

## Вимірювання рівня людського розвитку за допомогою методів агрегування

*У статті проведено аналіз різних методів агрегування, нормування показників і визначення вагових коефіцієнтів та їх застосування для побудови інтегральних індексів для оцінки регіональних соціально-економічних систем.*

**Ключові слова:** *індекс людського розвитку, інтегральний індекс, нормування, ваги, калібрація.*

*В статье проведен анализ разных методов агрегирования, нормирования показателей и определения весовых коэффициентов и их применение для построения интегральных индексов для оценки региональных социально-экономических систем.*

**Ключевые слова:** *индекс человеческого развития, интегральный индекс, нормирование, веса, калибрация.*

*Different methods of aggregation, normalization of indicators, weight ratios' determination and their use were analyzed to construct integral indices for assessment of regional social and economic systems.*

**Key words:** *human development index, integral index, normalization, weights, calibration.*

**Вступ.** Прийняття рішень у сфері людського розвитку потребує всебічного дослідження причинно-наслідкових зв'язків між соціальними, економічними, політичними, культурними відносинами в середині країни та її загального прогресу у світі, що постійно змінюється.

Зростаюча увага у світі до методів інтегрального оцінювання, зокрема до методів агрегування, пояснюється

можливістю формалізованого розв'язку на їх основі складних багатоаспектних проблем.

**Аналіз останніх досліджень.** Тоді як перші дослідники процесу вимірювання національних видатків і доходів наголошували на важливості соціальних питань, економічний розвиток став основним аспектом після Другої світової війни. Приріст капіталу розглядався як основний засіб розвитку людини, і зростання рівня ВВП на душу населення стало єдиною мірою розвитку.

Дохід вперше був запропонований Пігу як засіб вимірювання добробуту і достатку. Він описав економічний добробут як вимірювану частину людського благополуччя – частину, яку можна поставити у відповідність «вимірюваному потоку грошей» [1-4].

Тоді, як ВВП став основною метою розвитку у 1950-ті та 1960-ті роки, питання стимулювання зростання добробуту окремої людини відступило на задній план. Вважалося, що добробут усіх громадян буде автоматично покращуватися вслід за загальним економічним зростанням. Слабкий зв'язок між доходом і благополуччям встановили за допомогою поняття доходу на душу населення, яке призвело до зміщення наголосу з добробуту на виробництво, тому що це поняття не враховує такий важливий аспект, як розподіл доходу. З плином часу питання розподілу доходу було зовсім забуто, а щоб обґрунтувати таке ігнорування, використовували аргумент «слідування за потоком». Таким чином, дохід перетворився із загальновідомого способу часткового монетарного вимірювання добробуту у головний показник для вимірювання виробництва і в єдиний показник вимірювання добробуту у вигляді доходу на душу населення.

Кілька вчених виступили проти центрального домінування цієї концепції доходу. Перші кроки були зроблені МакГрененом і його колегами, які дослідили декілька показників розвитку, - деякі з них були пов'язані з рівнями смертності і захворюваності, інші з такими соціальними факторами як урбанізація, а інші все ще з економічними показниками. Ці показники були пов'язані між собою і разом використовувалися для опису соціально-економічного розвитку. Кожний показник був прив'язаний до ВВП за допомогою рядів регресії, що дозволило визначити граничний поріг розвитку [1-4].

Залишилась проблема об'єднання цих різноманітних показників у єдиний інструмент вимірювання людського розвитку по аналогії з доходом. Дохід – це зважена на ціни сума кількості різних товарів і послуг, обмінювана на ринку. Ціни ніяким чином не є ідеальною вагою. Вони можуть переоцінювати або недооцінювати товари і послуги, для яких ринок недосконалий, і навіть гірше, вони повністю ігнорують товари для яких ринок взагалі не існує. Але ціни у деякому сенсі це «природні ваги», оскільки вони є невід'ємною частиною повсякденного життя людини. Ціна виражає відносну важливість одного товару у порівнянні з іншим, виходячи з доходу.

Будь-який синтетичний індекс об'єднує різноманітні показники. Визначення вагових коефіцієнтів може обумовлюватися такими статистичними прийомами, які керуються даними, як факторний аналіз. Ваги мають статистичну інтерпретацію, але їх неможливо пояснити ні повсякденним досвідом, ні відотною впливовістю показників.

Іншою проблемою вимірювання людського розвитку є вибір, який з показників використати, а від яких слід відмовитися. При вимірюванні за допомогою доходу

використовуються всі товари і послуги, які виробляються і продаються на ринку. Серед них є такі, що забруднюють навколишнє середовище, або шкодять здоров'ю. У цьому аспекті дохід є всеохоплюючим, а якість є альтернативою втраті показників. Чим більше всеохоплюючими вони здаються, тим більше показників вони включають. І тим менш прозорими вони є, і тим менше вони співвідносяться із повсякденним життям.

У відповідь на такі припущення Морріс запропонував індекс фізичної якості життя. Він вважав зусилля по вимірюванню людського розвитку *діяльністю*. Він зосередився на дослідженні розвитку як *досягнутого рівня благополуччя* і обрав три показники: дитячу смертність, очікувану тривалість життя у віці одного року і грамотність, з'єднавши їх у простий незважений індекс, щоб отримати індекс фізичної якості життя. Очевидно, що перші два показники перекривають один одного, особливо у країнах, що розвиваються, тому що обидва вони відносяться до тривалості і пов'язані чітким взаємовідношенням [1-4].

З тих пір сприйняття людського розвитку змістилось з *економічного* на *соціально-економічний* розвиток, з новим наголосом на бідності. Тепер це називається людський розвиток. Наголос робиться на розширенні можливостей людини, і в центрі дослідження знову знаходиться людина. Це виражається у вимірюванні розвитку не як в збільшенні товарів і багатства, а в розширенні можливостей людини [5]. Результатом є індекс людського розвитку (ІЛР), розроблений фахівцями Програми розвитку ООН (ПРООН).

***Невирішені проблеми.*** Однак, аналіз концепції і методів обчислення індексів розвитку людського потенціалу підводить до висновку про їх неповноту з

точки зору можливості прийняття коректних рішень у галузі вдосконалення державної соціально-економічної політики (особливо на регіональному рівні). Також вимірювання регіональних відмінностей рівня людського розвитку в межах окремої країни за методикою ПРООН пов'язане з низкою методологічних та інформаційних проблем, зумовлених головним чином особливостями національної статистики.

Беручи до уваги всі вищенаведені аргументи і недоцільність механічного застосування методики ПРООН, виникла необхідність створення українськими фахівцями власної методики оцінки рівня людського розвитку.

**Мета.** Оскільки властивості соціально-економічних явищ характеризуються, як правило, множиною ознак, то при упорядкуванні одиниць сукупності виникає необхідність агрегування усіх ознак множини в одну інтегральну оцінку.

Метою даної статті є аналіз процесів нормування, калібрації і визначення ваг для побудови інтегрального індексу регіонального людського розвитку, а також дослідження підходів до нормалізації індикаторів і визначення вагових коефіцієнтів для конструювання інтегрального індексу рівня економічної безпеки України з метою вдосконалення методики вимірювання людського розвитку в Україні.

**Основний матеріал.** Держкомстатом разом із Інститутом демографії і соціальних досліджень НАН України розроблено методику, адаптовану до національних умов, передусім до національної статистичної бази. До розрахунку регіонального індексу людського розвитку включено 6 блоків показників відповідно до основних аспектів людського розвитку [6].

Процедура розрахунку інтегрального індексу регіонального людського розвитку складається з п'яти етапів:

- 1) нормування показників;
- 2) калібрація показників;
- 3) визначення ваг показників у блоках;
- 4) розрахунок індексу по кожному блоку показників;
- 5) розрахунок інтегрального індексу регіонального людського розвитку.

Розглянемо докладно кроки 1) – 3).

Нормування здійснюється за формулою (1) для показників-стимуляторів та за формулою (2) для показників-дестимуляторів:

$$z_{ijr} = \frac{x_{ijr}}{x_{st\ ij}}, \quad (1)$$

$$z_{ijr} = \frac{x_{st\ ij}}{x_{ijr}}, \quad (2)$$

де  $z_{ijr}$  – нормоване значення  $j$ -го показника у  $i$ -му блоці показників по  $r$ -му регіону;

$x_{ijr}$  – фактичне значення  $j$ -го показника у  $i$ -му блоці показників по  $r$ -му регіону;

$x_{st\ ij}$  – стандартне значення  $j$ -го показника у  $i$ -му блоці показників (стандартні значення показників визначено експертним шляхом. При визначенні стандартного значення показника урахувались такі чинники: розмах варіації та середнє значення показника по регіонах, тенденції зміни показника за 2004–2010 роки, необхідність зменшення впливу процедури стандартизації на подальші розрахунки в середині блоку. Стандартне значення є постійним протягом усіх років дії методики);

$i$  – номер блоку показників ( $i = 1, 2, \dots, 6$ );

$j$  – номер показника у  $i$ -му блоці показників ( $j = 1, \dots, k_i$ ;

$k_i$  – кількість показників у  $i$ -му блоці показників).

$r$  – регіон ( $r = 1, \dots, 25$ ).

Калібрація нормованих показників здійснюється з метою елімінації впливу процедури нормування на узагальнюючий показник по блоку. Мета калібрації полягає у забезпечення в середньому рівного представлення нормованих показників у індексі блоку до проведення процедури зважування. Калібрація проводиться у такій послідовності:

- розраховується структура представлення кожного показника в індексі блоку для кожного регіону (формула (3));
- розраховується середнє значення показника структури по кожному показнику (формула (4));
- розраховується середнє значення показника структури по кожному блоку (формула (5));
- розраховуються калібрувальні коефіцієнти для кожного показника (формула (6));
- розраховуються відкалібровані значення нормованих показників (формула (7)):

$$b_{ijr} = \frac{z_{ijr}}{\sum_{j=1}^{k_i} z_{ijr}}, \quad (3)$$

$$\bar{b}_{ij} = \frac{\sum_{r=1}^{25} b_{ijr}}{25}, \quad (4)$$

$$\bar{b}_i = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \bar{b}_{ij}}{k_i}, \quad (5)$$

$$c_{ij} = \frac{\bar{b}_i}{\bar{b}_{ij}}, \quad (6)$$

$$z_{ijr}^c = z_{ijr} \cdot c_{ij}, \quad (7)$$

де  $b_{ijr}$  – питома вага  $j$ -го нормованого показника у загальному індексі  $i$ -го блоку показників для регіону  $r$ ;

$\bar{b}_{ij}$  – середнє значення питомої ваги  $j$ -го нормованого показника у  $i$ -му блоці показників;

$\bar{b}_i$  – середнє значення питомої ваги нормованих показників у  $i$ -му блоці показників;

$c_{ij}$  – калібрувальний коефіцієнт для  $j$ -го показника у  $i$ -му блоці показників;

$z_{ijr}^c$  – калібровані нормовані значення  $j$ -го показника у  $i$ -му блоці показників по регіону  $r$ .

Ваги показників визначаються методом попарних порівнянь з використанням експертних оцінок. Метод застосовується для кожного блоку показників окремо. Ваги показників є постійними протягом усіх років дії методики.

Оскільки процедури нормування і визначення вагових коефіцієнтів є надзвичайно важливими для побудови синтетичних показників, таких як інтегральний індекс регіонального людського розвитку, слід розглянути й інші підходи до розрахунку таких агрегованих показників, особливо до процедур нормування і визначення ваг.

Отже, розглянемо етапи нормалізації індикаторів і визначення вагових коефіцієнтів у методиці розрахунку рівня економічної безпеки України, розробленої для Міністерства економіки України.

Методика містить такі етапи конструювання інтегральної оцінки економічної безпеки:

- 1) формування множини індикаторів;
- 2) визначення характеристичних (оптимальних, порогових та граничних) значень індикаторів;
- 3) нормалізація індикаторів;
- 4) визначення вагових коефіцієнтів;
- 5) розрахунок інтегрального індексу.

Розглянемо детально етапи 3) і 4).

Агрегування ознак ґрунтується на так званій теорії “адитивної цінності”, згідно з якою цінність цілого дорівнює сумі цінностей його складових. Якщо ознаки множини мають різні одиниці вимірювання, то адитивне агрегування потребує приведення їх до однієї основи, тобто попередньої нормалізації [7]. Вектор первинних ознак  $[x_1, x_2, \dots, x_m]$  замінюється вектором нормалізованих значень  $[z_1, z_2, \dots, z_m]$ .

На практиці застосовують різні способи нормалізації. Усі вони ґрунтуються на порівнянні емпіричних значень показника  $x_i$  з певною величиною  $a$ . Такою величиною може бути максимальне  $x_{max}$ , мінімальне  $x_{min}$ , середнє значення сукупності  $[x_1, x_2, \dots, x_m]$  чи еталонне (порогове)  $x_e$  значення показника.

Якщо  $x_{ij}$  - деякі показники,  $j=1, \dots, m$ ;  $i=1, \dots, n$ , які в сукупності характеризують певну галузь економіки, то інтегральний показник (індекс) безпеки для цієї галузі повинен мати вигляд лінійної згортки:

$$I_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} z_{ij}, \quad (8)$$

де  $a_{ij}$  – вагові коефіцієнти, що визначають ступінь внеску  $j$ -го показника в інтегральний індекс  $i$ -ї сфери економіки;  $z_{ij}$  – нормалізовані значення вхідних показників  $x_{ij}$ .

Усі  $a_{ij}$  повинні відповідати таким умовам:

*Збірник наукових праць*

$$0 \leq a_{ij} \leq 1 \quad (9),$$

$$\sum_j a_{ij} = 1 \quad (10),$$

кожен із  $z_{ij}$  є нормалізованим, тобто  $0 \leq z_{ij} \leq 1$ .

Задача нормалізації показників – це перехід до такого масштабу вимірювань, коли “найкращому” значенню показника відповідає значення 1, а “найгіршому” – значення 0. З точки зору математики, це є задача нормування змінних, а з точки зору статистики – перехід від абсолютних до нормалізованих значень індикаторів, що змінюються від 0 до 1 і вже своєю величиною характеризують ступінь наближення до оптимального значення, що можна також інтерпретувати у відсотках: 0 відповідає 0 %, 1 – 100 %.

При формуванні ознакового простору (множини індикаторів) важливо забезпечити інформаційну односпрямованість показників  $x_i$ . З цією метою показники поділяють на стимулятори та дестимулятори.

Зв'язок між інтегральною оцінкою й показником-стимулятором прямий, з показником-дестимулятором – обернений. Дестимулятори перетворюють на стимулятори за допомогою нормування.

Нормування індикаторів здійснюється таким чином:

$$z_{ijl} = \begin{cases} x_{ij} / x_{\text{опт}}, \text{ якщо показник є стимулятором, при цьому } z_{ijl} = 1 \text{ при } x_{ij} = x_{\text{опт}} \\ x_{\text{опт}} / x_{ij}, \text{ якщо показник є дестимулятором, при цьому } z_{ijl} = 1 \text{ при } x_{ij} = x_{\text{опт}} \end{cases} \quad (11),$$

де  $x_{ij}$  – значення індикатора;

$z_{ijl}$  – нормоване значення індикатора  $x_{ij}$ .

У методиці розрахунку рівня економічної безпеки України для визначення вагових коефіцієнтів використовується модель головних компонент. Модель головних компонент трансформує  $m$ -вимірний ознаковий простір у  $p$ -вимірний простір компонент ( $p < m$ ).

У моделі головних компонент зв'язок між первинними ознаками і компонентами описується як лінійна комбінація

$$y_i = \sum_j^m c_{ij} G_j \quad (12),$$

де  $y_i$  – стандартизовані значення  $i$ -ї ознаки з одиничними дисперсіями; сумарна дисперсія дорівнює кількості ознак  $m$ ;

$c_{ij}$  – внесок  $j$ -ї компоненти в сумарну дисперсію множини показників  $i$ -ої сфери.

Компоненти  $G_j$  також представляють собою лінійну комбінацію

$$G_j = \sum_i^m d_{ij} x_{ij} \quad (13),$$

де  $d_{ij}$  – факторні навантаження;

$x_{ij}$  – вхідні дані.

Вагові коефіцієнти  $a_{ij}$  розраховуються за формулою:

$$a_{ij} = \frac{c_{ij} \cdot |d_{ij}|}{\sum_j c_{ij} |d_{ij}|} \quad (14).$$

Побудова моделі головних компонент здійснюється у три етапи:

- розрахунок кореляційної матриці  $R$ ;

- виокремлення головних компонент і розрахунок факторних навантажень;
- ідентифікація головних компонент.

**Висновки.** Отже, на основі вище викладеного можна зробити висновок, що для побудови інтегральних індексів регіонального людського розвитку і рівня економічної безпеки використовуються схожі процедури конструювання агрегованих індикаторів. Однак, на етапах нормалізації показників і визначення вагових коефіцієнтів застосовуються різні підходи. Для вдосконалення методики вимірювання регіонального людського розвитку на стадії нормування, калібрації і визначення ваг показників можна застосовувати підходи, що використовуються у методиці розрахунку рівня економічної безпеки. Доцільність використання цих методів з цією метою є темою подальших досліджень.

#### **Література**

1. Human Development Report 1990. Concept and Measurement of Human Development / [Електронний ресурс] - <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1990>
2. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development / [Електронний ресурс] - <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2010>
3. Human Development Report 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All / [Електронний ресурс] - <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2011>
4. Human Development Report 2013. Rise of South / [Електронний ресурс] - <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2013>
5. Тутова О.В. Концептуальні основи формування людського капіталу / О.В. Тутова // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць. Вип. 17 – Київ: Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України, 2012. – 379 с. – С. 119-129.

6. Регіональний людський розвиток. Статистичний бюлетень. – Державна служба статистики України, Київ, 2012.
7. Степашко В.С. Моделі розрахунку інтегрального індексу для груп первинних економічних показників / В.С. Степашкою // НТІ. – 2005. - №2. – С. 8-12.

УДК 338(336.1)

**О.М. Чистик**

### **Застосування Gretl для побудови багатofакторної моделі короткострокового прогнозування фінансових ресурсів Збройних сил ;України**

*У статті розглядаються особливості використання програмного продукту GRETL для побудови економетричних моделей короткострокового прогнозування. Проведено аналіз факторів для прогнозування видатків Державного бюджету України на оборону на 2016 та 2017 роки.*

**Ключові слова** багатofакторна модель, фінансові ресурси Збройних Сил України, короткострокове прогнозування.

*В статье рассматриваются особенности использования программного продукта GRETL для построения эконометрических моделей краткосрочного прогнозирования. Проведен анализ факторов для прогнозирования расходов Государственного бюджета Украины на оборону на 2016 и 2017 год.*

**Ключевые слова** многофакторная модель, финансовые ресурсы Вооруженных Сил Украины, краткосрочное прогнозирование.

*The article deals with particularities of using program GRETL for creation of econometric models for short-term*