

**Шевчук І.Б.,
к.е.н., доцент кафедри економічної кібернетики,
Львівська державна фінансова академія**

МОДЕЛІ КОМПОНЕНТНОГО ТА ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДИТЯЧОГО ОЗДОРОВЛЕННЯ В УКРАЇНІ

Постановка проблеми. Система дитячого оздоровлення (СДО) України є складною багатовимірною системою, оцінювання рівня розвитку та ефективності функціонування якої ускладнюється значною кількістю показників, що мають суттєвий вплив на неї. Інтерпретація складних залежностей між параметрами, що описують досліджуване явище, є доволі трудомістким процесом внаслідок різних підходів до їх тлумачення. Прагнення пояснити сукупність ознак шляхом виявлення прихованих, узагальнюючих характеристик СДО зумовлює застосування моделей факторного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні ідеї факторного аналізу знайшли своє відображення у працях С. Барта, К. Пірсона, Г. Томсона, Д. Гарнетта, К. Хользінгера, В. Калініної, В. Соловейова, В. Бахрушина та ін. Серед вітчизняних та зарубіжних науковців питаннями адаптації моделей факторного аналізу для досліджень у різних сферах знань займалися А. Дубров, А. Єріна, Л. Малярець, В. Мхитарян, В. Пономаренко, Л. Трошин, Г. Малинич, В. Здрок, Т. Лагоцький, В. Бережний, О. Алексєєва, С. Гусєв, К. Шубіна, В. Хохлов, К. Биков, О. Пошивалова, В. Пошивалов, М. Терещенко, Л. Тоцька, У. Садова, Л. Семів та ін. Однак досліджень щодо застосування факторного аналізу, зокрема із використанням методу головних компонент, в оцінюванні рівня розвитку системи дитячого оздоровлення наразі не вистачає.

Постановка завдання. Метою статті є застосування методу факторного аналізу для виявлення факторів, що найбільш суттєво впливають на розвиток системи дитячого оздоровлення в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система дитячого оздоровлення в Україні є відкритою системою, на яку здійснює позитивний чи негативний вплив низка факторів. Тому для дослідження тенденцій її розвитку необхідно виділити домінуючі фактори впливу, визначити сталі причинно-наслідкові зв'язки між ними. З цією метою доцільно застосувати метод головних компонент, суть якого полягає в тому, що ознаки, які спостерігаються, є лінійними комбінаціями прихованих факторів. Тобто деякі із цих факторів можуть бути спільними для двох і більше ознак, а інші – характерні для кожної ознаки зокрема. Останні є незалежними і не роблять внеску в кореляцію між ознаками. Спільні ж фактори, кількість яких є меншою за число досліджуваних ознак, роблять внесок у матрицю парних кореляцій.

Нехай задано $(n \times p)$ -матрицю спостережень випадкової векторної змінної $X = [X_1 \dots X_p]'$ з кореляційною матрицею R , яка визначає структуру залежностей між змінними X_j , $j = 1, \dots, p$.

Математична модель методу головних компонент описує значення кожної ознаки лінійними комбінаціями у вигляді суми внесків спільних факторів і характерного та має наступний вигляд [1; 4; 9]:

$$Z_j = a_{j1} \times F_1 + a_{j2} \times F_2 + \dots + a_{jr} \times F_r + d_j U_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad r < p, \quad (1)$$

де Z_j – j -та досліджувана ознака (величина випадкова);

F_1, F_2, \dots, F_r – загальні фактори (величини випадкові, нормально розподілені), спільні для всіх ознак;

U_j – характерний фактор;

$a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jr}$ – факторні навантаження, що характеризують істотність впливу кожного фактора (показують внесок відповідного фактора в ознаку Z_j);

d_j – навантаження характерного фактора тільки для ознаки Z_j .

Рівняння (1) є рівнянням звичайної множинної регресії, де незалежними змінними є фактори F_k ($k = \overline{1, r}$), а залежною змінною – ознака Z_j .

Загальні фактори мають істотне значення для аналізу всіх ознак. Характерні фактори показують, що він відноситься тільки до даної j -ої ознаки. Ця специфіка ознаки не може бути виражена через фактори F_k .

Суть методу головних компонент полягає у побудові факторів – головних компонент, кожен з яких представляє лінійну комбінацію вихідних ознак. Перша головна компонента F_1 визначає такий напрямок в просторі вихідних ознак, по якому сукупність об'єктів (точок) має найбільший розкид (дисперсію). Друга головна компонента F_2 будується з таким розрахунком, щоб її напрямок був ортогонально напрямлений до F_1 і вона пояснювала як можна більшу частину залишкової дисперсії, і т.д. аж до r -ої головної компоненти F_r . Так як виділення головних компонент відбувається у низхідному порядку з точки зору пояснюваної ними дисперсії, то ознаки, які входять у першу головну компоненту з коефіцієнтами a_{j1} , $j = \overline{1, m}$, роблять максимальний вплив на диференціацію об'єктів, що вивчаються [1; 9].

З іншого боку, оскільки кожен фактор визначається взаємопов'язаними ознаками, то їх можна подати, як лінійну комбінацію ознак [16]:

$$F_k = w_{k1}Z_1 + w_{k2}Z_2 + \dots + w_{kn}Z_n, \quad k = \overline{1, r}, \quad (2)$$

де w_{kj} ($j = \overline{1, n}$) - факторне навантаження фактора F_k на ознаку Z_j .

Факторні навантаження є аналогами коефіцієнтів кореляції. Вони характеризують міру взаємозв'язку відповідних ознак і факторів: чим більшою є абсолютна величина факторного навантаження, тим сильнішим є зв'язок ознаки Z_j з фактором F_k , тим більший внесок ознаки в фактор і тим більше дана ознака зумовлена дією відповідного фактора.

Застосуємо метод головних компонент для аналізу розвитку системи дитячого оздоровлення в Україні, рівень якого найбільше визначається дією факторів наведених у табл. 1.

Таблиця 1

Основні показники, що визначають рівень розвитку дитячого оздоровлення в Україні

| Показники | Позначення | Рік | | | |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Кількість таборів, одиниць | x_1 | 17379 | 17342 | 17703 | 17744 |
| Кількість місць в таборах, одиниць | x_2 | 197949 | 196426 | 193686 | 188300 |
| Кількість дитячих закладів оздоровлення, одиниць | x_3 | 647 | 580 | 541 | 559 |
| Кількість місць у дитячих закладах оздоровлення, одиниць | x_4 | 166797 | 159278 | 147270 | 149526 |
| Рівень захворюваності дітей віком 0-17 років, кількість вперше зареєстрованих випадків ¹⁾ | x_5 | 134488 | 140300 | 146200 | 114295 |
| Частка домогосподарств з дітьми, із середньодушовими загальними доходами у місяць, нижчими прожиткового мінімуму, % | x_6 | 30,5 | 12,5 | 11,1 | 9,9 |
| Частка споживчих грошових витрат домогосподарств на охорону здоров'я, % | x_7 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | 3,4 |
| Освоєно інвестицій в основний капітал санаторно-курортними закладами, тис. грн. | x_8 | 663974 | 495325 | 804441 | 708115 |

¹⁾ Приймаємо, що дані за минулий рік характеризують початок поточного року
Джерело : сформовано за [3; 6, с. 43; 7, с. 29; 8, с. 25; 10-15]

У значеннях деяких показників, поданих у табл. 1, має місце сильна варіація, що не дозволяє зробити об'єктивні висновки про зміну рівня розвитку дитячого оздоровлення в Україні протягом досліджуваного періоду. Тому за допомогою методу головних компонент, реалізованого у програмному продукті Statistica 8.0, виділимо невелику кількість факторів, які найбільш суттєво впливають на вихідні ознаки. Парні коефіцієнти кореляції між вихідними ознаками наведено у табл. 2.

Знайти головні компоненти можливо лише за умови значимості матриці кореляцій, що перевіряється за допомогою критерію Бартлетта [2]:

$$\chi^2 = -[n - (1/6)(2p + 5)] \ln | \mathbf{R} |, \quad (3)$$

який розподілений χ^2 зі $\nu = p(p-1)/2$ степенями вільності.

Так як $\chi^2 = 87,21 > \chi^2_{\alpha}(28) = 51$, то приймається гіпотеза про значимість кореляційної матриці.

Таблиця 2

Матриця кореляцій

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 |
| x1 | 1.00 | -0.87 | -0.73 | -0.90 | -0.38 | -0.60 | -0.45 | 0.80 |
| x2 | -0.87 | 1.00 | 0.67 | 0.78 | 0.71 | 0.69 | 0.83 | -0.43 |
| x3 | -0.73 | 0.67 | 1.00 | 0.96 | -0.01 | 0.95 | 0.36 | -0.36 |
| x4 | -0.90 | 0.78 | 0.96 | 1.00 | 0.12 | 0.86 | 0.39 | -0.59 |
| x5 | -0.38 | 0.71 | -0.01 | 0.12 | 1.00 | 0.11 | 0.89 | -0.04 |
| x6 | -0.60 | 0.69 | 0.95 | 0.86 | 0.11 | 1.00 | 0.53 | -0.10 |
| x7 | -0.45 | 0.83 | 0.36 | 0.39 | 0.89 | 0.53 | 1.00 | 0.10 |
| x8 | 0.80 | -0.43 | -0.36 | -0.59 | -0.04 | -0.10 | 0.10 | 1.00 |

Рациональну кількість головних компонент дозволяє вибрати критерій відсіювання (scree-test), розроблений Каттеллом (Cattell) [5]. Послідовність виділення головних компонент доцільно подати у вигляді графіка «кам'янистого осипу» (рис. 1), який вказує на доцільність формування трьох головних факторів.

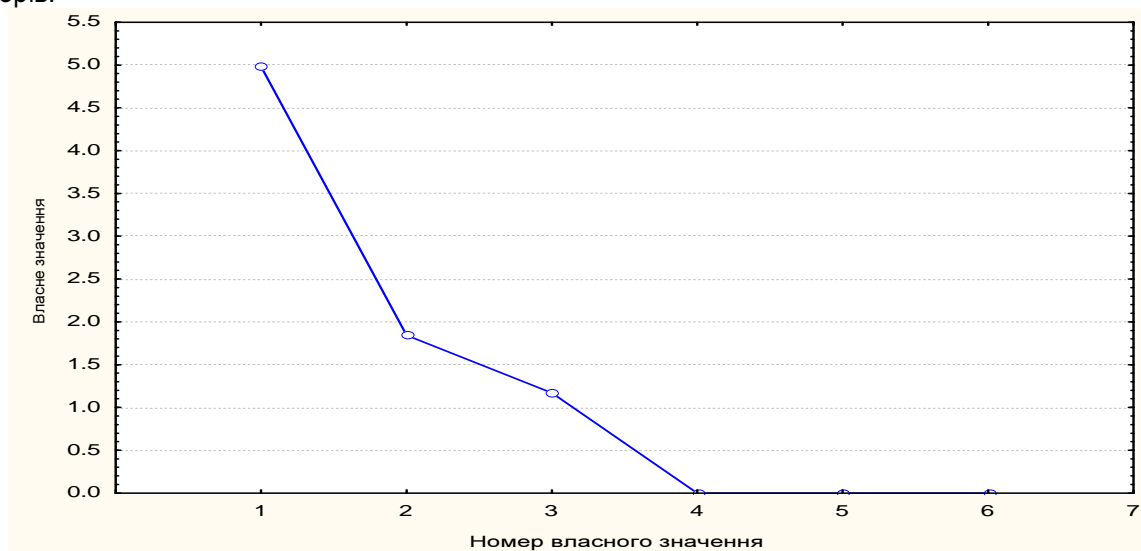


Рис. 1. Графічний критерій «кам'янистого осипу»

У результаті проведених обчислень у пакеті Statistica 8.0 на основі вихідних даних було виявлено три фактори, які пояснюють 100% мінливості вихідних показників, що характеризують рівень розвитку дитячого оздоровлення в Україні (табл. 3).

Таблиця 3

Статистичні характеристики головних компонент

| Фактори | Власні значення | Частка загальної дисперсії, % | Кумулятивне власне значення | Кумулятивна дисперсія, % |
|----------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Фактор 1 | 4.984493 | 62.30617 | 4.984493 | 62.3062 |
| Фактор 2 | 1.844079 | 23.05098 | 6.828572 | 85.3571 |
| Фактор 3 | 1.171428 | 14.64285 | 8.000000 | 100.0000 |

Результати обчислень факторних навантажень подано у табл. 4.

Таблиця 4

Факторні навантаження ознак

| Ознаки | Фактор 1 | Фактор 2 | Фактор 3 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| x1 | -0.923942 | -0.165125 | 0.345057 |
| x2 | 0.951873 | -0.287647 | -0.105819 |
| x3 | 0.857413 | 0.373879 | 0.353635 |
| x4 | 0.936378 | 0.343643 | 0.071448 |
| x5 | 0.463150 | -0.843367 | -0.272440 |
| x6 | 0.826081 | 0.144502 | 0.544710 |
| x7 | 0.673632 | -0.725518 | 0.140867 |
| x8 | -0.511960 | -0.466551 | 0.721268 |
| Власні значення | 4.984493 | 1.844079 | 1.171428 |
| Частка загальної дисперсії, % | 0.623062 | 0.230510 | 0.146429 |

Достатність виділених головних компонент перевіряємо за допомогою χ^2 – критерію Бартлетта з числом ступеней вільності $\nu = \frac{1}{2}((p-r)^2 - p - r - 1)$:

$$\chi^2 = -(n - \frac{1}{6}(2p + 5) - \frac{2}{3}r) \ln R_{p-r}, \quad (4)$$

$$\text{де } R_{p-r} = \frac{|R|}{\lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_r \cdot \left(\frac{p - \lambda_1 - \dots - \lambda_r}{p-r}\right)^{p-r}};$$

$\lambda_1, \dots, \lambda_r$ - власні числа.

Має місце наступна нерівність $\chi^2 = 19,12 > \chi^2_{\alpha}(6) = 18,5$, що свідчить про достатність виділення трьох головних компонент.

За отриманими факторними навантаженнями можна визначити відповідну структуру факторів (головних компонент).

Фактор $F1$ є найбільш вагомим і пояснює 62,3% загальної дисперсії. Його формують п'ять показників (кількість таборів та місць у них; кількість дитячих закладів оздоровлення та місць у них; частка домогосподарств з дітьми, із середньодушовими загальними доходами у місяць, нижчими прожиткового мінімуму). Цей фактор можна вважати основним у розвитку дитячого оздоровлення в Україні, а тому його можна назвати як «Стан сфери оздоровлення та відпочинку дітей».

Другий фактор $F2$, що визначає якість системи охорони здоров'я країни, справляє значно менший вплив порівняно із першим та пояснює 23,1% загальної дисперсії. Показники, що навантажують факторну вісь цієї компоненти, перебувають з нею у зворотному тісному зв'язку, а саме: рівень захворюваності дітей віком 0-17 років, кількість вперше зареєстрованих випадків (-0,843367); частка споживчих грошових витрат домогосподарств на охорону здоров'я (-0,725518).

Вплив останньої компоненти є найменшим – 14,6% загальної дисперсії. Її ідентифіковано як «Фінансове забезпечення».

Таким чином, система лінійних рівнянь залежних факторів Z_j та головних компонент F_n (узагальнених факторів) матиме вигляд:

$$\begin{cases} Z_1 = -0.923942F_1 - 0.1651F_2 + 0.34506F_3 \\ Z_2 = 0.95187F_1 - 0.2876F_2 - 0.1058F_3 \\ Z_3 = 0.85741F_1 + 0.37388F_2 + 0.35364F_3 \\ Z_4 = 0.93638F_1 + 0.34364F_2 + 0.07145F_3 \\ Z_5 = 0.46315F_1 - 0.8434F_2 - 0.2724F_3 \\ Z_6 = 0.82608F_1 + 0.1445F_2 + 0.54471F_3 \\ Z_7 = 0.67363F_1 - 0.7255F_2 + 0.14087F_3 \\ Z_8 = -0.512F_1 - 0.4666F_2 + 0.72127F_3 \end{cases} \quad (5)$$

Головні компоненти F_n є некорельованими між собою безрозмірними змінними, які представляють лінійну комбінацію n -змінних [5]:

$$F_i = \frac{1}{\lambda_i} (a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \dots + a_{in}Z_n) \quad (6)$$

Залежність значень головних компонент від значень залежних показників матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} F_1 = -0.185363Z_1 + 0.190967Z_2 + 0.172016Z_3 + 0.187858Z_4 + 0.092918Z_5 + \\ \quad + 0.165730Z_6 + 0.135146Z_7 - 0.102711Z_8 \\ F_2 = -0.089544Z_1 - 0.155984Z_2 + 0.202746Z_3 + 0.186350Z_4 - 0.457338Z_5 + \\ \quad + 0.078360Z_6 - 0.393431Z_7 - 0.253Z_8 \\ F_3 = 0.294561Z_1 - 0.090334Z_2 + 0.301884Z_3 + 0.060992Z_4 - 0.232571Z_5 + \\ \quad + 0.464997Z_6 + 0.120252Z_7 + 0.615717Z_8 \end{cases} \quad (7)$$

Висновки з проведеного дослідження. Сформовані узагальнюючі фактори дозволяють здійснити побудову простої математичної моделі розвитку дитячого оздоровлення в Україні. На її основі стає можливим виявлення тих чинників, що погіршують або покращують стан національної системи дитячого оздоровлення (точніше, який з факторів – стан сфери оздоровлення та відпочинку дітей, якість системи охорони здоров'я країни чи фінансове забезпечення – це обумовлює).

Виходячи із вищенаведеної інтерпретації головних чинників, можна сформулювати основні стратегічні орієнтири розвитку системи дитячого оздоровлення в Україні. Зокрема, це підвищення ефективності функціонування та удосконалення організації системи охорони здоров'я в країні, розроблення заходів державної політики, спрямованих передусім на забезпечення якісного оздоровлення та безпечного відпочинку дітей, формування нової моделі фінансового забезпечення системи дитячого оздоровлення.

Пропонований напрям застосування факторного аналізу в моделюванні впливу сукупності чинників на рівень розвитку дитячого оздоровлення в Україні не вичерпується виявленням саме такої структури факторів, що, відповідно, становить перспективу подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення теоретико-методологічних засад вищезгаданого аналізу, зокрема включення фактора фінансової спроможності населення до споживання послуг з дитячого оздоровлення.

Бібліографічний список

1. Андриенко В. М. Статистические методы анализа экономических показателей / В. М. Андриенко, М. Г. Самисько [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.rusnauka.com/11_EISN_2008/Economics/30352.doc.htm
2. Больч Б. Многомерные статистические методы для экономики / Б. Больч, К. Дж. Хуань ; [пер. с англ.]. – М. : Статистика, 1979. – 317 с.
3. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>

4. Дубров А. М. Обработка статистических данных методом главных компонент / А. М. Дубров. – М. : Статистика, 1978. – 135 с.
5. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла. – М. : Статистика, 1980. – 398 с.
6. Капітальні інвестиції в Україні за 2010 рік : [статистичний бюлетень]. – Київ : Державна служба статистики України, 2012. – 42 с.
7. Капітальні інвестиції в Україні за 2011 рік : [статистичний бюлетень]. – Київ : Державна служба статистики України, 2012. – 42 с.
8. Капітальні інвестиції в Україні за січень-грудень 2012 року : [статистичний бюлетень]. – Київ : Державна служба статистики України, 2013. – 44 с.
9. Многомерный статистический анализ в экономике / [Сошникова Л. А., Томашевич В. Н., Уебе Г., Шефер М.]; под ред. проф. В. Н. Томашевича. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
10. Оздоровлення дітей у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку влітку 2010 року : [статистичний бюлетень] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2010. – 59 с.
11. Оздоровлення дітей у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку влітку 2011 року : [статистичний бюлетень] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2011. – 59 с.
12. Оздоровлення дітей у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку влітку 2012 року : [статистичний бюлетень] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2012. – 58 с.
13. Соціальні індикатори рівня життя населення : [статистичний збірник] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2010. – 220 с.
14. Соціальні індикатори рівня життя населення : [статистичний збірник] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2011. – 220 с.
15. Соціальні індикатори рівня життя населення : [статистичний збірник] / Відповідальний за випуск І. В. Калачова. – Київ : Державна служба статистики України, 2012. – 220 с.
16. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / [Ким Дж.-О., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р. и др.]; пер. с англ. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 218 с.

Анотація

У статті представлено результати факторного аналізу рівня розвитку системи дитячого оздоровлення України. З метою виявлення найбільш важливих чинників, що здійснюють вплив на забезпечення належного оздоровлення та відпочинку дітей, пропонується використовувати метод головних компонент. Обґрунтовано, що на сучасному етапі розвитку системи дитячого оздоровлення у нашій країні найбільш суттєво впливають групи факторів, які визначають рівень розвитку сфери оздоровлення й відпочинку дітей та її фінансове забезпечення, якість національної системи охорони здоров'я.

Ключові слова: факторний аналіз, дитяче оздоровлення, метод головних компонент, фактори.

Аннотация

В статье представлены результаты факторного анализа уровня развития системы детского оздоровления Украины. С целью выявления наиболее важных факторов, которые осуществляют влияние на обеспечение надлежащего оздоровления и отдыха детей, предлагается использовать метод главных компонент. Обосновано, что на современном этапе развития системы детского оздоровления в нашей стране наиболее существенно влияют группы факторов, которые определяют уровень развития сферы оздоровления и отдыха детей и ее финансовое обеспечение, качество национальной системы здравоохранения.

Ключевые слова: факторный анализ, детское оздоровление, метод главных компонент, факторы.

Annotation

The results of factor analysis of level of development of the system of child making healthy of Ukraine are presented in the article. With the aim of exposure of the most essential factors that carry out influence on providing of the proper making healthy and rest of children, it is suggested to use the method of main components. Reasonably, that on the modern stage of development of the system of child making healthy in our country the groups of factors, that determine the level of development of sphere of making healthy and rest of children and her financial providing, quality of the national system of health protection, influence most substantially.

Key words: factor analysis, child making healthy, method of main components.