если } |R_{ij}| \leq K_p. \end{cases}$$

В нашем случае, для дальнейших расчетов принимается корреляционная матрица:

$$R = \begin{bmatrix} 1.00 & .650 & .650 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ .650 & 1.00 & 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 & .786 \\ .650 & 1.00 & 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 & .786 \\ 0 & 0 & 0 & 1.00 & .857 & .858 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & .857 & 1.00 & .961 & 0 & .646 \\ 0 & 0 & 0 & .858 & .961 & 1.00 & 0 & .759 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.00 & 0 \\ 0 & .786 & .786 & 0 & .646 & .759 & 0 & 1.00 \end{bmatrix}$$

Используя пакет символьных вычислений [6], собственные числа и собственные векторы матрицы  $R$ , будут следующими:

$$S := [-.3600000012 \cdot 10^{-9}, 1, \{[.1037749420 \cdot 10^{-8}, -.7071067816, .7071067807, -.1483586510 \cdot 10^{-8}, .3922419462 \cdot 10^{-8}, -.2531235241 \cdot 10^{-8}, 0, .1436071883 \cdot 10^{-9}]\}, [1.00000000, 1, \{[0, 0, 0, 0, 0, 1, 0]\}], [0.04145485455, 1, \{[.02933701700, -.02163142988, -.02163142474, .09303729025, -.7535423113, .6487241463, 0, .02964003320]\}], [2.671019424, 1, \{[.3494796830, .4492210304, .4492210304, -.4006583756, -.3923371588, -.3884323835, 0, .09449649306]\}], [1.002088143, 1, \{[.6816944428, .001094979410, .001094979410, .4623292483, .03349583560, -.03233161138, 0, -.5651324185]\}], [3.394092423, 1, \{[.2010273073, .3702138099, .3702138099, .3013883168, .4124218130, .4290279632, 0, .4903874270]\}], [-.4219112653, 1, \{[.2490465188, -.2724015777, -.2724015777, .3980329388, -.2518887006, -.4080406795, 0, .6333997615]\}], [3.132564200, 1, \{[-.5566505462, .2940586053, .2940586073, .6064680179, -.2087675708, -.2768930177, 0, -.1707107012]\}].$$

При задании  $\alpha = 0,87$ , т.е. 87% для описывания разброса можно применять три главные компоненты:

$$Z_1 = .040413 AP_{non_{1,p1}} + .13706 AP_{non_{2,p1}} + .13706 AP_{non_{3,p1}} + .090836 AP_{non_{4,p1}} + .17009 AP_{non_{5,p1}} + .18407 AP_{non_{6,p1}} + .24048 AP_{non_{8,p1}};$$

$$Z_2 = .12014 AP_{non_{1,p2}} + .20180 AP_{non_{2,p2}} + .20180 AP_{non_{3,p2}} + .16053 AP_{non_{4,p2}} + .15393 AP_{non_{5,p2}} + .15088 AP_{non_{6,p2}} + .0089295 AP_{non_{8,p2}};$$

$$Z_3 = .46470 AP_{non_{1,p3}} + .11990 \cdot 10^{-5} AP_{non_{2,p3}} + .11990 \cdot 10^{-5} AP_{non_{3,p3}} + .21375 AP_{non_{4,p3}} + .0011220 AP_{non_{5,p3}} + .0010454 AP_{non_{6,p3}} + .31937 AP_{non_{8,p3}}.$$

Первая главная компонента  $Z_1$  описывает 42,4% разброса  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , вторая главная компонента  $Z_2$  описывает 33,4% разброса, а  $Z_3$  – 12,5%.

В приведенных формулах при вычислениях  $Z_1$ ,  $Z_2$  и  $Z_3$  принято, что  $AP_{non_{[i,j]}}$  – представляет значение нормированной переменной  $x_i$  в  $j$ -ом наблюдении.

Отметим, что три главные компоненты  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  описывают 88,3% разброса в исходной информации.

Очевидно, что главные компоненты  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  можно использовать для оценки экологических последствий. Изменение этих компонент во времени представлено на рис. 7.

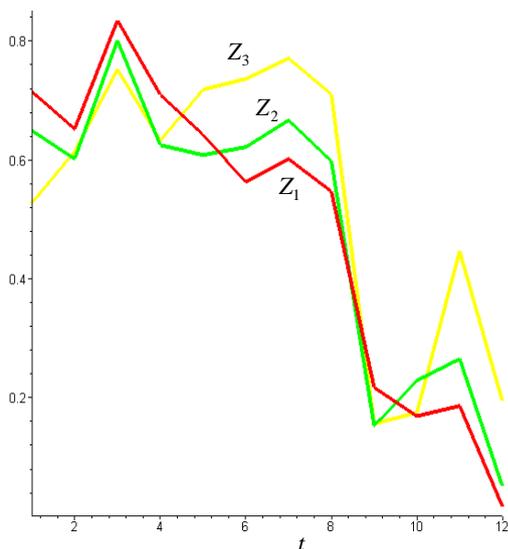


Рис. 7. Главные компоненты экологических исследований с 2001 по 2012 г.

Для построения индекса экологических последствий воспользуемся методом анализа иерархий [7].

Считаем, что данный индекс имеет вид

$$Z = w_1 Z_1 + w_2 Z_2 + w_3 Z_3,$$

где  $w_i$ ,  $i = \overline{1, 3}$  весовые коэффициенты, определяемые как компоненты собственного вектора матрицы попарных сравнений  $A$ . Матрица попарных сравнений должна обладать следующими свойствами:

$$1. a_{ij} \geq 0, i, j = \overline{1, n};$$

2. Матрица  $A$  обратно симметрична, т.е.

$$a_{ij} = 1/a_{ji}.$$

3. Матрица  $A$  обладает свойством совместности, т.е.

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} \text{ для всех } i, j, k = \overline{1, n};$$

4. Число  $n$  – максимальное собственное значение матрицы  $A$ , тогда вектор весов является собственным вектором, удовлетворяющим соотношению  $Aw = nw$ .

В работе [8] показано, что матрица  $A$  единственным способом восстанавливается по элементам первой строки и её элементы будут следующими

$$a_{ij} = \frac{a_{1j}}{a_{1i}}, i = \overline{2, n}, j = \overline{1, n}.$$

Компоненты весового вектора имеют вид

$$w_i = \frac{a_{1n}}{a_{1i}}, i = \overline{1, n}.$$

В рассматриваемом случае элементы первой строки принимаем как

$$a_{11} = 1; a_{12} = \frac{s_2}{s_1}; a_{13} = \frac{s_3}{s_2},$$

где  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$  – дисперсии главных компонент.

Опуская элементарные вычисления приведем вектор  $W$

$$W = [0.177, 0.225, 0.599],$$

тогда индекс экологических последствий будет

$$W = [0.177Z_1 + 0.225Z_2 + 0.599Z_3],$$

а через исходные данные от  $x_i$  имеем

$$Z = .3127709450 AP_{non_{1,p1}} + .06954907093 AP_{non_{2,p1}} + .06954907093 AP_{non_{3,p1}} + .1800722905 AP_{non_{4,p1}} + .06530663945 AP_{non_{5,p1}} + .06704669712 AP_{non_{6,p1}} + .2357029028 AP_{non_{8,p1}}, p1 = \overline{1, m}.$$

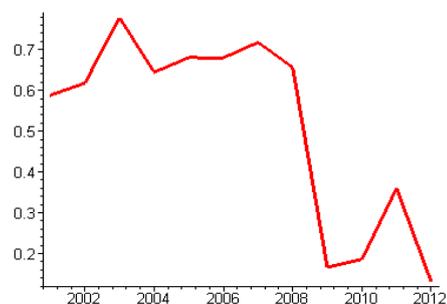


Рис. 8. Индекс экологических последствий, 2001-2012 гг.

Как следует из рис. 8 с 2001 по 2008 год имело место увеличение экологических последствий, а с 2009 года значительное уменьшение экологических последствий.

Данный факт можно объяснить тем, что в 2009 году имело место значительное уменьшение объемов перевозок. В целом данный индекс коррелирует с объемами перевозок и его можно использовать как количественную оценку работы железной дороги.

Программа расчета индекса экологических последствий работы железной дороги написана в среде Maple 7.

**Результаты.** Получена аналитическая зависимость индекса экологических последствий от натуральных показателей работы железной дороги в терминах экологических последствий.

**Научная новизна и практическая значимость.** Впервые объединено два метода: метод главных компонент и метод анализа иерархий. Максимально сокращена субъективность при построении индекса экологических последствий. С практической точки зрения возникает объективная оценка мероприятий по снижению экологических последствий.

**Выводы.** 1. Предложена методика расчета индекса экологических последствий работы железной дороги.

2. Получена возможность выбора мероприятий по снижению экологических последствий как задачи оптимизации для функций множества.

#### Л и т е р а т у р а

- 7 главных экологических проблем Украины / Интернет-издание «Обозреватель»: [электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://obozrevatel.com/ecology/-24983-7-glavnyih-ekologicheskikh-problem-ukrainyi.htm>.
- Дмитриев А.Н., Житов А.В. Техногенное воздействие на природные процессы Земли. – Новосибирск: Манускрипт, 2003. – 138 с.
- Зверев А.Т. Основные законы экологии. – М.: Издательский дом Пагонель, 2009. – 171 с.
- Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: Мир, 1967. – 144 с.
- Плохинский Н.А. Биометрия. – Издательство МГУ, 1970. – 367 с.
- Прохоров Г.В., Леденьов М.А., Колобеев В.В. Пакет символьных вычислений MapleV. – М.: Компания «Петит», 1997. – 200 с.
- Saati T. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. – 278 с.
- Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев. – С.-Петербург, 2004, e-mail: noggin@mail.infos.ru. – С. 17.

#### R e f e r e n c e s

- 7 glavnyh jekologicheskikh problem Ukrainy / Internet-izdanie «Obozrevatel»: [elektronnij resurs]. – Rezhim dostupa: URL: <http://obozrevatel.com/ecology/-24983-7-glavnyih-ekologicheskikh-problem-ukrainyi.htm>.
- Dmitriev A.N., Zhitov A.V. Tehnogennoe vozdejstvie na prirodnye processy Zemli. – Novosibirsk: Manuscript, 2003. – 138 p.
- Zverev A.T. Osnovnye zakony jekologii. – M.: Izdatel'skij dom Pagonel', 2009. – 171 p.
- Louli D., Maksvell A. Faktornyj analiz kak statisticheskij metod. – M.: Mir, 1967. – 144 p.
- Plohinskij N.A. Biometrija. – Izdatel'stvo MGU, 1970. – 367 p.
- Prohorov G.V., Leden'ov M.A., Kolobeev V.V. Paket simvol'nyh vychislenij MapleV. – M.: Kompanija «Petit», 1997. – 200 p.

- Saati T. Prinjatje reshenij. Metod analiza ierarhij. – M.: Radio i svjaz', 1989. – 278 p.
- Nogin V.D. Uproshhennyj variant metoda analiza ierarhij na osnove nelinejnoj svertki kriteriev. – S.-Peterburg, 2004, e-mail: noggin@mail.infos.ru. – P. 17.

#### **Босов А.А., Лоца П.О. Индекс екологічних наслідків роботи залізниці**

*Екологічні наслідки оцінюються багатьма показниками, серед яких викиди в атмосферу різними джерелами, забруднення води, відходи виробництва, використання незаповнюваних ресурсів і т.д. Об'єднання перерахованих показників і багатьох інших в єдиний показник кількісної оцінки екологічних наслідків становить мету даної роботи. Отримано аналітичну залежність індексу екологічних наслідків від показників, що впливають на екологію навколишнього середовища від роботи залізниці. Запропоновано методу побудови індексу екологічних наслідків з використанням методу головних компонент і методу аналізу ієрархії. Виникає можливість кількісної оцінки екологічних наслідків роботи залізниці та прийняття рішення щодо зменшення впливу на навколишнє середовище.*

**Ключові слова:** метод головних компонент, метод аналізу ієрархії, індекс екологічних наслідків, залізниця, вплив на навколишнє середовище.

#### **Bosov A., Loza P. Index of environmental impact of railways**

*Environmental consequences can be estimated by such factors as discharge in the air by different sources, water pollution, industrial wastes, using of non-renewable resources etc. Consolidation of listed factors and others in one quantitative evaluation Factor of environmental consequences is the purpose of the work. Method of dimension decreasing of input information that was proposed by K. Pearson in 1901 was one of the main methods. Today mentioned method is known as principal component analysis (PCA). Main aim of the analysis is dimension decreasing with minimal losses of information. Coordinates makes linear transformation in such way that new coordinates (principal components) doesn't correlate between each other. Because of independence of new coordinates variance of values can be shown as variance total (variance). Method of analytic hierarchy process proposed by T. Saaty is used further. Matrix of pair-wise comparison must have special aspects. According to matrix of pair-wise comparison we found weighting coefficients of principal components during its linear compression. Analytical dependence of environmental consequences index from parameters that affect on environment because of operation of railway received. Methodology of environmental consequences index built by means of PCA and analytic hierarchy process was proposed. Possibility of quantitative estimation of environmental consequences because of railway operation and possibility of making decision about decreasing of influence on environment are appears.*

**Keywords:** principal components analysis (PCA), analytic hierarchy process, environmental consequences index, railway, influence on environment.

**Лоца П.А.** – к.т.н., доцент кафедри «Електрорухомий склад залізниць», ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: dnepr339@gmail.com.

**Босов А.А.** – д.т.н., професор кафедри «Прикладна математика», ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: aabosov@i.ua.

Рецензент: Чернецька-Білецька Н.Б., д.т.н., проф.