УДК 656.21.001.57

А. А. БОСОВ, К. У. ЄЛІСЕЄНКО, О. І. ХАРЧЕНКО (ДІІТ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ (ПОВІДОМЛЕННЯ 1)

Пропонується варіант передумов для математичної задачі раціонального використання ресурсів. Виконано побудову економічного інтегрального індикатора для залізничних станцій.

Предлагается вариант предпосылок для математической задачи рационального использования ресурсов. Выполнено построение экономического интегрального индикатора для железнодорожных станций.

The variant of prerequisites for mathematical problem of rational use of resources is offered. The economic integral indicator for railway stations is built.

Вступ

Для забезпечення конкурентоспроможності залізниць в умовах транспортного ринку та інтеграції до Європейського Союзу є необхідність розробки і впровадження ресурсозберігаючих технологій на всіх етапах перевізного процесу. Зниження витрат лінійних підрозділів при виконанні всіх технологічних операцій є одним з основних завдань управління експлуатаційною роботою, що повністю відповідає Концепції і Програмі реструктуризації на залізничному транспорті України і директивним документам Укрзалізниці.

Важлива роль у виконанні перевізного процесу на залізницях України належить залізничним станціям.

Будь-яку залізничну станцію можна розглядати як деяке господарство, що у своєму розпорядженні має певні ресурси, і тоді виникає необхідність у розробці математичної моделі залізничної станції з позиції сталого розвитку з урахуванням оцінки економічних показників, їх впливу на екологію і соціальну сферу [1].

При постановці задачі раціонального використання ресурсів необхідно виходити з наступних понять (передумов).

Варіант використання ресурсів вважаємо раціональним (ефективним), якщо невелике відхилення від цього варіанту використання ресурсів приводить до погіршення хоча б одного з показників.

Два ефективні варіанти використання ресурсів називають незрівняними, якщо можна як мінімум знайти два показники таких, що один показник є кращим в одному варіанті, а інший – кращий в іншому варіанті.

Набір (множина) незрівняних ефективних варіантів раціонального використання ресурсів називатимемо оптимальними варіантами за Парето.

Залізнична станція знаходиться в стані сталого розвитку, якщо, не дивлячись на будь-які внутрішні і зовнішні дії, вона не покидає множину варіантів, оптимальних за Парето.

Постановка задачі

У даній статті розглядається математичний метод оцінки економічних наслідків роботи залізничної станції.

Для оцінки роботи залізничної станції використовуються наступні показники роботи станції: середньодобове вантаження, середньодобове розвантаження, простій вагону під однією вантажною операцією, простій транзитного вагону без переробки, простій транзитного вагону з переробкою, середньодобова переробка вагонів на горі і т.д.

Виникає задача побудови інтегрального індикатора економічної діяльності станції на основі перерахованих показників.

Для вирішення вказаної задачі при побудові інтегрального індикатора економічної діяльності залізничних станцій використовується метод головних компонент [2].

Для визначення інтегрального індикатора економічної діяльності залізничної станції був проведений аналіз показників роботи двох станцій Придніпровської залізниці. За період з 1991 по 2008 рр. розглядалися річні і середньодобові показники роботи залізничної станції, на підставі яких обчислювалися коефіцієнти кореляції (табл. 1 і 2).

Таблиця 1

Кореляційна матриця економічних показників роботи станції Джанкой за 1990-2008 рр.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,00	0,99	0,98	0,93	0,66	-0,47	-0,49	0,25	0,98	0,70
2	0,99	1,00	0,98	0,93	0,67	-0,46	-0,39	0,30	0,96	0,79
3	0,98	0,98	1,00	0,97	0,57	-0,45	-0,44	0,19	0,94	0,80
4	0,93	0,93	0,97	1,00	0,38	-0,37	-0,50	0,04	0,88	0,74
5	0,66	0,67	0,57	0,38	1,00	-0,41	-0,07	0,55	0,73	0,49
6	-0,47	-0,46	-0,45	-0,37	-0,41	1,00	0,36	-0,13	-0,48	-0,27
7	-0,49	-0,39	-0,44	-0,50	-0,07	0,36	1,00	0,19	-0,52	0,14
8	0,25	0,30	0,19	0,04	0,55	-0,13	0,19	1,00	0,33	0,26
9	0,98	0,96	0,94	0,88	0,73	-0,48	-0,52	0,33	1,00	0,64
10	0,70	0,79	0,80	0,74	0,49	-0,27	0,14	0,26	0,64	1,00

* – В цій таблиці прийнято:

1 – переробка вагонів на горі в середньому за добу; 2 – відправлено вагонів в середньому за добу; 3 – відправлено поїздів в середньому за добу; 4 – відправлено вантажних поїздів; 5 – відправлено довгосоставних поїздів; 6 – транзит з переробкою; 7 – транзит без переробки; 8 – простій під однією вантажною операцією; 9 – кількість вагонів з переробкою; 10 – кількість вагонів без переробки.

Таблиця 2

Кореляційна матриця економічних показників роботи станції Кривий Ріг-головний за 1991-2008 рр.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,00	0,97	0,18	-0,73	-0,60	-0,77	0,54	0,22	-0,35
2	0,97	1,00	0,26	-0,8	-0,64	-0,76	0,62	0,29	-0,23
3	0,18	0,26	1,00	-0,45	-0,20	-0,06	0,70	0,93	0,49
4	-0,73	– 0,8	-0,45	1,00	0,85	0,76	-0,53	-0,33	0,05
5	– 0,60	-0,64	-0,20	0,85	1,00	0,80	-0,22	-0,04	0,34
6	-0,77	-0,76	-0,06	0,76	0,80	1,00	-0,17	0,04	0,48
7	0,54	0,62	0,70	-0,53	-0,22	-0,17	1,00	0,84	0,46
8	0,22	0,29	0,93	-0,33	-0,04	0,04	0,84	1,00	0,55
9	-0,35	-0,23	0,49	0,05	0,34	0,48	0,46	0,55	1,00

* – В цій таблиці прийнято:

1 – кількість завантажених вагонів; 2 – кількість розвантажених вагонів; 3 – вагонообіг; 4 – простій під однією вантажною операцією; 5 – транзит з переробкою; 6 – транзит без переробки; 7 – прийнято поїздів; 8 – відправлено поїздів; 9 – переароблено через гору.

** – сірим кольором відмічені значущі коефіцієнти кореляції, при довірчій вірогідності 0,95.

У методі головних компонент використовується лінійне перетворення показників $x_1, x_2, ..., x_n$ у показники, які між собою нескоррельовані і нормовані.

У цьому методі основними є лінійні рівняння

$$x_i = \sum_{j=1}^{m} w_{ij} z_j \; ; \; i = \overline{1,n} \, , \qquad (1)$$

або в матричній формі

$$x = w\, z \, , \qquad (2)$$

де $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$; $z = (z_1, z_2, ..., z_n)$; $w = [w_{ij}]_i$, $j = \overline{1,n}$.

Відзначимо, що початковою інформацією в методі головних компонент є матриця (таблиця)

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{21} & x_{31} & ... & x_{n1} \\ x_{12} & x_{22} & x_{32} & & x_{n2} \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ x_{1m} & x_{2m} & x_{3m} & ... & x_{nm} \end{bmatrix}, \qquad (3)$$

де кожен рядок матриці відповідає значенням показників $x_1, x_2, ..., x_n$ у 1-му, 2-му, m-му спостереженні. У нашому випадку це будуть значення показників у певні моменти часу.

На підставі початкової інформації будується кореляційна матриця R, елементи якої визначаються за формулою

$$R_{ik} = \frac{\overline{x_i \cdot x_k} - \overline{x}_i \cdot \overline{x}_k}{S_i \cdot S_k}, \; i,k = \overline{1,n},$$

де $\quad x_i = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}$; $\quad \overline{x_i x_k} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} x_{kj}$;

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}(\overline{x}_{ij} - \overline{x}_i)^2} \; .$$

Хай λ_r і U_r, $r = \overline{1,n}$ – власні числа і власні вектора-матриці R, тоді стовпці матриці w обчислюються за формулою

$$w_r = \lambda_r^{1/2} U_r , \; r = \overline{1,n} \, .$$

причому $\qquad ww' = R$.

Вектор z визначається за формулою

$$z = \Lambda^{-1/2} U' x \, .$$

Визначимо розкид показників через одну головну компоненту z^*, яку називають інтегральним показником, таким чином:

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n} U'_{ij} x_i\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n} U'_{ij} x_i\right)}{\sqrt{n}} . \qquad (4)$$

Використовуючи пакет символьних обчислень MAPLE [3] для знаходження власних векторів і власних чисел матриці, будуємо матриці, наведені в табл. 3 і 4.

Таблиця 3

Власні числа і власні вектори матриці *R* (ст. Джанкой)

λ	Власні вектори									
5.914	0.416	0.409	0.397	0.369	0.253	-0.118	-0.123	0.028	0.409	0.323
1.559	-0.077	0.064	0.034	-0.324	0.597	0.058	0.410	0.590	-0.053	0.071
1.253	0.163	-0.029	-0.300	-0.186	0.108	-0.665	-0.395	0.234	0.218	-0.367
1.18	0.007	-0.258	-0.041	0.187	0.130	0.560	-0.635	0.399	0.030	-0.058
0.543	-0.080	0.077	0.028	0.449	-0.516	-0.226	0.171	0.625	-0.21	0.056
0.281	-0.021	-0.120	-0.405	-0.137	-0.003	-0.169	-0.196	0.002	-0.117	0.849
0.008	-0.740	0.047	-0.051	0.075	-0.039	-0.013	0.017	0.021	0.659	0.069
-0.04	-0.121	0.746	-0.521	0.171	0.136	0.172	-0.085	-0.072	-0.22	-0.134
-0.272	-0.358	0.322	0.552	-0.363	-0.072	-0.147	-0.428	0.032	-0.346	0.066
-0.427	-0.309	-0.278	0.076	0.550	0.510	-0.309	-0.039	-0.197	-0.348	-0.039

Таблиця 4

Власні числа і власні вектори матриці *R* (ст. Кривий Ріг-головний)

λ	Власні вектори								
4.296	0.443	0.458	0.088	-0.444	-0.381	-0.397	0.277	0.097	0.100
3.024	-0.058	-0.048	0.505	0.068	0.149	0.224	0.446	0.534	0.423
0.862	-0.250	-0.276	0.431	0.089	-0.227	-0.475	-0.239	0.354	-0.457
0.739	0.216	0.210	0.015	0.193	0.619	-0.077	0.364	0.027	-0.591
0.295	0.460	0.193	0.115	0.681	0.226	-0.249	-0.341	0.011	0.308
0.069	0.031	0.052	0.724	-0.109	0.036	0.144	-0.057	-0.658	-0.035
0.020	0.544	-0.705	-0.008	-0.310	0.267	-0.154	-0.056	-0.007	0.111
-0.020	0.393	-0.197	0.009	0.249	-0.526	0.550	0.149	0.071	-0.372
-0.286	-0.167	-0.303	-0.117	0.344	-0.221	-0.389	0.624	-0376	0.128

Зауваження. Через обмежене число досліджних даних кореляційна матриця обчислюється з певною погрішністю, наслідком чого є наявність негативних власних чисел, які за модулем близькі до нуля.

Результати розрахунків

Після обробки економічних даних отримуємо залежність інтегрального індикатора економіки від початкових показників:

$$Z^* \text{Джанкой} = -0{,}354\,x_1 + 0{,}31\,x_2 - 0{,}073\,x_3 + 0{,}25\,x_4 + 0{,}348\,x_5 - 0{,}271\,x_6 - 0{,}41\,x_7 + 0{,}526\,x_8 + 0{,}007\,x_9 + 0{,}264\,x_{10};$$

$$Z^* \text{Кривий Ріг} = 0{,}918\,x_1 + 0{,}949\,x_2 + 0{,}183\,x_3 - 0{,}921\,x_4 - 0{,}789\,x_5 - 0{,}824\,x_6 + 0{,}573\,x_7 + 0{,}201\,x_8 + 0{,}019\,x_9\,.$$

На рис. 1 і 2 показана динаміка зміни даного індикатора економіки станцій Джанкой і Кривий Ріг-головний за період 1991-2008 рр.

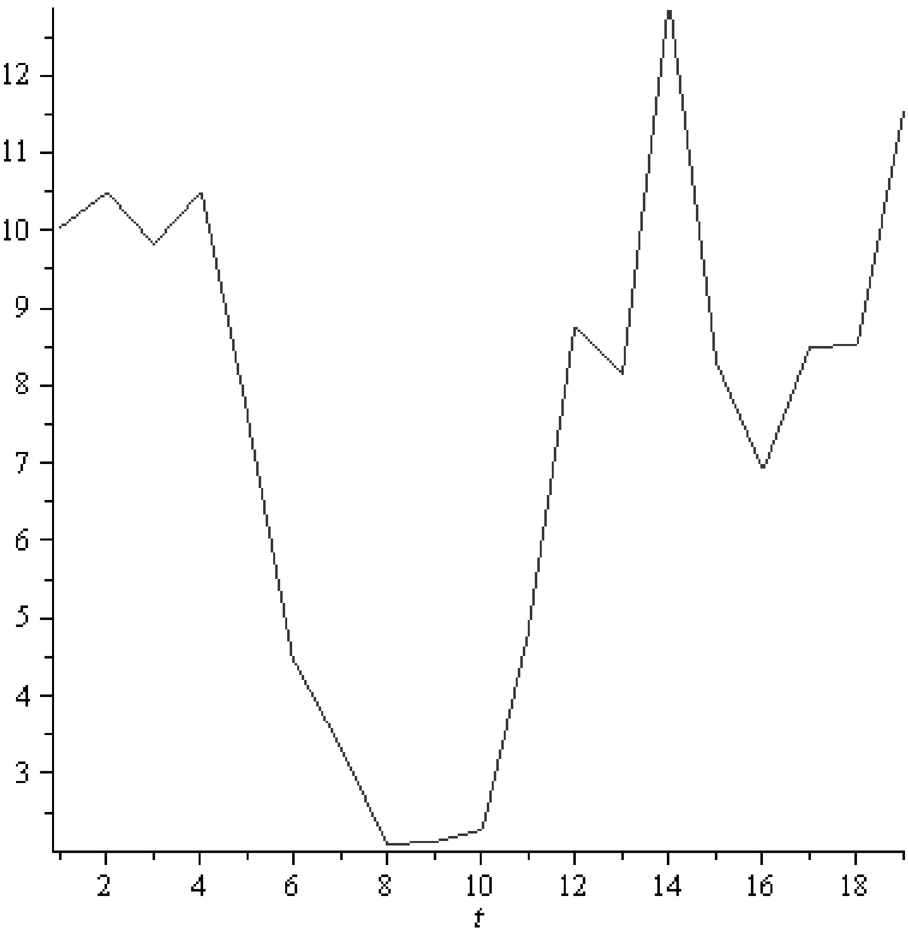

Рис. 1. Графік зміни індексу економіки станції Джанкой

Висновок

Отримані залежності дозволяють оцінити вплив початкових показників на інтегральний індикатор економіки станції і виконати вибір найбільш істотних.

Створена передумова для розкриття істотних показників від ресурсів станції.

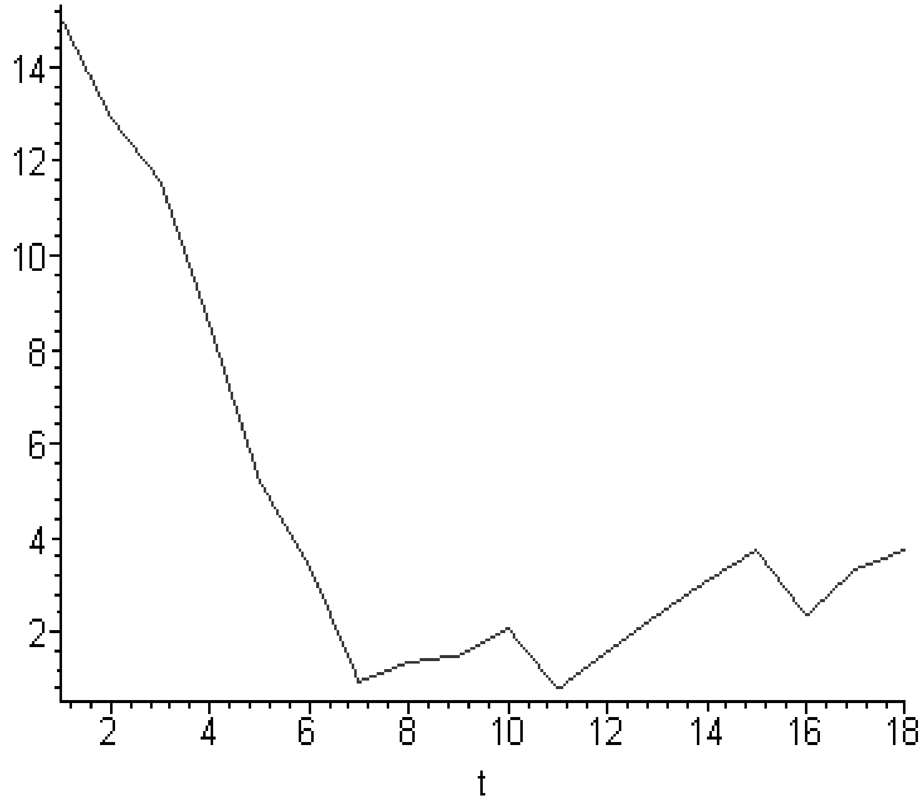

Рис. 2. Графік зміни індексу економіки станції Кривий Ріг-головний

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Методичні вказівки з розробки регіональних стратегій сталого розвитку [Текст] / А. Р. Шапар та ін. – Д.: Моноліт, 2003. – 131 с.
2. Pearson, K. On lines and planes of closest fit to a system of points in space [Текст] / K. Pearson. – Phil. Mag. 2, 6th Series. – 1901. – P. 557-572.
3. Дьяконов, В. MAPLE 7 [Текст] : учебный курс / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 666 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2009.