

## УЗАГАЛЬНЮЮЧА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЗДОРОВ'Я ДІТЯЧОГО НАСЕЛЕННЯ

### GENERAL CHARACTERISTIC OF METHODS FOR ASSESSING OF THE CHILDREN'S POPULATION HEALTH

**Федоришина Л.М.**

кандидат економічних наук, доцент,  
науковий співробітник відділу дослідження митних ризиків,  
Науково-дослідний центр митної справи  
Науково-дослідного інституту фіскальної політики  
Університету державної фіскальної служби України

*У статті узагальнено методи, що можуть бути використані для оцінювання здоров'я дитячого населення. Для визначення та дослідження ступеня впливу окремих факторів на стан здоров'я дитячого населення і процес його формування запропоновано використовувати методи кореляційно-регресійного аналізу та головних компонент; для комплексного оцінювання рівня здоров'я дитячого населення – індексний метод, рейтингової оцінки, матричний, таксономії; для характеристики та аналізу можливих структурних змін внеску регіонів у загальний стан здоров'я дитячого населення України – метод розрахунку інтегрального коефіцієнта структурних змін, відносних узагальнюючих показників структурних відмінностей. Обґрунтовано доцільність використання методів кластерного аналізу для групування регіонів за певними показниками, що характеризують стан здоров'я дитячого населення; методу експоненційного згладжування Брауна та методу Хольта – для прогнозування стану здоров'я дитячого населення у перспективі; методів нечіткої логіки – для виявлення прихованих факторів впливу на стан здоров'я дитячого населення.*

**Ключові слова:** здоров'я, дитяче населення, метод оцінювання, аналіз, індекс, показник.

*В статье обобщены методы, которые могут быть использованы для оценки здоровья детского населения. Для определения и исследования степени влияния отдельных факторов на состояние здоровья детского населения и процесс его формирования предложено использовать методы корреляционно-регрессионного анализа и главных компонент; для комплексной оценки уровня здоровья детского населения – индексный метод рейтинговой оценки, матричный, таксономии; для характеристики и анализа возможных структурных изменений вклада регионов в общее состояние здоровья детского населения Украины – метод расчета интегрального коэффициента структурных изменений, относительных обобщающих показателей структурных различий. Обоснована целесообразность использования методов кластерного анализа для группировки регионов по определенным показателям, характеризующим состояние здоровья детского населения; метода экспоненциального сглаживания Брауна и метода Хольта – для прогнозирования состояния здоровья детского населения в перспективе; методов нечеткой логики – для выявления скрытых факторов влияния на состояние здоровья детского населения.*

**Ключевые слова:** здоровье, детское население, метод оценки, анализ, индекс, показатель.

*The article summarizes the methods that can be used to evaluate the health of the children population. To determine and study the degree of influence of individual factors on the health of the children's population and the process of its formation, it is suggested to use methods of correlation-regression analysis and the main components; for the comprehensive assessment of the health of the children population – index method, rating assessment, matrix, taxonomy; for the characterization and analysis of possible structural changes the contribution of regions to the general health of the children's population of Ukraine is the method of calculating the integral coefficient of structural changes, relative generalizing indicators of structural differences. The expediency of using cluster analysis methods in order to group regions according to certain indices characterizing the health status of the children population is substantiated; the method of exponential smoothing of Brown and the Holt method – to predict the health status of the children's population in the future; methods of fuzzy logic – to identify hidden factors of influence on the health of the children population.*

**Key words:** health, children's population, method of estimation, analysis, index, indicator.

**Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сучасних умовах рівень здоров'я дитячого населення набуває стратегічного значення, оскільки саме від стану здоров'я дітей залежить розвиток країни у майбутньому, зокрема формування її репродуктивного, інтелектуального, творчого капіталу. За своєю сутністю здоров'я дитячого населення є інтегральним показником цивілізованості держави, котрий відображає соціально-економічне становище суспільства, тому надзвичайної актуальності набувають питання щодо оцінювання фактичного стану здоров'я дитячого населення для прогнозування його змін у майбутньому та розроблення відповідної концепції його збереження й примноження. Головне при цьому – вірно вибрати метод оцінювання здоров'я дитячого населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Варто зазначити, що в науковій літературі питання щодо оцінювання здоров'я дитячого населення розглядаються переважно з медичного погляду і в контексті лише методів оцінювання стану фізичного та психічного складників здоров'я. Зокрема, тут варто згадати праці В. Весельського [1], І. Калиниченко [2], Н. Польки та О. Бердник [3], В. Козакевич та О. Козакевич [4], Т. Сандуляка [5]. На нашу думку, недостатнім є висвітлення можливості застосування саме економічних методів стосовно оцінювання здоров'я дитячого населення.

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Мета статті – узагальнити методи оцінювання здоров'я дитячого населення й особливостей його формування та розкрити можливості застосування кожного з них.

**Виклад основного матеріалу дослідження** з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Уважаємо, що методи оцінювання здоров'я дитячого населення можна згрупувати за такими напрямками:

1. Визначення та дослідження ступеня впливу окремих факторів на стан здоров'я дитячого населення та процес його формування у період реформування національної системи охорони здоров'я та економічної нестабільності в країні.

1.1. Методи кореляційно-регресійного аналізу. Здоров'я дітей залежить від багатьох факторів: кліматичних умов, стану навколишнього середовища, забезпечення продуктами харчування та їх цінності, соціально-економічних умов, якісного медичного обслуговування, умов та способу життя сім'ї, особливостей організму, стресових ситуацій, згубних звичок батьків, фізичних навантажень тощо. Більшість із таких факторів відома й їх вплив визначений, однак про вплив інших можна тільки припускати з певною ймовірністю і в силу тих чи інших причин передбачати їх появу неможливо. Врахувати вплив усіх чинників на об'єкт дослідження і

встановити зв'язки між ними практично неможливо. Саме методи кореляційно-регресійного аналізу зі всієї множини факторів і зв'язків дають змогу визначити найбільш значущі для досягнення поставлених цілей, зокрема й тих, що впливають на формування здоров'я дитячого населення.

Одним з основних індикаторів, за яким можна оцінювати рівень здоров'я дитячого населення, є здатність дитячого організму протистояти різним захворюванням. Як кількісний показник (залежна змінна) можна розглядати рівень захворюваності дітей, який є чутливий до змін перерахованих вище факторів. Оцінити їх системний вплив можливо шляхом побудови багатофакторної регресійної моделі:

$$Z = 0,717X_1 + 0,847X_2 + 3,107X_3 + 0,42X_4 + 0,995X_5 \quad (1)$$

де  $Z$  – залежна змінна;

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  – незалежні (факторні) змінні;

$u$  – стохастичний (випадковий) складник.

Аналітичний вигляд функції  $f$  визначається характером зв'язку, проте найчастіше вона є лінійною:

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m, \quad (2)$$

де  $b_i$  – коефіцієнти регресії;

$m$  – кількість факторних змінних.

За значеннями коефіцієнтів регресії встановлюється напрям зв'язку між досліджуваною і факторними ознаками: якщо  $b_i < 0$  – зв'язок зворотний (зі збільшенням факторної ознаки зменшується результативна); якщо  $b_i > 0$  – прямий зв'язок (зі збільшенням факторної ознаки зростає досліджувана).

Для знаходження параметрів  $b_0, b_1, \dots, b_m$  рівняння лінійної багатофакторної регресійної моделі (2) застосовують метод найменших квадратів [6, с. 105]. Після того побудовану модель регресії за допомогою F-критерію [7, с. 128–135] перевіряють на адекватність (значущість зв'язку між залежною і незалежними змінними), а коефіцієнти регресії за допомогою t-критеріїв [7, с. 119] – на статистичну значущість.

Для визначення найкращої підмножини регресорів (факторів, що визначають поведінку залежної змінної  $y$ ) застосовують процедуру покрокової регресії, коли у рівняння регресії послідовно один за одним включаються фактори і оцінюється після того якість моделі.

Гребенева регресія базується на гребневих оцінках, спрямованих на оцінювання множинних лінійних регресій в умовах мультиколінеарності, тобто сильної кореляції незалежних змінних між собою.

За допомогою коефіцієнтів регресії не можна зіставити фактори за ступенем їх впливу на залежну змінну через різномірність їхніх одиниць вимірювання і ступеня коливання. Для усунення цього застосовуються коефіцієнт еластичності, дельта-коефіцієнт та бета-коефіцієнт.

Коефіцієнт еластичності показує, на скільки відсотків змінюється у середньому  $y$  за збільшенні тільки фактора  $x_j$  на 1% й обчислюється за формулою:

$$E_j = \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}} \times b_j, \quad (3)$$

де  $\bar{y}$  – середнє значення залежної змінної;  
 $\bar{x}_j$  – середнє значення  $j$ -го фактора (змінної);  
 $b_j$  – коефіцієнт регресії при  $j$ -ій змінній.

$\beta_j$  – бета-коефіцієнт, або коефіцієнт регресії, у стандартизованому вигляді використовують для усунення різниць у вимірюванні та ступені коливання факторів. Коефіцієнт показує, на яку частину величини середньоквадратичного відхилення змінюється середнє значення залежної змінної, коли відповідна незалежна змінна збільшується на одне середньоквадратичне відхилення, а решта незалежних змінних залишаються сталими [8]:

$$\beta_j = \frac{\hat{\sigma}_j}{\hat{\sigma}_y} \times b_j, \quad (4)$$

де  $\hat{\sigma}_y$  – оцінка середньоквадратичного відхилення залежної змінної;

$\hat{\sigma}_j$  – оцінка середньоквадратичного відхилення  $j$ -ої пояснювальної змінної.

Частку впливу фактора в сумарному впливі всіх факторів можна оцінити за величиною дельта-коефіцієнта:

$$\Delta_j = r_{yx_j} \times \frac{\beta_j}{R^2}, \quad (5)$$

де  $r_{yx_j}$  – коефіцієнт парної кореляції між  $j$ -им фактором і залежною змінною;

$R^2$  – коефіцієнт детермінації.

1.2. Метод головних компонент. Серед множини факторів, під дією яких формується здоров'я дитячого населення, є такі, що корелюють між собою. У такому разі говорять про явище мультиколінеарності і в процесі проведення кореляційно-регресійного аналізу вони відкидаються й їх вплив на результуючий показник не приймається до уваги, хоча з економічного погляду врахування їх впливу є необхідним. Здійснюється це шляхом застосування у процесі дослідження методу головних компонент, суть якого полягає у 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 [9].

Метод головних компонент дає можливість скоротити вихідну розмірність простору ознак до найбільш істотно впливають факторів із мінімальною втратою корисної інформації.

Під головними компонентами розуміють лінійні комбінації, складені з «незалежних»

змінних  $x_i$ , що володіють властивістю корельованості між собою:

$$F_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \times x_i, \quad (6)$$

де  $i, j = 1, 2, \dots, n$ .

Вибір лінійних комбінацій за «незалежними» змінними не довільний, а суворо визначений, тобто завдання методу головних компонент полягає у лінійному перетворенні  $n$  ознак ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) у новий набір  $k$  «незалежних» випадкових величин ( $F_1, F_2, \dots, F_k$ ), які розташовуються у порядку спадання їхніх дисперсій.

При цьому головні компоненти визначаються власними векторами кореляційної матриці, отриманої на основі вихідних параметрів, що характеризують об'єкти дослідження. Головні компоненти визначають факт впливу того чи іншого параметра на хід процесу, наявність зв'язку між параметрами, якими ознаками об'єкта зумовлений той чи інший фактор, частку впливу фактора на значення ознаки.

Найбільш часто число виділених факторів визначається кількістю власних значень або виключенням факторів, після яких залежність близька до горизонтальної лінії.

Аналіз на основі методу головних компонент, як правило, призводить до того, що основну частину дисперсії містять перші дві-три компоненти. Виділивши ці компоненти, можна розраховувати їх для об'єктів різних типів і за згрупованістю точок класифікувати їх або ж на основі цих компонент скласти рівняння регресії, за яким можна чітко виявити суттєві й несуттєві фактори.

2. Комплексне оцінювання рівня здоров'я дитячого населення як на регіональному, так і національному рівні для визначення потенціалу формування і збереження людського капіталу на різних етапах розвитку особистості як основного фактору економічного зростання і базового виробничого ресурсу економіки.

2.1. Індексний метод. Основою комплексного оцінювання та вивчення складних явищ, які притаманні здоров'ю дитячого населення, виступає індексний метод. Він дає змогу шляхом агрегування ознак засобами багатовимірного аналізу отримати комплексний показник, що забезпечить об'єктивність оцінювання рівня здоров'я дитячого населення того чи іншого регіону порівняно з іншими або країни загалом у динаміці. Це, своєю чергою, послужить вимірником для посилення заходів державної політики щодо збереження та зміцнення здоров'я дітей.

У загальному розумінні індекс здоров'я – це кількісний показник фізичного стану здоров'я, що відображає рівень фізичного розвитку та функціональних можливостей організму, якість способу життя, стан імунітету [10]. У науковій літературі зустрічаються різні варіанти оцінки індексу здоров'я, розроблені залежно від спрямованості та завдань певних галузей наук.



У медицині застосовують цілу низку спеціальних індексів для експрес-оцінювання фізичного здоров'я дітей. Для їх обчислення необхідні значення довжини і маси тіла, життєва ємкість легень (ЖЄЛ), частота серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск (АТ), час затримки дихання на вдосі (проба Штанге), функціональна проба Руф'є, піднімання тулуба із положення «лежачи на спині». При цьому визначаються рівень здоров'я дітей (нижче середнього, низький, середній, вище середнього, високий) і показники відхилення у стані здоров'я (артеріальна гіпертензія, гіпотонія, ожиріння, дефіцит маси тіла, низькорослість) [11].

Дослідження такого характеру базуються на таких індексах [11]:

1. Індекс Кетле-2 – характеризує ступінь гармонічності фізичного розвитку і статури:

$$\text{Індекс\_Кетле} - 2 = \frac{\text{маса\_тіла(кг)}}{\text{довжина\_тіла}^2(\text{м}^2)} \quad (7)$$

2. Індекс Робінсона – характеризує стан регуляції серцево-судинної системи і ступінь її економізації у спокою:

$$\text{Індекс\_Робінсона} = \frac{\text{ЧСС(уд / хв)} \times \text{АТ}_{\text{суст}}(\text{мм.рт.ст.})}{100} \quad (8)$$

3. Індекс Скібінського – характеризує функціональні можливості системи дихання, стійкість організму до гіпоксії і вольові якості:

$$\text{Індекс\_Скібінського} = \frac{\text{ЖЄЛ} \times \text{проба\_Штанге(с)}}{\text{ЧСС(уд / хв)}} \quad (9)$$

4. Індекс міцності Шаповалової – характеризує розвиток силової і швидкісної витривалості м'язів спини і черевного пресу:

Індекс\_міцності

$$\text{Шаповалової} = \frac{\text{маса\_тіла(г)} \times \text{кількість\_згинань\_за\_60\_с}}{\text{довжина\_тіла} \times 60} \quad (10)$$

5. Індекс Руф'є – характеризує реакцію серцево-судинної системи на стандартне фізичне навантаження:

$$\text{Індекс\_Руф'є} = \frac{4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10}, \quad (11)$$

де  $P_1$  – пульс у сидячому положенні у стані спокою за 15 с;

$P_2$  – пульс за перші 15 с після 30 глибоких присідань, виконаних за 45 с;

$P_3$  – пульс за останні 15 с першої хвилини періоду відновлення.

Використовуючи таблиці формалізованих оцінок індексів, кожному індексу присвоюється оцінка в балах (від 1 до 5) і обчислюється загальна сума балів, за якою оцінюється рівень індивідуального здоров'я дитини (фізичного здоров'я) [12]:

5–9 балів – низький рівень;

10–13 балів – нижче середнього;

14–18 балів – середній;

19–22 бали – вище середнього;

23–25 балів – високий.

У контексті здійснюваних досліджень за предметними сферами немедичних наук, методика розрахунку інтегрального індексу здоров'я дитячого населення передбачає його розрахунок як середньозваженої величини з індексів, що побудовані на основі кількісної оцінки факторів, якими визначається рівень здоров'я дітей у конкретному регіоні чи державі загалом.

Інтегральний індекс здоров'я дитячого населення можливо використовувати не лише для зіставлення регіонів. Завдяки даній методиці стає можливим зіставлення міського і сільського дитячого населення за індексом здоров'я, а також у «віковому розрізі» (зіставлення рівня здоров'я дітей різних вікових груп для встановлення, в які періоди формування особистості їх здоров'я поліпшується або, навпаки, погіршується).

У зв'язку із цим можна формувати два основних підходи до реалізації державної політики у сфері охорони здоров'я дітей: поляризація (формування полюсів збереження, зміцнення і примноження здоров'я дитячого населення) або вирівнювання (зменшення територіальних диспропорцій).

2.2. Метод рейтингової оцінки. Метод рейтингової оцінки досить простий і передбачає створення рейтингу шляхом ранжування (розподіл величин за зростанням або спаданням) регіонів, міст, вікових груп тощо відповідно до значень показників, що найбільше характеризують стан здоров'я дітей на даній території, у соціальній чи віковій групі.

Значення інтегрального рейтингу для конкретного об'єкта дослідження можна математично виразити за допомогою формули:

$$R_j = \sum_{k=1}^n a_k \times M_{jk}, \quad (12)$$

де  $R_j$  – інтегральний рейтинг  $j$ -го об'єкта ранжування;

$n$  – кількість показників;

$a_k$  – вага  $k$ -го показника;

$M_{jk}$  – рейтинг  $j$ -го об'єкта у ранжуванні за  $k$ -им показником.

2.3. Матричний метод. Під час використання матричного методу вихідна матриця сукупності показників  $A = \{a_{ij}\}$  ( $i = \overline{1, n}$  – номер показника;  $j = \overline{1, m}$  – номер об'єкта ранжування) перетворю-

ється на матрицю стандартизованих коефіцієнтів

$$x_{ij} = \frac{a_j - \min_j a_j}{\max_j a_j - \min_j a_j} \quad \text{для показників-стимуляторів і}$$

$$x_{ij} = \frac{\max_j a_j - a_j}{\max_j a_j - \min_j a_j} \quad \text{показників-дестимуляторів,}$$

потім проводиться порівняльна рейтингова оцінка за вибраними показниками [13]:

$$R_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (1 - x_{ij})^2} \quad (13)$$

Об'єкти ранжуються у порядку зростання рейтингової оцінки. Найвищий рейтинг буде мати об'єкт, що матиме найменше значення  $R$ .

2.4. Метод таксономії. Досить часто для здійснення комплексного оцінювання явищ та процесів застосовують метод багатовимірного порівняльного аналізу – метод таксономії, в основу якого покладено визначення так званої таксономічної відстані, тобто відстані між точками багатовимірного простору, розмірність якого визначається кількістю ознак, що характеризують об'єкт, який вивчається. Визначення цих відстаней дає можливість визначити місце розташування кожної конкретної точки щодо інших  $i$ , таким чином, структурувати всю сукупність точок.

Згідно з алгоритмом методу таксономії, вихідна матриця сукупності показників  $X = \{x_{ij}\}$  ( $i = \overline{1, n}$  – номер показника;  $j = \overline{1, m}$  – номер об'єкта ранжування) через їх неоднорідність перетворюється на матрицю стандартизованих величин за формулами [14, с. 390–393]:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i}, \quad (14)$$

де  $z_{ij}$  – стандартизоване (нормоване) значення  $i$ -го показника для  $j$ -го об'єкта;

$\bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij}$  – середнє арифметичне значення  $i$ -го показника;

$$\sigma_i = \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \text{середнє квадратичне}$$

відхилення значень  $i$ -го показника.

Тоді кожен об'єкт можна інтерпретувати як деяку точку  $P_j$  у  $n$ -вимірному векторному просторі, координати якої дорівнюють  $z_{ij}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) й яку порівнюють із точкою-еталоном  $P_0 = (z_{01}, \dots, z_{0n})$  (найбільше значення для кожного показника-стимулятора, або найменше для показника-дестимулятора) шляхом знаходження відстані між ними за формулою:

$$d_{j0} = \left[ \sum_{i=1}^n (z_{ij} - z_{0i})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (15)$$

Отримані відстані використовуються для розрахунку функції переваги  $j$ -го об'єкта  $f(x_j)$ :

$$\begin{aligned} f(x_j) &= 1 - \frac{d_{j0}}{d_0} = 1 - \frac{d_{j0}}{d + aS_d} = \\ &= 1 - \frac{d_{j0}}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m d_{j0} + a \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (d_{j0} - \bar{d})^2 \right]^{\frac{1}{2}}}, \quad (16) \end{aligned}$$

де  $a$  – деяке додатне число, яке вибирають так, щоб усі значення знаходилися між 0 і 1. Найчастіше  $a=2$ .

Згідно із запропонованою методикою, рівень здоров'я дитячого населення дорівнює 1. Тобто чим значення функції переваги  $f(x_j)$   $j$ -го об'єкта дослідження (регіон, певна вікова категорія тощо) буде ближчим до 1, тим рівень здоров'я дитячого населення його буде вищим.

3. Характеристика та аналіз можливих структурних змін внеску регіонів у загальний стан здоров'я дитячого населення України.

3.1. Інтегральний коефіцієнт структурних змін А. Салаї. Структурні зміни можуть істотно впливати на розвиток будь-яких процесів і явищ, тому для кількісної оцінки масштабу структурних зрушень у процесі формування здоров'я дитячого населення можна використати інтегральний коефіцієнт структурних змін А. Салаї [15, с. 166-169]:

$$k_C = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i^1 - d_i^0}{d_i^1 + d_i^0} \right)^2}, \quad k_C \in [0;1], \quad (17)$$

де  $d_i^0, d_i^1$  – відносні показники структури  $i$ -го регіону у базовому і звітному періодах;

$n$  – кількість регіонів.

$$d_i^0 = \frac{f_i^0}{\sum_{i=1}^n f_i^0}, \quad d_i^1 = \frac{f_i^1}{\sum_{i=1}^n f_i^1}, \quad (18)$$

де  $f_i^0, f_i^1$  – показник в абсолютному вираженні, що характеризує стан здоров'я дитячого населення в  $i$ -му регіоні у базовому і звітному періодах.

Якщо  $k_C = 0$ , то змін не відбулося, якщо  $k_C = 1$ , то відбулися максимальні структурні зрушення.

3.2. Відносні узагальнюючі показники структурних відмінностей. Квадратичний коефіцієнт «відносних» структурних зрушень характеризує той середній відносний приріст питомої ваги (у відсотках), який відбувся за аналізований період, і дає зведену оцінку інтенсивності зміни питомих ваг у часі і просторі [16, с. 142]:

$$K_{\frac{d1}{d0}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(d_i^1 - d_i^0)^2}{d_i^0}} \quad (19)$$

Інтегральний коефіцієнт структурних зрушень Гатєва:

$$K_G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i^1 - d_i^0)^2}{\sum_{i=1}^n (d_i^1)^2 + \sum_{i=1}^n (d_i^0)^2}} \quad (20)$$

Коефіцієнт нерівномірності розподілу:

$$K_N = \frac{k \times l}{k - l} \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - p)^2}, \quad (21)$$

де  $p$  – частка груп за абсолютно рівномірного розподілу; розраховується за формулою:

$$\rho = \frac{l}{k}, \quad (22)$$

де  $k$  – кількість груп у порівнюваних структурах;

$l$  – кількість домінуючих груп (береться максимальне значення з розрахованих за групами).

Якщо коефіцієнт нерівномірності прямує до 0, то групи в структурі рівномірно розподілені, тобто спостерігається різноманітність у структурі. Якщо коефіцієнт нерівномірності прямує до 1, то групи в структурі розподілені нерівномірно, тобто в структурі посилюється однаковість.

Інтегральний коефіцієнт структурних відмінностей Рябцева:

$$K_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i^1 - d_i^0)^2}{\sum_{i=1}^n (d_i^1 + d_i^0)^2}} \times 100\% \quad (23)$$

Більш поглиблене вивчення зміни структури потребує ще використання методів кореляційно-регресійного аналізу, індексного методу виявлення впливу чинників, що впливають на структуру сукупності, а також оцінку впливу самої структури на пов'язані з нею результативні показники.

4. Групування регіонів за показниками, що відображають рівень захворюваності дітей, або показниками, що характеризують процес формування здоров'я дитячого населення, для обґрунтування та застосування заходів державної політики, спрямованих на підвищення рівня здоров'я дітей та поліпшення якості їхнього життя не до кожного окремо взятого регіону, а до сукупності зі схожими характеристиками. При цьому доцільним є застосування методів кластерного аналізу. Схожість або відмінність між регіонами за групою показників із застосуванням кластерного аналізу встановлюється залежно від метричної відстані між ними. Якщо здоров'я дитячого населення у регіоні формується під дією  $n$  чинників, то кожен регіон може бути представлений як точка в  $n$ -мірному просторі, і схожість його з іншими регіонами визначатиметься їх взаємним розташуванням, тобто відстанню між такими точками.

Для кластеризації регіонів будується матриця відстаней із застосуванням однієї із метрик відстаней. Найчастіше це «зважена» евклідова відстань:

$$\rho_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m w_k \times (z_{ik} - z_{jk})^2} \quad (24)$$

Вага  $k$ -го показника визначається за правилом Фішберна:

$$w_k = \frac{2 \times (n - k + 1)}{n \times (n + 1)} \quad (25)$$

Якщо прийняти  $w_k = 1$  для всіх  $k = \overline{1, n}$ , то буде звичайна евклідова відстань.

Отримані в такий спосіб значення подають у вигляді симетричної ( $\rho_{ii} = 0$  та  $\rho_{ij} = \rho_{ji}$ ) матриці відстаней:

$$R = (\rho_{ij}) \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, m} \quad (26)$$

і застосовують до неї агломеративну ієрархічну процедуру кластерного аналізу. Найпростішим є метод одиничного зв'язку (метод близького сусіда), що передбачає приєднання одиниці сукупності до кластера, якщо вона близька хоча б до одного представника цього кластера [17, с. 94–119]. Він реалізований у різних статистичних пакетах, зокрема й у пакеті Statistica, що полегшує здійснення процедури кластеризації.

Оптимальну кількість кластерів визначають за показником ентропії [18, с. 160–174]:

$$H = - \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{m} \log_2 \frac{N_i}{m} = \log_2 m - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^k N_i \log_2 N_i, \quad (27)$$

де  $H$  – ентропія класифікації;

$m$  – кількість об'єктів у досліджуваній сукупності (регіонів);

$N_i$  – кількість об'єктів (регіонів), що потрапили в  $i$ -ий кластер;

$k$  – кількість кластерів.

Максимально можливе значення ентропії  $H_{\max}$  визначається за формулою (27) за значень  $N_i$  рівних між собою, тобто кількість об'єктів рівномірно розподілена в кластерах.

Розмір відхилення ентропії від максимального значення можна визначити за формулою:

$$\Delta H = \frac{(H_{\max} - H)}{H_{\max}} \times 100 \quad (28)$$

Вибір кількості кластерів може визначатися на основі аналізу спеціальних функціоналів якості, на основі порівняння розбивок на різну кількість класів, можливості зі змістовною інтерпретацією й інших критеріїв, проте остаточний вибір все-таки залишається за дослідником і метою, яку він прагне досягнути в процесі проведення дослідження.

5. Важливою формою проведення будь-якого дослідження є прогнозування, зокрема й стану здоров'я дитячого населення у найближчій перспективі, результати якого можуть бути використані для пошуку факторів підвищеного ризику, що зумовлюють різну швидкість, спрямованість і етапність формування відхилень у стані здоров'я дітей, обґрунтування управлінських рішень, спрямованих на збереження і примноження здоров'я дитячого населення як на регіональному, так і муніципальному рівні.

5.1. Метод експоненційного згладжування Брауна. Практична значущість застосування методу експоненційного згладжування Брауна [15, с. 139] для прогнозування основних показників, що характеризують стан здоров'я дитячого населення, або індексу здоров'я дитячого населення як інтегрального показника, зумовлена тим, що у ньому значення за останні роки

мають більший вплив на результуючий показник, аніж початкові. В умовах сьогодення, коли проводяться заходи щодо реформування національної системи здоров'я, інтенсифікуються ризики здоров'я, спричинені розвитком інформаційного суспільства тощо, саме врахування показників за останні роки дасть змогу адекватно простежити основні тенденції у найближчій перспективі.

Суть методу експоненційного згладжування Брауна полягає у тому, що розрахунок прогнозних значень будується на використанні експоненційних середніх. Вони служать для обчислення рекурентних поправок до коефіцієнтів полінома, що описують тренд динамічного ряду [15, с. 140].

5.2. Метод Хольта. У методі Хольта враховується як поточний рівень тренду досліджуваного процесу, так і його рівень нахилу. При цьому параметри згладжування для кожного показника різні. Основною перевагою методу є його гнучкість, що дає змогу вибирати відношення, в якому відслідковуються і рівень тренду, і його нахил.

Цей метод прогнозування належить до класу методів експоненційного згладжування й у формульній формі може бути поданий так [19, с. 44–47]:

1. експоненційно згладжений ряд або оцінка поточного рівня:

$$L_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (L_{t-1} - T_{t-1}) \quad (29)$$

2. оцінка тренду:

$$T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \quad (30)$$

3. прогноз на  $p$  періодів вперед:

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + p \times T_t, \quad (31)$$

де  $L_t$  – нова згладжена величина;

$\alpha$  – постійна згладжування для даних ( $0 < \alpha < 1$ );

$Y_t$  – нове спостереження або реальне значення ряду в період  $t$ ;

$\beta$  – постійна згладжування для оцінки тренду ( $0 < \beta < 1$ );

$T_t$  – власне оцінка тренду;

$p$  – кількість періодів уперед, на який робиться прогноз;

$\hat{Y}_{t+p}$  – прогноз на  $p$  періодів уперед.

При цьому  $\alpha$  і  $\beta$  вибираються у такий спосіб, щоб мінімізувати помилки прогно-

зування. Тобто їхня комбінація має давати мінімальне значення середньоквадратичного відхилення.

6. Дослідження прихованих впливів факторів соціально-економічного середовища життєдіяльності людини на формування здоров'я дитячого населення. Для їх виявлення доцільним є використання методів теорії нечітких множин і нечіткої логіки, що дають змогу здійснити моделювання будь-яких соціально-економічних систем, навіть таких, для яких відсутні будь-які статистичні дані, або коли серед інформативних факторів є лише якісні показники. Цей клас методів дає змогу здійснити опис причинно-наслідкових зв'язків між факторами (причинами), які впливають на стан досліджуваного об'єкта, та конкретним його станом у вигляді висловлювань природною мовою, і, отже, надає можливість провести логічну формалізацію експертного висновку. На практиці найчастіше використовують такі моделі нечіткого висновку, як Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото [20].

Під час дослідження стану здоров'я дитячого населення структура причинно-наслідкових зв'язків може бути описана такою системою співвідношень:

$$d = fd(y, w, \dots, z), \quad (32)$$

$$y = fy(x_1, x_2, \dots, x_{10}), \quad (33)$$

$$w = fw(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{20}), \quad (34)$$

$$z = fz(x_{21}, x_{22}, \dots, x_n), \quad (35)$$

де  $d$  – певний рівень здоров'я дитячого населення;

$y, w, z, x_1 \dots x_n$  – окремі фактори, що характеризують функціональний стан та адаптаційні ресурси дитячого організму.

**Висновки** з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Таким чином, різноаспектне дослідження стану здоров'я дитячого населення із застосуванням відповідного математичного інструментарію як на регіональному, так і національному рівні дає змогу виявити і проаналізувати особливості його формування в динамічних умовах сьогодення, оцінити позитивні та негативні наслідки його зміни для економіки, прями та непрямі економічні втрати, пов'язані із захворюваністю дітей, сприятиме вдосконаленню механізму управління людським капіталом та механізму управління ризиками від втрати здоров'я у дитячому віці тощо.



**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:**

1. Весельський В.Л. Оцінювання фізичного розвитку та індивідуального здоров'я дітей в практиці сімейного лікаря. Семейная медицина. 2013. № 5(49). С. 144–148. URL: [irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis\\_64.exe?...](http://irbis-nbuv.gov.ua/.../cgiirbis_64.exe?...) (дата звернення: 19.04.2018).
2. Калиниченко І. Оцінка здоров'я та фізичного стану дітей молодшого шкільного віку. Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві. 2008. Т. 2. С. 128–131. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fvs\\_2008\\_2\\_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Fvs_2008_2_41) (дата звернення: 19.04.2018).
3. Полька Н.С., Бердник О.В. Сучасні підходи до оцінки стану здоров'я в гігієні дитинства (огляд літератури та власних досліджень). Журнал НАМН України. 2013. Т. 19. № 2. С. 226–235.
4. Козакевич В.К., Козакевич О.Б. Інформативні критерії оцінки стану здоров'я дітей та підлітків. URL: [http://elib.umsa.edu.ua/jspui/bitstream/umsa/5835/1/inform\\_kryt\\_ocinky.pdf](http://elib.umsa.edu.ua/jspui/bitstream/umsa/5835/1/inform_kryt_ocinky.pdf) (дата звернення: 19.04.2018).
5. Сандуляк Т.В. Алгоритм і критерії оцінки стану здоров'я дітей раннього віку. Современная педиатрия. 2015. № 6(70). С. 35–39.
6. Фещур Р.В., Барвінський А.Ф., Кічор В.П. Статистика: навч. посіб.; 2-е вид., перероб. і доп. Львів: Інтеллект-Захід, 2003. 576 с.
7. Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. Економетрія: підручник; вид. 2-е, доп. та перероб. Київ: КНЕУ, 2000. 296 с.
8. Присенко Г.В., Равікович Є.І. Прогнозування соціально-економічних процесів: навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2005. 378 с.
9. Шевчук І.Б. Моделі компонентного та факторного аналізу розвитку системи дитячого оздоровлення в Україні. Сталый розвиток економіки. 2013. № 3(20). С. 8–17.
10. Индекс здоровья. URL: [https://adaptive\\_physical\\_education.academic.ru/253/Индекс\\_здоровья](https://adaptive_physical_education.academic.ru/253/Индекс_здоровья) (дата звернення: 10.04.2018).
11. Горелик В.В. Оценка физического развития и здоровья школьников общеобразовательной школы. Вестник ОГУ. 2010. № 6(112). С. 69–73.
12. Поляков С.Д. Компьютерные технологии мониторинга физического здоровья школьников. Москва, 2002. С. 1–11.
13. Методы рейтинговой (комплексной) оценки деятельности организаций в комплексном экономическом анализе. URL: <https://ppt-online.org/154833> (дата звернення: 19.04.2018).
14. Шевчук Л.Т. Медико-соціальні аспекти використання трудового потенціалу: регіональний аналіз і прогноз: монографія. Львів, 2003. 489 с.
15. Фещур Р.В., Барвінський А.Ф., Кічор В.П. та ін. Статистика: теоретичні засади і прикладні аспекти: навч. посіб.; 2-е вид., оновл. і доп. Львів: Інтеллект-Захід, 2003. 576 с.
16. Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С. Статистические методы анализа: учеб. пособ. Екатеринбург: Урал. ун-т, 2015. 300 с.
17. Григоруک П.М. Багатомірне економіко-статистичне моделювання: навч. посіб. Львів: Новий світ-2000, 2006. 149 с.
18. Колемаев В.А. Экономико-математическое моделирование. Москва: Юнити-Дана, 2005. 295 с.
19. Юринець Р.В. Прогнозування соціально-економічних процесів: навч. посіб. Львів, 2006. 80 с.
20. Мазорчук М.С., Симонова К.А., Греков Л.Д. Применение методов и моделей нечеткой логики для моделирования экономических процессов. Системы обработки информации. 2007. Вип. 9(67). С. 159–162.