

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ

Розглянуто використання методів факторного аналізу для дослідження транспортно-складських систем промислових підприємств.

Ключові слова: факторний аналіз, транспортна система, вантажний пункт, метод головних компонент

Постановка проблеми

Показники ефективності вантажопереробки на промислових підприємствах визначаються великою кількістю технічних, організаційних і технологічних ознак (параметрів) і мають безпосередній зв'язок з такими характеристиками:

- величиною і структурою;
- характером взаємодії станції примикання і транспортною системою підприємства;
- технологією вантажопереробки;
- спеціалізацією вантажних пунктів;
- організацією роботи внутрішньозаводського транспорту та ін.

Із цього виходить, що для повної техніко-економічної характеристики процесу функціонування транспортно-складської системи необхідно мати статистичну інформацію для великої кількості різних за фізичною природою ознак. Завдання ускладнюється тим, що деякі параметри не можна безпосередньо виміряти, але вони мають певний вплив на виробничу діяльність транспортно-складської системи. Крім того, окремі параметри не можна оцінити кількісно і отже, використати їх як оціночні.

Якщо процес вантажопереробки включає велику кількість ознак, змістова характеристика зв'язків, виявлених методами регресійного аналізу, стає нетривіальним завданням.

Слід також відзначити, що основні вхідні параметри у більшості випадків корельовані між собою. При цьому мультиколінарність має локальний характер: між собою взаємозв'язані не всі параметри, а виділяються окремі групи корельованих параметрів. Для процесів з корельованими факторами побудована звичайними методами економічно-статистична залежність являє собою вдалу інтерполяційну формулу. Фізична сутність модельованого процесу з корельованими параметрами в такій моделі не розкриваються. Коефіцієнти цієї моделі не відбивають істинного впливу факторів.

Для дослідження таких процесів може бути успішно застосований один із методів багатовимірного статистичного аналізу – *метод головних компонент*.

Аналіз останніх досліджень

Методи факторного аналізу використовуються для розв'язування задач, основою яких є не тільки класична проблема факторизації, а також у сполученні з іншими статистичними методами: дисперсійним аналізом, методами класифікації і теорії розпізнавання образів [1, 2], регресійним аналізом [2].

В даній роботі розглядаються можливості компонентного аналізу при дослідженні процесу вантажопереробки на металургійному комбінаті і ефективність застосування цього методу для розв'язування задач економіко-статистичного моделювання.

До таких задач відносяться [1-5]:

- пошук груп найбільш взаємозв'язаних факторів, що характеризуються змістовною спільністю і інженерно-економічною сутністю;
- виділення серед отриманих узагальнених факторів однорідних груп;
- отримання аналітичних виразів узагальнених факторів через первинні вхідні параметри, аналіз вхідної множини факторів через взаємозв'язок їх з головними компонентами;
- скорочення вихідної інформації при економіко-статистичному моделюванні;
- інтерпретування головних компонент, їх використання для побудови регресійних моделей показників ефективності транспортно-складської системи.

Постановка завдання

Використання традиційних методів (теорії ймовірності і математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу й ін.) дає змогу більш-менш об'єктивно оцінити реальні виробничі процеси в транспортних системах, але вони обмежені за гнучкістю і певній мірі недостатні в тих випадках, коли необхідно враховувати багаточисельні випадкові фактори різної фізичної природи, що характерно для роботи всіх ланок транспортних систем.

Для виявлення можливості і ефективності використання методу головних компонент в економіко-статистичному аналізі процесу функціонування транспортно-складської системи була виконана у певній послідовності низка досліджень.

Одна із основних задач на першому етапі досліджень полягала у тому, щоб встановити можливість задовільного змістовного тлумачення головних компонент при дослідженні транспортно-складської системи, або довести, що вони являють собою тільки математичні конструкції, які не містять конкретного інженерно-економічного змісту.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для розв'язування цієї задачі було зроблено математичне опрацювання статистичних даних про роботу транспортно-складської системи протягом 66 діб.

Враховуючи відсутність в транспортних системах досвіду по використанню методу головних компонент в економіко-статистичному дослідженні, не ставилося ніяких попередніх обмежень, щодо підбору досліджуваних параметрів. Експертним шляхом були виділені 14 параметрів, які, зазвичай, використовуються для моделювання якісних показників в транспортних процесах:

- загальна кількість вагонів, що надходять на комбінат за добу (z_1);
- частка вантажів, що надходять в критих вагонах (z_2) і піввагонах (z_3);
- кількість вагонів, що надходять відповідно в першу (z_4), другу (z_5) і третю (z_6) зміни;
- коефіцієнт добової нерівномірності кількості вантажів, що надходять на підприємство (z_7);
- інтервал надходження вантажів на станцію примикання в адресу комбінату (z_8), год.;
- годинна інтенсивність подачі партій вагонів із залізничної станції на комбінат (z_9);
- рівень завантаженості транспортно-складської системи (z_{10}), визначається співвідношенням

$$K_{zc} = \frac{z_1}{M_\phi}, \quad (1)$$

де M_ϕ – загальна місткість вантажних фронтів, вагонів;

- рівень завантаженості вантажних пунктів (z_{11}). Визначається кількістю вагонів, що надходять на один вантажний пункт

$$K_{zn} = \frac{z_1}{M_{вп}}, \quad (2)$$

де $M_{вп}$ – кількість вантажних пунктів, на які подають вагони;

– характеристика просторового розміщення вантажних пунктів на території комбінату (z_{12}). Визначається як відношення кількості вантажів до 1 км^2 території підприємства з вантажним районом для даного виду вантажу (т/км^2)

$$\alpha_{np} = \frac{Q_c}{\pi \left(\sum_{i=1}^k r_i q_i \right)^2}, \quad (3)$$

де Q_c – загальна кількість вантажів, що надходять на підприємство протягом доби, т;

r_i – відстань від центру заводського парку прибуття до центру i -го вантажного району, км;

q_i – кількість вантажів, що надходять в i -й вантажний район, т;

– залишок фонду робочого часу (z_{13}), що оцінюється за допомогою коефіцієнта

$$K_{зф} = \frac{t_d - t_c}{24}, \quad (4)$$

де t_d – момент закінчення доби, год.;

t_c – момент прибуття вагонів в систему, год.;

– наднормативний простій вагонів в системі (z_{14}), що оцінюється за допомогою коефіцієнта

$$K_{нп} = \frac{\sum t_\phi}{\sum t_n}, \quad (5)$$

де $\sum t_\phi$ – сумарний фактичний час простою вагонів в системі, год.;

$\sum t_n$ – сумарний нормативний час простою вагонів в системі, год.

Для кількісного уявлення про досліджувані параметри в табл. 1 представлені їх статистичні характеристики.

Практична реалізація методу здійснена на ЕОМ у модулі «Факторний аналіз» інтегрованої системи статистичного аналізу STATISTICA [1].

Компонентний аналіз досліджуваного процесу вантажопереробки виконаний у такій послідовності.

1. *Обґрунтування кількості найбільш вагомих головних компонент.* Для прийнятої початково кількості головних компонент $m = 14$ (за кількістю вихідних параметрів) була отримана діагональна матриця їх власних значень. На підставі цієї матриці були розраховані власні значення головних компонент, які характеризують внесок відповідної компоненти в загальну дисперсію (табл. 2).

Статистичні характеристики параметрів

Характеристики	Параметри													
	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}
Середнє вибіркове	14	0,31	0,69	4,22	5,58	4,39	1,03	4,47	0,2	0,4	4,26	17	0,48	1,86
Стандартне відхилення	6,77	0,21	0,21	3,35	3,76	3,19	0,5	2,44	0,07	0,21	2,39	10,8	0,16	0,89
Коефіцієнт варіації, %	48,4	67,7	30,4	79,4	81,6	72,7	48,5	54,6	35,0	52,5	56,1	63,5	33,3	47,8

Таблиця 2

Внески головних компонентів в загальну дисперсію

Вид внеску	Величина внеску компонент												
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{13}
Абсолютний v_j	5,41	2,26	1,36	1,07	1	0,72	0,65	0,52	0,45	0,36	0,13	0,04	0,02
Відносний $\frac{v_j}{m}$, %	38,6	16,1	9,7	7,6	7,2	5,2	4,7	3,7	3,2	2,6	0,9	0,3	0,2
Абсолютний v_j , %	38,6	57,4	64,4	72,0	79,2	84,4	89,1	92,8	96	98,6	99,5	99,8	100

Так як внесок головної компоненти F_{14} в загальну дисперсію виявився дуже малим (0,0006), то в табл. 2 вона не врахована.

Графічна інтерпретація характеру внеску головних компонент в загальну дисперсію показана на рис. 1.

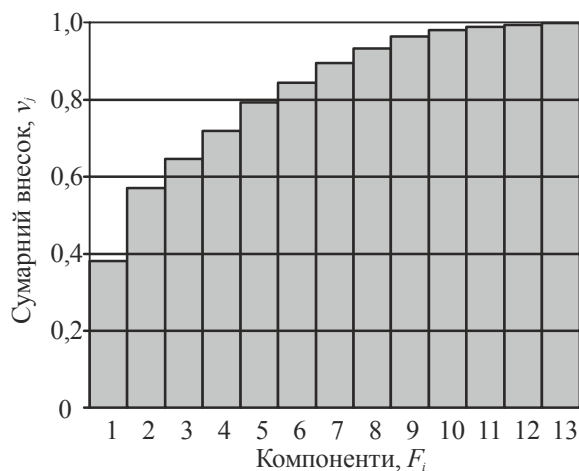


Рис. 1. Зміна сумарного внеску головних компонент в загальну дисперсію

Однією з головних задач дослідження при використанні методів факторного аналізу є виділення та інтерпретація головних чинників.

Однозначного критерію виділення факторів не існує, і тому тут неминучий суб'єктивізм інтерпретацій результатів. Деякі з них є альтернативними по відношенню до інших, а частина цих критеріїв можна використовувати разом, щоб один доповнював інший.

Для обґрунтування кількості головних компонент, за допомогою яких можна всебічно охарактеризувати виробничий процес вантажопереробки, рекомендуються [1, 3, 4, 5] два підходи.

Згідно з *першим* підходом, кількість головних компонент повинно бути таким, щоб забезпечити ступінь охоплення пояснювальної групової дисперсії в межах $\rho_0 = 0,8 \div 0,95$. Приймаємо $\rho_0 = 0,95$ і з табл. 2 маємо 8 головних компонент.

При *другому* підході виходять з того, що внесок v_r чергової головної компоненти, яка розглядається, повинен задовольняти умові $v_r \geq 1$. В цьому випадку для змістовного опису процесу вантажопереробки достатньо використати 5 перших компонент.

В [1] передбачена візуалізація цього підходу у вигляді діаграми, яка для наших умов зображена на рис. 2.

У подальшому для здійснення наступних процедур компонентного аналізу виділяємо 8 перших головних компонент.

2. *Встановлення співвідношень між головними компонентами і вихідними параметрами.* Такі співвідношення являють собою математичні моделі процесу, що вивчається.

Для побудови моделей використовується матриця факторних навантажень, отримана в результаті здійснення компонентного аналізу і зведена до 8 виділених компонентів (табл. 3).

Частка розсіювання кожного фактора в лінійній моделі на головних компонентах, розраховується за формулою

$$\delta = \sqrt{\sum_{j=1}^r a_{ij}^2}, \quad (6)$$

де r – кількість виділених для аналізу головних компонент;

a_{ij} – коефіцієнт, що характеризує вагу i -го параметра в j -й компоненті.

Складові з величиною факторного навантаження $f < 0,3$ в моделі не включалися. Розглядаються два різновиди моделей.

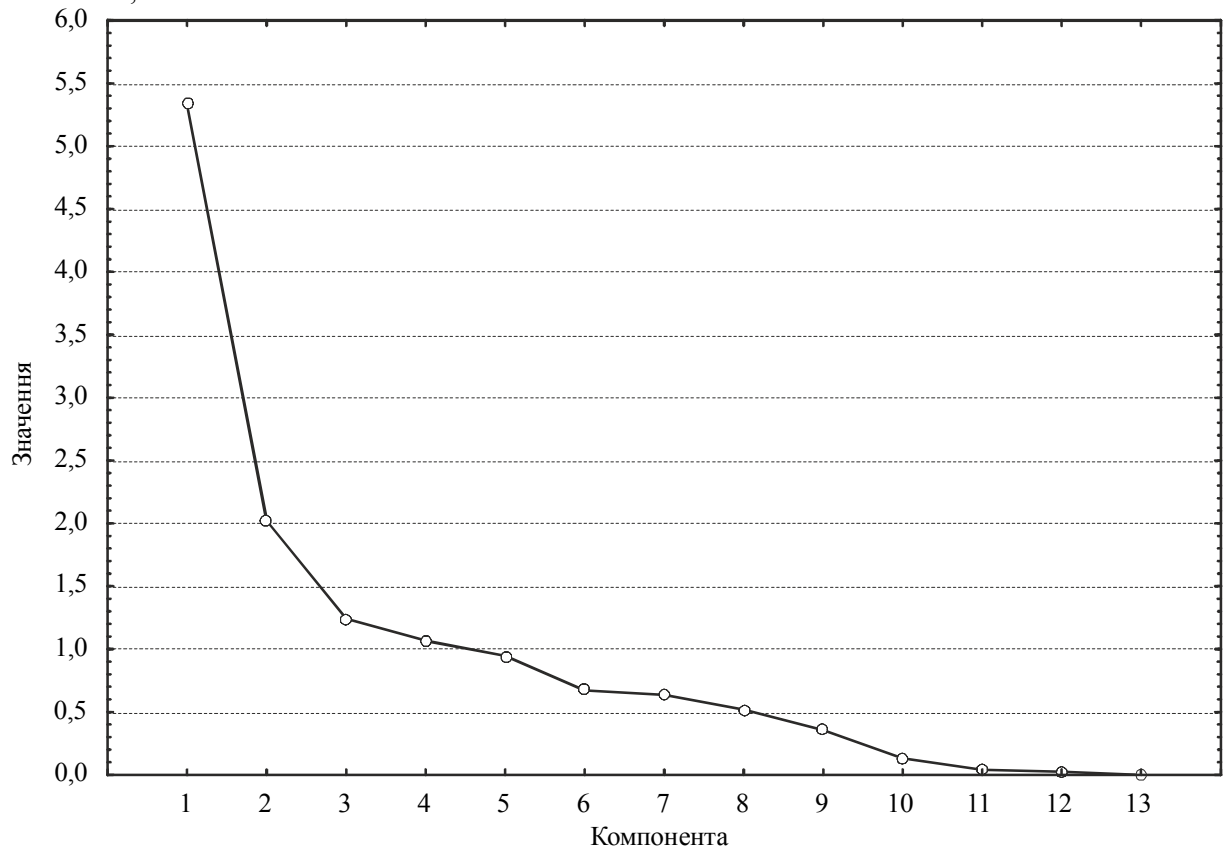


Рис. 2. Діаграма значень внеску компонент

Таблиця 3

Матриця факторних навантажень

Вихідні параметри	Значення вагових коефіцієнтів для власних векторів головних компонент								Частка розсіювання фактора
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	
z_1	-0,959*	0,109	-0,044	-0,057	-0,031	0,136	-0,014	-0,068	0,980
z_2	0,325*	0,893*	0,004	-0,052	0,213	0,166	0,037	0,110	0,996
z_3	-0,321*	-0,896*	0,002	0,047	-0,212	-0,164	-0,040	-0,109	0,997
z_4	-0,626*	-0,112	-0,043	0,269	0,608*	0,121	-0,277	-0,102	0,962
z_5	-0,614*	0,163	-0,408*	-0,382*	-0,449*	0,147	0,142	0,057	0,981
z_6	-0,693*	0,179	0,484*	0,043	-0,140	0,006	-0,118	-0,097	0,871
z_7	-0,955*	0,138	-0,056	-0,063	-0,024	0,117	-0,010	-0,090	0,980
z_8	0,497*	-0,192	0,259	-0,366*	-0,191	0,392*	-0,555*	0,101	0,997
z_9	-0,657*	0,142	-0,217	0,095	-0,070	-0,427*	-0,363*	0,316*	0,963
z_{10}	-0,893*	0,072	0,046	0,070	-0,028	0,231	0,053	-0,212	0,955
z_{11}	-0,676*	-0,270	-0,121	-0,127	0,246	0,132	0,131	0,470*	0,936
z_{12}	-0,160	-0,025	0,144	-0,817*	0,392*	-0,321*	0,019	-0,164	0,999
z_{13}	-0,254	-0,255	0,801*	0,013	0,022	0,062	0,267	0,242	0,952
z_{14}	-0,308*	0,597*	0,400*	0,081	-0,252	-0,293	-0,091	-0,009	0,881

Примітка: зірочкою позначені факторні навантаження, що включаються в моделі.

Моделі взаємозв'язку вихідних ознак (параметрів) з головними компонентами $z_i = \varphi(F_j)$ побудовані у відповідності з формулою

$$z_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} F_j. \quad (7)$$

Моделі мають вигляд:

$$z_1 = -0,959F_1;$$

$$z_2 = 0,325F_1 + 0,893F_2;$$

$$z_3 = -0,321F_1 - 0,896F_2;$$

$$z_4 = -0,626F_1 + 0,608F_3;$$

$$z_5 = -0,641F_1 - 0,408F_3 - 0,382F_4 - 0,499F_5;$$

$$z_6 = -0,693F_1 + 0,484F_3;$$

$$z_7 = -0,955F_1;$$

$$z_8 = 0,497F_1 - 0,366F_4 + 0,392F_6 - 0,555F_7;$$

$$z_9 = -0,676F_1 - 0,427F_6 - 0,363F_7 + 0,316F_8;$$

$$z_{10} = -0,893F_1;$$

$$z_{11} = -0,676F_1 + 0,47F_6;$$

$$z_{12} = -0,817F_4 + 0,392F_5 - 0,321F_6;$$

$$z_{13} = 0,801F_3;$$

$$z_{14} = -0,308F_1 + 0,597F_2 + 0,4F_3.$$

Моделі взаємозв'язку головних компонент з вихідними параметрами $F_j = \varphi(z_i)$, побудовані за формулою

$$F_j = \frac{1}{v_j} \sum_{i=1}^n a_i z_i, \quad (8)$$

де v – власне значення компоненти (табл. 2).

Маємо

$$F_1 = \frac{1}{5,41} (-0,959z_1 + 0,325z_2 - 0,321z_3 - 0,626z_4 - 0,614z_5 - 0,693z_6 - 0,955z_7 + 0,497z_8 - 0,657z_9 - 0,893z_{10} - 0,676z_{11} - 0,308z_{14});$$

$$F_2 = \frac{1}{2,26} (0,893z_2 - 0,896z_3 + 0,597z_{14});$$

$$F_3 = \frac{1}{1,36} (-0,408z_5 + 0,484z_6 + 0,801z_{13} + 0,4z_{14});$$

$$F_4 = \frac{1}{1,07} (-0,382z_5 - 0,366z_8 - 0,817z_{12});$$

$$F_5 = 0,608z_4 - 0,449z_5 + 0,392z_{14};$$

$$F_6 = \frac{1}{0,72} (0,392z_8 - 0,427z_9 - 0,321z_{12});$$

$$F_7 = \frac{1}{0,65} (-0,555z_8 - 0,363z_9);$$

$$F_8 = \frac{1}{0,52} (0,316z_9 + 0,47z_{11}).$$

3. *Змістове інтерпретування головних компонент.* Проаналізуємо виробничий процес вантажопереробки за двома першими (F_1 і F_2) компонентами, на які приходить 54,7% загальної дисперсії.

Результати аналізу представлені на рис. 3, де вагові коефіцієнти зв'язку параметрів з даними компонентами визначають відповідні точки параметрів на площині.

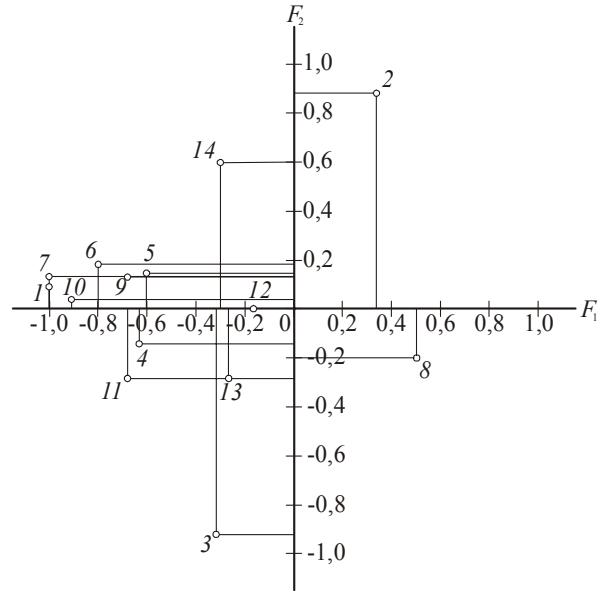


Рис. 3. Результати аналізу в координатах двох головних компонент

Із даних табл. 3 і рис. 3 виходить наступне:
– спостерігається великий розкид (0,025–0,925) прийнятих для дослідження параметрів за величиною навантажень;

– в першій головній компоненті 12 із 14 ознак, що характеризують специфіку вантажопотоків, технічний і організаційний рівень процесу вантажопереробки, мають від'ємні значення.

Таке становище ускладнює і практично не дає змоги провести належним чином надійне фізичне і економічне інтерпретування отриманих головних компонент. Для подолання труднощів при інтерпретуванні головних компонент була застосована процедура обертання факторів методом «варімакс». В результаті отримали нову структуру навантажень на фактори (табл. 4).

В отриманій структурі навантаження багатьох змінних на фактори становляться близькими до 0 або до 1, що полегшує інтерпретування головних компонент.

При інтерпретуванні враховувалися ознаки, в яких величина навантаження не менша 0,3. В табл. 4 такі ознаки помічені зірочкою.

Факторні навантаження після обертання факторів методом «варімакс»

Параметри	Головні компоненти							
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
z_1	*0,685	0,101	0,078	0,057	*0,418	0,183	0,189	0,205
z_2	-0,006	*-0,981	-0,086	0	-0,067	-0,037	-0,004	-0,093
z_3	0,057	*0,981	0,091	0,003	0,065	0,037	-0,004	0,091
z_4	0,069	0,101	0,036	0,034	*0,949	0,147	0,130	0,178
z_5	*0,961	0,039	-0,1	0,053	-0,109	0,157	0,057	0,122
z_6	0,212	0,035	0,219	0,038	0,124	0,160	0,063	0,074
z_7	*0,696	0,083	0,077	0,074	*0,427	0,192	0,201	0,175
z_8	-0,163	0,01	0,021	0,031	0,147	-0,132	*-0,956	-0,089
z_9	0,278	0,075	-0,053	0,01	0,187	*0,892	0,16	0,109
z_{10}	*0,568	0,127	0,107	-0,024	*0,414	0,051	0,201	0,156
z_{11}	0,281	0,214	0,093	0,092	0,248	0,117	0,114	*0,87
z_{12}	0,066	0	0,047	*0,993	0,034	0,009	-0,027	0,063
z_{13}	-0,034	0,161	-0,96	0,052	0,044	-0,042	-0,020	0,071
z_{14}	0,121	-0,217	0,087	0	0,007	0,11	0,072	-0,033

Примітка: зірочкою помічені ознаки, прийняті для інтерпретування відповідної компоненти.

Перша компонента має значні навантаження на такі ознаки:

- загальну кількість вагонів, що надходять на комбінат за добу (z_1);
- кількість вагонів, що надходять в другу робочу зміну (z_5);
- нерівномірність вагонопотоку (z_7);
- рівень завантаженості системи (z_{10}).

Сукупність цих ознак характеризує, з одного боку, обсяг вантажопереробки (ознаки z_1, z_5, z_7), а з іншого боку – ступінь використання потужності системи (ознака z_{10}). Тому першу головну компоненту доцільно інтерпретувати, як організаційно-технічний рівень вантажопереробки в другу зміну.

В другій компоненті відбивається вплив двох суттєвих ознак:

- частки вантажів, що надходять в спеціалізованих вагонах (z_2);
- частки вантажів, що надходять в напіввагонах (z_3);

Обидві ознаки мають однакову величину навантаження, але протилежні знаки. Це означає, що стабільність роботи системи визначається співвідношенням між ознаками z_2 і z_3 . Виходячи із цього, другу компоненту можна інтерпретувати, як компоненту, що характеризує рівень режимної стабільності процесу вантажопереробки.

Третя компонента включає одну ознаку (z_{13}), яка характеризує залишок часу в поточній

добі, який може бути використаний для розвантаження чергового вагону. Інтерпретуємо цю компоненту, як рівень ефективного фонду робочого часу.

З четвертою компонентою найбільший позитивний зв'язок має ознака z_{13} , яка характеризує просторове розміщення вантажних пунктів на території комбінату. Вона може бути інтерпретована, як рівень концентрації вантажних пунктів.

П'ята компонента за фізичним і економічним змістом аналогічна першій компоненті її можна охарактеризувати як компоненту, що відображає організаційно-технічний рівень вантажопереробки в першу робочу зміну.

Останнім трьом компонентам можна надати таку інтерпретацію:

Шоста компонента – характеризує загалом рівень узгодженості роботи залізничної станції і комбінату, тобто досконалість контактного графіка.

Сьома компонента – характеристика зовнішнього вагонопотоку на станцію примикання в адресу комбінату. Від'ємний зв'язок провідної ознаки z_8 (інтервал надходження партії вагонів на станцію примикання в адресу комбінату) з головною компонентою F_7 показує, що із збільшенням інтервалу між черговими надходженнями партії вагонів зменшується величина компоненти F_7 .

Восьма компонента – характеризує ступінь використання пропускної спроможності вантажних пунктів.

Із ідентифікованих головних компонент можна утворити три однорідні в деякому розумінні групи.

Перша група (G_1) включає головні компоненти F_1 , F_2 і F_5 , які являють собою узагальнені характеристики обсягів вантажопереробки.

Друга група (G_2) складається із головних компонент F_3 , F_4 і F_8 , що утворюють узагальнені характеристики організаційно-технологічного процесу вантажопереробки на комбінаті.

В третю групу (G_3) входять головні компоненти F_6 і F_7 , які є узагальненими характеристиками організації роботи залізничної станції при подачі партій вагонів на комбінат.

4. Регресійний аналіз на головних компонентах. В результаті проведеного факторного ана-

лізу з'ясовано, що вісім отриманих компонент достатньо добре пояснюють технологічну і організаційну сутність процесу вантажопереробки на комбінаті. Виділені головні компоненти були використані як узагальнені фактори для апроксимації результативного показника процесу вантажопереробки за допомогою лінійної регресійної моделі. Регресійний аналіз здійснювався в два етапи. Спочатку були обчислені значення головних компонент, а потім відшукувався їх зв'язок з результативною ознакою за допомогою лінійної регресійної моделі $y = f(F_1, F_2, \dots, F_8)$ в стандартизованому масштабі. Результати регресійного аналізу наведені в табл. 5.

У відповідності з F -критерієм модель є значимою.

Таблиця 5

Регресійний аналіз на головних компонентах

Показники моделі	Головні показники							
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Коефіцієнт регресії b_j	-0,437	-0,039	-0,296	-0,142	0,028	0,207	-0,061	0,036
Доля дисперсії d , %	41,63	17,40	10,47	8,24	7,72	5,54	5,00	4,00
Коефіцієнт множинної кореляції R	0,591							
Коефіцієнт детермінації R^2	0,349							
Стандартна помилка оцінювання регресії S	0,861							

За t -критерієм в регресійну модель включені компоненти F_1 , F_3 і F_6 , тобто маємо

$$\hat{y} = -0,437F_1 - 0,296F_3 + 0,207F_6.$$

Коефіцієнт детермінації R^2 показав, що частка варіації результативного показника, пояснювана за допомогою отриманої лінійної моделі, дорівнює 35 %. У цьому рівнянні регресії відбиваються основні змінення результативної ознаки, що досліджується. Коефіцієнти регресії характеризують ступінь впливу кожного узагальненого фактора на рівень добового сумарного простою вагонів в системі. На частку компонент, що визначають оціночний показник роботи системи, приходиться більше 57 % дисперсії, що пояснюється моделлю.

При цьому найбільший вплив чинить перша компонента, що характеризує рівень організації процесу вантажопереробки в другу робочу зміну. На її частку приходиться не більше 41% сумарної дисперсії моделі. Цей результат є чисельним відбиттям того, що якраз підвищення рівня організації робіт в системі сприяє зни-

женню простою вагонів. Цей факт підтверджується від'ємним коефіцієнтом компоненти F_1 в рівнянні регресії.

З від'ємним коефіцієнтом в рівняння регресії також входить показник ефективного робочого часу (F_3). Дійсно, із зростанням запасу робочого часу, збільшується можливість вчасно обслужити черговий вагон, і, отже, зменшити величину його простою в системі.

Третя складова рівняння регресії (компонента F_6) характеризує взаємоузгодженість роботи залізничної станції і транспортної системи комбінату. Недостатня узгодженість в діях працівників цих підприємств викликає збільшення величини результативної ознаки.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. За допомогою методу головних компонент вдалось отримати більш точну інтегральну оцінку результативного показника процесу функціонування транспортно-складської системи.

2. Метод головних компонент у сполученні з інженерно-економічними відомостями про фізичну природу реального процесу є гарним інструментом групування взаємозв'язаних факторів у відповідності з їх економічним змістом.

3. Використання методу головних компонент дає можливість перейти до моделювання досліджуваного процесу з використанням обмеженого набору нових змінних, що спрощує процедуру економіко-статистичного аналізу і робить її більш ефективною.

4. Застосування компонентного аналізу дає змогу побудувати аналітичні вирази узагальнених факторів через систему взаємопов'язаних первинних параметрів.

5. Серед отриманого набору узагальнених факторів можна виділити однорідні групи, що характеризують певні комплексні характеристики виробничого процесу.

6. З позицій моделювання досліджуваного процесу важливість внеску кожної головної компоненти не залежить від черговості їх формування.

Якщо з точки зору формування головних компонент їх суттєвість певним чином залежить від порядкового номера компоненти (більш віддалена від першої головної компоненти є менш суттєвою), то оцінка внеску кожної головної компоненти в опис дисперсії модельованого показника не співпадає з цією черговістю.

Дослідженнями виявлено, що найбільш віддалена головна компонента (менше значима з точки зору формування нових змінних) може бути більш суттєвою у порівнянні з попередніми компонентами з точки зору їх внеску в опис досліджуваного процесу. Цей внесок має дуже важливе теоретичне і практичне значення для удосконалення статистичного моделювання реальних техніко-економічних процесів.

7. Порядок черговості розміщення в первісній інформаційній матриці вихідних параметрів не впливає на порядковий номер головної компоненти.

8. Из всіх існуючих методів скорочення інформації самим надійним слід вважати метод, заснований на результатах регресійного аналізу, що використовується при моделюванні процесу, з урахуванням набору головних компонент. Результати відбору головних компонент з використанням цього методу однозначні і кількісно визначені.

9. Застосування методу головних компонент і виконання регресійного аналізу над головними компонентами дозволяє виявити і кількісно співвіднести між собою відносну силу впливу різних узагальнених факторів виробництва на рівень показників підприємства, що моделюються. Вирішення цієї задачі має важливе значення для удосконалення керування виробничою діяльністю підприємства і оцінки ефективності використання резервів виробництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Боровиков, В. П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows [Текст] / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М. : Информ.-изд. дом «Филинь», 1998. – 608 с.
2. Зейгер, Е. М. Применение факторного анализа для исследования зависимостей между технико-экономическими показателями [Текст] / Е. М. Зейгер, А. А. Френзель // Ученые записки по статистике. – 1974. – № 26. – С. 79–95.
3. Дубров, А. М. Обработка статистических данных методом главных компонент [Текст] / А. М. Дубров. – М. : Статистика, 1978. – 135 с.
4. Петерсен, И. Ф. Применение метода главных компонент для описания технологических процессов с корреляционными входными параметрами [Текст] / И. Ф. Петерсен // Изв. АН ЭССР. Серия физ.-мат. и техн. наук. – 1965. – № 4. – С. 54–57.
5. Харман, Г. Современный факторный анализ [Текст] / Г. Харман : [пер. с англ.]. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.

Надійшла до редколегії 05.04.2011.

Прийнята до друку 20.04.2011.

А. А. ЛАЩЕННЫХ, С. Н. ТУРПАК, С. В. ГРИЦАЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Рассмотрено использование методов факторного анализа для исследования транспортно-складских систем промышленных предприятий.

Ключевые слова: факторный анализ, транспортная система, погрузочный пункт, метод главных компонент

O. LASCHENYKH, S. TURPAK, S. GRITSAY

STUDY OF TRANSPORTATION-AND-STORAGE SYSTEM USING THE METHOD OF PRINCIPAL COMPONENTS

The use of factor analysis techniques for the study of transportation-and-storage systems of industrial enterprises is considered.

Keywords: factor analysis, transportation system, loading point, method of principal components