

М.Ю. Лосєв

Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків

МЕТОДИКА НЕЧІТКО-МНОЖИННОГО АНАЛІЗУ ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ РЕГІОНІВ

В роботі пропонується методика нечітко-множинного аналізу економічного стану регіонів з метою формалізації підходу до розв'язання складної багатокритеріальної задачі планування їх подальшого розвитку. Методика дозволяє визначити нечіткі імовірнісні характеристики показників різної природи, це дає можливість уникнути обмежень і неоднозначності, що виникає при згортки приватних критеріїв у деякий глобальний критерій якості. Можливо використання методики як для порівняння економічного стану регіонів, так і для оцінювання відносного росту економічного стану одного регіону в різні моменти часу.

Ключові слова: економічний стан, показник якості, нечітка множина, багатокритерійна оцінка, функція приналежності.

Вступ

Держава виступає гарантом стабільного, науково обґрунтованого розвитку процесів реформування економіки. Світова практика показала, що для пом'якшення неминуче виникаючих негативних соціальних наслідків реформ, які проводяться в багатьох випадках доцільно пряме втручання державних органів в економічне життя регіонів, як шляхом вироблення необхідних рекомендацій, так і шляхом надання прямої фінансової допомоги з бюджетних коштів. Через обмеженість останніх вельми актуальною стає проблема оцінювання соціально-економічного стану регіонів і обґрунтованого розподілу грошових ресурсів між ними. Одержання узагальнених оцінок станів регіонів на основі великої і різноманітної якості інформації є досить складним завданням і вимагає розробки спеціальних методик, що дозволяють тим або іншим способом агрегувати одержувану інформацію по можливості без втрат і спотворень.

Різноманіття показників, в тій чи іншій мірі враховуються при оцінці соціально-економічного стану, можна згрупувати в такі блоки: промисловість, сільськогосподарське виробництво, фінансовий, соціально-демографічного і медико-екологічний. Кожен блок охарактеризуємо своїми параметрами якості. Наприклад, блок «Промисловість» може містити такі параметри [1]:

- темпи зростання обсягів виробництва;
- темпи зростання товарів загального споживання;
- питома вага реалізованої продукції;
- темпи зростання чисельності виробничо-промислового персоналу;
- темпи зростання продуктивності праці.

Наведений перелік параметрів оцінки стану промислового виробництва у регіоні може бути змінений в залежності від специфіки регіону і мети аналізу. Накопичений досвід використання різних методик [2] показував, що необхідність коригування складу факторів, що враховуються починає відчуватися на початкових етапах обробки первинних даних, одержуваних з регіонів. При цьому виявляються показники, які не можуть бути отримані з необхідною достовірністю, фактори, які не є характерними для порівнюваних регіонів та ін. Аналогічним чином можуть бути сформовані і проаналізовані списки параметрів (приватних критеріїв) в блоках «Сільськогосподарське виробництво», «Фінанси» та інших.

Таким чином, проблема кількісної оцінки економічного стану регіону є типовою багатокритеріальною задачею, математична формалізація і рішення якої ускладнюються наступними обставинами:

приватні критерії економічного стану носять різноманітний якісний характер, наприклад, задаються як абсолютними, так і відносними економічними показниками. При цьому частина критеріїв може бути представлена навіть не в кількісній формі, а у вигляді оцінок експертів, виражених лише вербально (у вигляді тверджень типу «слабо виражена», «середньо виражена», «сильно виражена» тощо). У цьому випадку неминуче прояв невизначеності суб'єктивної, нечіткої природи, яка не може бути адекватно інтерпретована в традиційному імовірнісному сенсі; частина критеріїв знаходяться в антагоністичних відносинах, тобто задоволення одним критерієм веде до незадоволення інших;

критерії явно нерівноцінні, тобто вносять різний внесок в інтегральну оцінку економічного стану регіону і загальне число приватних критеріїв велике. При цьому, людина не сприймає надмірно деталізовані шкали значень ознак чи критеріїв.

Якщо при розгляді конкретної задачі вирішені всі питання, пов'язані з формалізацією і ранжируванням приватних критеріїв, а також обраний спосіб побудови глобального критерію, то задача оптимізації може бути в принципі вирішена одним з методів пошуку глобального екстремуму критерію в просторі декількох змінних. Зазвичай при цьому виникають нові проблеми, пов'язані з можливою наявністю декількох локальних оптимумів, різною чутливістю глобального критерію до варіюваних факторів, статистичної ненадійністю знайденого оптимуму і т. д. Вирішення цих питань в рамках розробленої в [3] методики засноване на застосуванні елементів теорії нечітких множин і теорії можливостей.

В даний час все більш широке поширення набувають способи оцінки, засновані на нечіткому підході. Основними достоїнствами нечітких оціночних моделей є:

можливість гнучкого об'єднання різнорідних критеріїв;

можливість формулювати правила оцінки в термінах природної мови.

Остання обставина дозволяє описувати практично нескінченне число станів системи кінцевою безліччю термів.

Виклад основного матеріалу

Сформульовані задачі в значній мірі вирішуються шляхом введення узагальненого економічного стану як згортки всіх приватних критеріїв з урахуванням коефіцієнтів їх відносної важливості. При цьому, для згортки частинних критеріїв у узагальнений критерій їх необхідно привести до загальної норми (бази порівняння). Для цього використовується математичний апарат теорії нечітких множин, який є ефективним засобом вирішення подібних проблем в економіці [4].

Узагальнений критерій якості для процесу, що характеризується сукупністю з N критеріїв і обмежень, що залежать від вихідних і L контрольованих вхідних змінних у відповідності з операцією багатокритеріального згортання можна представити у вигляді [2]:

$$G(Y(X), X) = \mu_1^{a_1}(y_1(X)) \wedge \mu_2^{a_2}(y_2(X)) \wedge \dots \wedge \mu_j^{a_j}(y_j(X)) \wedge \dots \wedge \mu_k^{a_k}(y_k(X)) \wedge \mu_{k+1}^{a_{k+1}}(x_1) \wedge \mu_{k+2}^{a_{k+2}}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_{k+i}^{a_{k+i}}(x_i) \wedge \dots \wedge \mu_N^{a_N}(x_L), \quad (1)$$

де y_1, \dots, y_k і x_1, \dots, x_L – компоненти векторів Y і X, що визначають критерії якості і обмеження, μ_1, \dots, μ_N – цільові функції приналежності, a_1, \dots, a_N – ранги приватних критеріїв.

Розглянемо класичну методика вирішення задачі, яка полягає у порівняльній оцінці економічного стану різних районів регіону. Визначимо для кожного показника граничні гірші серед усіх районів та найкращі значення і будемо їх розглядати як опорні точки для побудови цільової функції приналежності, що формалізують опис приватних критеріїв.

Для прикладу розглянемо абстрактний кількісний показник, що розраховується за певний звітний період (T). Нехай T_{min} - найгірше серед усіх розглянутих районів регіону значення показника, а T_{max} - відповідає найкраще значення. Будемо вважати всі значення T нижче T_{min} неприпустимими, всі значення T вище T_{max} максимально бажаними. У загальному випадку в якості опорних значень T_{min} , T_{max} можуть бути використані статистичні дані, отримані на основі аналізу показників усіх районів або встановлені нормативні показники, якщо такі існують. Такого опису приватного критерію відповідає цільова функція приналежності (рис. 1).

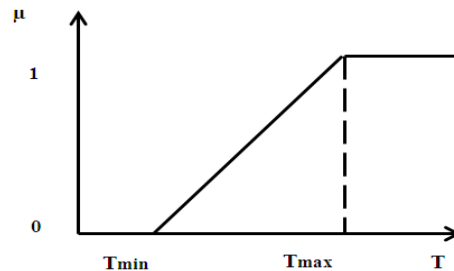


Рис. 1. Цільова функція приналежності кількісного показника

Формалізацію показників, що задаються на якісному рівні, також виконується на основі цільових функцій приналежності. При цьому зручно користуватися лінгвістичними оцінками ступеня вираженості показника. Наприклад, показник якості автомобільних доріг в регіоні може бути оцінений за вербальною шкалою: «добрий», «задовільний», «поганий» і т. д. (рис.2).

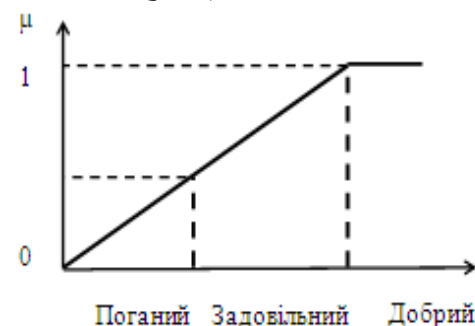


Рис. 2. Цільова функція приналежності якісного показника

У підсумку всі якісні і кількісні показники можуть бути представлені в єдиній безрозмірною шкалою цільової функції приналежності, визначеної на інтервалі $[0, 1]$.

Після побудови цільових функцій приналежності будуються матриці парних порівнянь важливості частинних критеріїв для всіх блоків та розраховуються їх відповідні ранги.

У постановці задач багатокритеріальної оптимізації центральне місце займають питання порівняння приватних критеріїв і завдання вимог до можливим співвідношенням їх значень в точці оптимуму, тобто вимог до оптимальності рішення, на підставі яких формується глобальний критерій якості. У роботі [3] ці питання розглянуті без урахування відмінностей між критеріями та обмеженнями, які однаковим чином беруть участь у формуванні глобального показника якості в разі, якщо вони описуються функціями приналежності.

У багатьох випадках найбільш часто використовуваний максимінний підхід просто не відповідає інтуїтивним уявленням про оптимальність прийнятого рішення [5]. Тому при вирішенні складних завдань з великим набором приватних критеріїв і обмежень після отримання гарантованої оцінки оптимальності при максимінній стратегії має сенс провести дослідження і для інших варіантів формування глобального критерію, наприклад, адитивної або мультиплікативної. Зіставляючи значення частинних критеріїв отриманих точках оптимуму можна вибрати найбільш прийнятне рішення. У зв'язку з цим дуже актуальними є питання агрегування самих узагальнених критеріїв.

При побудові узагальнених оцінок економічного стану регіону може використовуватися як мультиплікативний, так і адитивний варіант згортки частинних критеріїв. Вибір способу агрегування приватних критеріїв у глобальний повинен забезпечувати мінімальну втрату використовуваної інформації. В аналізованій ситуації може статися так, що майже в кожному районі зустрічаються окремі показники, відповідні нульовим значень цільових функцій приналежності. При цьому застосування згорток мультиплікативної згортки буде приводити до нульових значень глобальних критеріїв економічного стану в цих регіонах, незважаючи на те, що в цих районах отримані непогані результати за іншими показниками.

Для узагальненої оцінки економічного стану окремих районів у відповідності з методикою побудови ієрархічної системи критеріїв, згортки частинних критеріїв до єдиного глобального критерію проводиться поетапно. На першій стадії з урахуванням рангів згортаються приватні критерії

всередині блоків, що дозволяє отримати такі кількісні оцінки в районі, як інтегральні показники розвитку виробництва, фінансової сфери та ін. Отримані узагальнені оцінки всередині блоків, у свою чергу, використовуються зі своїми рангами для формування інтегральних критеріїв ефективності промисловості, фінансової діяльності тощо, які в кінцевому підсумку згортаються в глобальний критерій оцінки економічного стану регіону у відповідності з виразом (1).

Багатоступінчастість або ієрархічна організація критеріїв призводить до того, що на кожному або майже кожному рівні ієрархії необхідно використовувати експертні оцінки. Навіть при використанні перевірених методів, таких як матриці парних порівнянь важливості частинних критеріїв, багаторазове застосування експертних оцінок може призвести до суттєвого збільшення рівня невизначеності сформованого глобального критерію. Крім того, для визначення кваліфікованих експертних оцінок найширшого кола напрямків регіональної діяльності необхідно залучати безліч фахівців різних спеціальностей. При вирішенні реальної задачі оцінювання стану таких складних організацій такий підхід часто не представляється можливим.

Дуже важливою особливістю опису параметрів будь-якої економічної системи є неможливість їх чіткого уявлення. Здавалося-б частину з цих параметрів можна представити в грошовому вираженні, але тоді необхідно враховувати невизначеність подання самої грошової одиниці (її купівельну спроможність, зміна курсу до твердих валют тощо), особливо якщо виконується порівняльне оцінювання параметрів в різні моменти часу. Наприклад, оцінюючи відносні темпи зростання обсягів виробництва як відношення ціни випущеної продукції за звітний період до вартості випущеної продукції за попередній період, самі ціни встановлюються в різний час, протягом якого міг змінитися курс грошової одиниці і її купівельна здатність. При оцінці зростання чисельності виробничо-промислового персоналу можна використовувати спискову чисельність, явочну чисельність або середньоспискову чисельність, що вносить істотну невизначеність подання вихідних даних.

Таким чином, класичні методики оцінювання економічного стану регіонів стикаються з наступними проблемами:

складна ієрархічна організація критеріїв призводить до необхідності використовувати різноманітні експертні оцінки на кожному з рівнів ієрархії;

багаторазовість використання експертних оцінок тягне за собою неконтрольоване зростання невизначеності опису даних;

не завжди виправдане використання чіткого представлення нечітких вихідних даних.

Розглянемо методику, яку можна використовувати для вирішення завдання порівняльної оцінки економічного стану різних районів. При цьому кожен з параметрів, що характеризують стан окремих локальних критеріїв (вихідні дані) може бути представлений чітким або нечітким (нечітким числом) інтервалом.

Стан показника можна характеризувати належністю відповідному нечіткій множині. Згідно [6] аналізуючи досліджуваний показник, можна зробити висновок про ймовірність його приналежності якої-небудь нечіткій множині. При цьому, якщо показник (змінна) X визначений на інтервалі $[x_0, x_k]$ і кожне з можливих чітких його значень може належати двом станам $M1$ і $M2$ з функціями належності $\mu_1(x)$ і $\mu_2(x)$ відповідно, то ймовірності приналежності до таких станів визначаються за формулами [6]:

$$P_{M1}(x^a [x_0, x_k]) = \frac{1}{x_0 - x_k} \int_{x_0}^{x_k} \mu_1(x) dx, \tag{2}$$

$$P_{M2}(x^a [x_0, x_k]) = \frac{1}{x_0 - x_k} \int_{x_0}^{x_k} \mu_2(x) dx,$$

де P_{M1}, P_{M2} – чіткі ймовірності приналежності показника $x = x_i$ нечітким множинам $M1$ і $M2$;

x_i – мінімальне значення показника на інтервалі $[x_0, x_k]$;

x_k – максимальне значення показника на інтервалі $[x_0, x_k]$;

$\mu_i(x)$ - функція приналежності відносного показника відповідній нечіткій множині (рис.3).

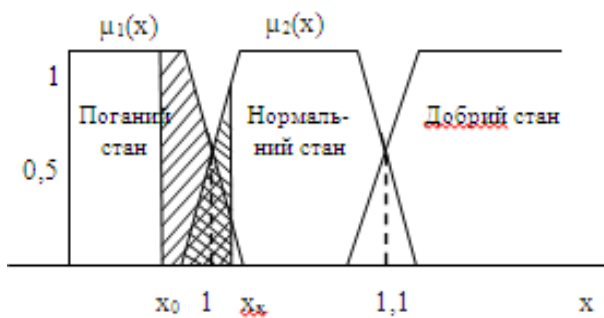


Рис. 3. Функції приналежності станам кількісного показника

В загальному випадку, якщо дійсний значення показника визначається не інтервалом, а функцією приналежності $\mu(x)$, середні ймовірності приналежності до можливих станів показника визначаються за формулами [6]:

$$P_{M1}(x^a [x_0, x_k]) = \frac{1}{x_0 - x_k} \int_{x_0}^{x_k} \mu_1(x) \mu(x) dx, \tag{3}$$

$$P_{M2}(x^a [x_0, x_k]) = \frac{1}{x_0 - x_k} \int_{x_0}^{x_k} \mu_2(x) \mu(x) dx,$$

Обчислення ймовірності атомарного висловлювання базується на вираженні (1) і ймовірності приналежності кожного параметра значенням відповідного нечіткого безлічі. Використовуючи аксіоматику незалежних подій теорії ймовірностей отримаємо ймовірність i -го атомарного висловлювання:

$$P_i = \sum_{k=1}^K \prod_{j=1}^N p(I_j = \Omega_r), i = 1 \dots Z_r, \tag{4}$$

де K – кількість сум в вираженні, яке визначається логікою висловлювання; I_j – j -й показник (критерій); Ω_r – r -а нечітка множина $r=1 \dots Z_r$.

Наприклад, у нашому випадку є п'ять критеріїв $i=1 \dots n$ ($n=5$), кожен з яких характеризується лінгвістичної змінної з трьох можливих станів ($N = 3$), тоді формальні знання будуть складатися з Z атомарних висловлювань $i=1 \dots Z$, де $Z = N^n$ ($Z=243$). Кожне з цих висловлювань може бути віднесено до якого-небудь нечіткій станом системи, характеризуемому значення лінгвістичної змінної. Наприклад, хороший стан системи відповідає ситуації, коли хоча б три показника з п'яти мають хороші значення («Д»), а два – нормальне («Н»). У цьому випадку ймовірність атомарного висловлювання P_D (інакше – ймовірність доброго економічного стану району) визначається за формулою:

$$P_{\bar{A}} = p_1(\bar{A})p_2(\bar{A})p_3(\bar{A})p_4(\bar{A})p_5(\bar{A}) + p_1(\bar{A})p_2(\bar{A})p_3(\bar{A})p_4(\bar{A})p_5(D) + p_1(\bar{A})p_2(\bar{A})p_3(\bar{A})p_4(D)p_5(\bar{A}) + p_1(\bar{A})p_2(\bar{A})p_3(D)p_4(\bar{A})p_5(\bar{A}) + \dots + p_1(D)p_2(D)p_3(\bar{A})p_4(\bar{A})p_5(\bar{A}), \tag{5}$$

де $p_i(D)$ – середня ймовірність доброго стану i -го критерія; $p_i(H)$ – середня ймовірність нормального стану i -го критерія, які обчислюються за формулою (2). Аналогічно задаються правила визначення середніх ймовірностей приналежності системи до нормального і поганого станів. Наприклад, нормальний стан системи відповідає ситуації, коли два показника з п'яти мають хороші значення («Д»), а три – нормальне («Н»), або якщо один показник має погане значення («П»), а останні – добре та нормальне.

Процес формування правил прийняття рішень про той чи інший стан складної системи має суб'єктивну природу, і тому призводить до відомого зростання невизначеності кінцевого результату. При цьому, правила прийняття рішення можуть бути досить жорсткими. Наприклад, хороший стан

системи відповідає ситуації, тільки тоді, коли всі показники з п'яти мають хороші значення. Найбільш м'який варіант правила прийняття рішення про хорошому стані системи може ґрунтуватися на висловлюванні коли лише один з показників має хороше значення, а інші – нормальне. Таким чином, належність однієї нечіткої безлічі іншій нечіткій множині може характеризуватися нечіткою ймовірністю приналежності з діапазоном значень $\min(P_D) < p_D < \max(P_D)$, $\min(P_H) < p_H < \max(P_H)$ або $\min(P_H) < p_H < \max(P_H)$. Тепер порівняння економічного стану регіонів зводиться до порівняння чітких або нечітких інтервалів значень змінних p_D , p_H , p_P .

Існують численні різні формальні визначення процедури порівняння чітких інтервалів [7-11]. Деякі з цих методів показали свою працездатність, у тому числі в достатньо складних приватних випадках. Але в той же час в літературі відсутні однозначні вказівки, що дозволяють вибрати серед них найкращий. Існуючі підходи до порівняння інтервалів можуть бути структурно представлені у вигляді трьох груп. Першими є методи суворого якісного порівняння [9], що спираються на аналіз діаграм графічного подання порівнюваних інтервалів. Далі йдуть кількісні методи, засновані на заходи відстані між інтервалами [10]. Найбільш поширеними є методи, які відповідають певному синтезу кількісних і якісних підходів [11, 12].

Перша група методів використовується, в основному, для вирішення проблеми порівняння інтервалів на рівні графічних інтерпретацій. Такі методи не можуть використовуватися для порівняння інтервалів на кількісному рівні. Друга група методів є, як правило, лише теоретичний інтерес. Головна проблема таких методів - недолік конструктивної інтерпретації відстані між інтервалами і нечіткими інтервалами. У багатьох випадках формально запроваджені заходи, що характеризують відстані між інтервалами (наприклад, відстань Хаусдорфа), знаходяться у протиріччі з інтуїтивним розумінням ситуації.

Третя група аналізованих методів заснована на методології, яка пропонується в класичній роботі [13], в якій втілено безліч практично корисних сучасних концепцій інтервальної арифметики.

Головна ідея всіх таких методів може бути представлена так: «інтервал менше, ніж інший інтервал, якщо містить деякі значення, менші, чим деякі значення в іншому інтервалі». Таке визначення, звичайно, занадто обмежена, щоб охопити всі можливі випадки взаємного розташування інтервалів.

В роботах [12,14] використовується метод порівняння чітких інтервалів на основі теоретико-

ймовірнісного підходу до розподілу випадкових величин, що дозволяє визначити ймовірність, з якою один інтервал більше іншого а також ймовірність їх рівності.

Оцінити ймовірності приналежності критерію нечітким підмножинам можна на основі методики порівняння чітких (або нечітких) інтервалів [2].

Завдання порівняння інтервалів $A = [a_1, a_2]$, $B = [b_1, b_2]$ формулюється як задача визначення ймовірності $P(B = A)$, під якою розуміється ймовірність того, що випадкова точка b_i з інтервалу B може збігатися з випадковою точкою a_i з інтервалу A , т. е.

$$P(B = A) = P(b_i = a_i, b_i \in B, a_i \in A). \quad (7)$$

Нехай $A = [a_1, a_2]$, $B = [b_1, b_2]$ – незалежні інтервали, і $a \in [a_1, a_2]$, $b \in [b_1, b_2]$ – випадкові величини, рівномірно розподілені на цих інтервалах. Оскільки мова йде про чіткі інтервали, ніяке інше розподіл, крім рівномірного, не буде мати сенсу [2].

Нехай ϵ множина подій H_k , які являють собою повну групу подій, що включає всі випадки попадання випадкових величин a і b в різні подінтервали A_i і B_j інтервалів A і B , відповідно. Нехай $P(H_k)$ - ймовірність події H_k і $P(B = A / H_k)$ – умовна ймовірність події $B=A$ при виконанні H_k .

Розрахунок повної ймовірності $P(B=A)$ події H_k можна виконати у відповідності з виразом:

$$P(B = A) = \sum_k P(H_k) P(B = A / H_k), \quad (8)$$

де $P(H_k)$ - ймовірність події H_k і $P(B = A / H_k)$ – умовна ймовірність події $B=A$ при виконанні H_k . Зважаючи прийнятого допущення про те, що випадкові величини рівномірно розподілені на інтервалах, величини $P(H_k)$ можуть обчислюватися геометрично. Далі визначимо значення умовних ймовірностей $P(B = A / H_k)$.

Інтервал, відповідний α -рівня нечіткого критерію може перетинатися з таким же α -рівнем будь-якого з нечітких станів (значень лінгвістичної змінної), крім того, один інтервал може бути повністю поглинений іншим інтервалом, а також інтервали можуть не мати спільних областей. При порівнянні двох інтервалів $A = [a_1, a_2]$, $B = [b_1, b_2]$ перераховані ситуації описуються з допомогою наступних виразів:

$$\begin{aligned} P(B = A) &\neq 0, a_1 < b_1 \& b_1 < a_2 < b_2; \\ P(B = A) &\neq 0, a_1 > b_1 \& a_2 < b_2; \\ P(B = A) &= 0, a_2 < b_2. \end{aligned} \quad (9)$$

Будемо вважати, що для пересічних інтервалів в загальній області перетину ($a \in [b_1, a_2]$ & $b \in [b_1, a_2]$), інтервали еквівалентні і $A = B$, що відповідає виникненню події H_p . Таким чином, $P(A = B / H_p) =$

$1 (P(B > A/Hp) = 0 \text{ і } P(B < A/Hp) = 0)$. Оскільки ми маємо справу з рівномірними розподілами випадкових величин a і b , то умови розглянутого випадку повністю збігаються з умовами ймовірнісної оцінки рівності інтервалів [2]. А самі ймовірності визначаються згідно з виразами:

$$P(B = A) = (a_2 - b_1)^2 / ((a_2 - a_1) (b_2 - b_1)); \quad (10)$$

$$P(B \geq A) = 1 - (a_2 - b_1)^2 / ((a_2 - a_1) (b_2 - b_1)); \quad (11)$$

$$P(B < A) = (b_2 - b_1) / (a_2 - a_1); \quad (12)$$

$$P(A \geq B) = (a_2 - b_2) / (a_2 - a_1). \quad (13)$$

Перший і другий вираз відповідає нагоди пересічних інтервалів, причому $a_1 < b_1$ & $b_1 < a_2 < b_2$. Третє і четверте висловлювання відповідають випадку, коли інтервал B повністю поглинений інтервалом A ($B \in A$). Існує випадок, при якому один з інтервалів (наприклад, інтервал) вироджується в точку, тобто $b_1 = b_2$ і поглинається інтервалом A . Тоді ймовірність приналежності інтервалу A інтервалу B $P(A \in B) = 0$.

Ранжування регіонів може бути проведено шляхом попарного порівняння інтервальних значень $r_{дi}$, $r_{нi}$, $r_{пi}$, $i=1...m$, де m – кількість регіонів. Вибір найбільш пріоритетного i -го регіону здійснюється за правилом $r_{дi} \geq r_{дj}$. При рівності цих показників виконується порівняння значень $r_{пi} \geq r_{пj}$.

Таким чином, запропонована методика аналізу економічного стану регіонів містить наступні основні етапи:

визначення цільових функцій приналежності кількісних показників, що характеризують стан регіонів;

визначення цільових функцій належності показників, що задаються на якісному рівні;

визначення чітких (або нечітких) інтервалів існування показників у заданий проміжок часу;

визначення середніх ймовірностей приналежності кожного показника можливим станам у відповідності з виразами (2, 3);

формування правил (виразів) визначення ймовірності приналежності регіонів до хорошого, задовільного і т. д. економічного стану;

обчислення чітких (нечітких) інтервальних значень ймовірностей приналежності регіонів до хорошого, задовільного і т. д. економічного стану у відповідності з визначеними вище правилами (формули (4), (5));

ранжування регіонів на основі порівняння визначених вище інтервальних значень (формули (10 – 13)).

При більш складній ієрархічній організації критеріїв необхідно повторювати перші шість етапів (крім останнього етапу) до тих пір, поки на останньому рівні ієрархії будуть отримані

ймовірності приналежності регіонів до доброго, задовільного і т. д. економічному стану, після чого виконується ранжування регіонів.

Розглянемо простий абстрактний приклад порівняльної оцінки стану промисловості трьох районів з раніше перерахованих п'яти показників, кожен з яких представляється чітким інтервалом. В табл.1 наведені значення цих показників.

Таблиця 1. Значення показників економічного стану промисловості в районах

Район	C1	C2	C3	C4	C5
1	0,98– 1,04	0,96– 0,99	0,85– 0,92	0,95– 0,99	0,98– 1,02
2	0,97– 1,02	0,98– 1,03	0,88– 0,95	0,94– 0,98	0,99– 1,03
3	0,99– 1,05	0,96– 0,98	0,87– 0,94	0,96– 0,99	0,98– 1,02

В табл.1 і далі використовуються наступні позначення: C1 – відносні темпи зростання обсягів виробництва; C2 – відносні темпи зростання товарів загального споживання; C3 – питома вага реалізованої продукції; C4 – відносні темпи зростання чисельності виробничо-промислового персоналу; C5 – відносні темпи зростання продуктивності праці.

Сформуємо цільові функції приналежності всіх відносних показників на основі рис.3. При створенні цільової функції приналежності питомої ваги реалізованої продукції використовуємо наступні інтервали: [0,9-1] – хороші значення показника; [0,8-0,9] – нормальні значення показника; [0-0,8] – погані значення показника.

На основі виразів (2) визначимо середні ймовірності приналежності показників кожного району відповідним станам. Результати обчислень наведені в табл.2.

Таблиця 2. Середні ймовірності приналежності показників кожного району відповідним станам

Район	C1	C2	C3	C4	C5	
1	P(д)	0	0	0,286	0	0
	P(н)	0,672	0,107	0,714	0,107	0,5
	P(п)	0,328	0,893	0	0,893	0,5
2	P(д)	0	0	0,71	0	0
	P(н)	0,397	0,403	0,29	0,081	0,75
	P(п)	0,603	0,597	0	0,919	0,25
3	P(д)	0	0	0,57	0	0
	P(н)	0,834	0,05	0,43	0,118	0,5
	P(п)	0,166	0,95	0	0,882	0,5

Сформуємо правила визначення ймовірності приналежності промисловості районів відповідним станам (табл.3).

Таблиця 3. Правила визначення ймовірності приналежності промисловості районів відповідним станам

Стан	Жорсткий варіант правила	М'який варіант правила
Добрий стан	Три показника з п'яти мають хороші значення, інші – норма	Лише один з показників має хороше значення, а інші – норма
Нормальний стан	Чотири показника з п'яти мають нормальні значення, один – добре	Три показника з п'яти мають нормальні значення, один – погане
Поганий стан	У всіх інших випадках	У всіх інших випадках

Визначимо чіткі інтервальні значення ймовірностей приналежності промисловості районів до доброго, задовільного та поганого економічного стану у відповідності з визначеними вище правилами (формули (4), (5)). Результати обчислень наведені в табл.4.

Таблиця 4. Результати експерименту

Район	P_d	P_n	P_p
1	0 – 0,0011	0,019 – 0,125	0,874 – 0,981
2	0,005 – 0,007	0,019 – 0,127	0,866 – 0,976
3	0 – 0,0014	0,019 – 0,124	0,875 – 0,981

Виконаємо ранжування районів на основі порівняння визначених вище інтервальних значень (формули (10 – 13)). Ймовірність того, що інтервал P_d другого району перевищує інтервали P_d першого та третього районів дорівнює 1. Ймовірність того, що інтервал P_d третього району перевищує інтервали P_d першого району дорівнює 0,214. Таким чином найвищий рейтинг має другий район, а найнижчий – перший район. Наведений приклад не може претендувати на загальність оцінки стану промисловості регіонів, однак він описує основні етапи цього процесу.

Висновки

Основні особливості постановки задачі оцінювання економічного стану регіонів характеризуються багатокритеріальністю, антагоністичністю і нерівнозначністю приватних критеріїв, важливістю обліку критеріїв, заснованих на суб'єктивних оцінках, необхідністю одночасного обліку невизначеностей різної природи. Пропонована методика оцінювання економічного стану регіонів має наступні переваги:

можливість використання як чіткого, так і нечіткого представлення вихідних даних;

дозволяє уникнути неоднозначності, що виникає при згортці приватних критеріїв у деякий глобальний показник якості;

при використанні методики відпадає необхідність у визначенні значущості кожного з показників;

обмежене використання експертних оцінок (експертні оцінки застосовуються тільки при формуванні цільових функцій належності);

можливість використання методики при складній ієрархічній організації критеріїв;

можливість використання методики, коли приватні критерії носять різноманітно якісний характер, частина з яких знаходяться в антагоністичних відносинах;

можливість використання методики як для порівняння економічного стану регіонів, так і для оцінювання відносного росту економічного стану одного регіону в різні моменти часу.

Література

1. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. – СПб.: «Сезам», 2002. – 181 с.
2. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и много-критериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004. – 397 с.
3. Севастьянов П.В., Туманов Н.В. Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1999. 224 с.
4. Севастьянов П., Севастьянов Д. Методическое и программное обеспечение финансово-экономического анализа в условиях неопределенности исходных данных // Информационно-аналитические системы в финансовой деятельности // Тезисы докладов Первого Белорусского Форума. Минск, 1997. С. 50 - 55.
5. Dubois D., Koenig J.L. Social choice axioms for fuzzy set aggregation // Fuzzy Sets and Systems. 2001. V. 43. P. 257 – 274.
6. Лосев М.Ю. Нечітко-множинна оцінка стану параметрів техніко-економічних систем / М.Ю. Лосев, Ю.М. Малишко // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2015. – Вип.4 (129). – С.33-38
7. Лосев М. Ю. Методика многокритериальной оценки состояния технико-экономических систем на основе нечетко-множественного анализа показателей // Лосев М.Ю., Кононов Ю.Н., Лосева Ю.М. — Х.: ХУПС, 2012. — 232 с. (С.24-29).
8. Ковалев В. В. Финансовый анализ: управление капиталом, выбор инвестиций, анализ отчетности. - М.: Финансы и статистика, 2000. –512с.
9. Калмыков С.А., Шокин Ю.И., Юлдашев З.Х. Методы интервального анализа.– Новосибирск: «Наука», 2006. – 223 с.
10. Heilpern S. Representation and application of fuzzy numbers // Fuzzy sets and Systems. 2007. № 91. P. 259-268.
11. Ishihashi H., Tanaka M. Multiobjective programming in optimization of the Interval Objective Function // European Journal of Operational Research. 2000. № 48. P. 219-225.

12. Walster G.W., Bierman M.S. *Interval Arithmetic in Forte Developer Fortran // Technical Report. Sun Microsystems. March 2010. P. 35-43.*
13. Moore R.E. *Interval analysis. Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall, 1966. 250 p.*
14. Sevastjanov Pavel V., Rog Pawel, Venberg Andrej V. *A Constructive Numerical Method for the Comparison of Intervals // Parallel Processing and Applied Mathematics. 4th International Conference. PPAM 2001. Naleczow, Poland, September 2001, Revised Papers. 2001. P. 756-761.*

References

1. Nedosekyn, A.O. (2002). *Fuzzy-multiple analysis of stock investment risks. Sesame, 181.*
2. Diligensky, N.V., Dymova, L.G., Sevastyanov P.V. (2004). *Fuzzy modeling and multi-criteria optimization of production systems in conditions of uncertainty: technology, economics, ecology. Izdanie Mashinostroenie-1, 397.*
3. Sevastyanov, P.V., Tumanov, N.V. (1999). *Multi-criteria identification and optimization of technological processes. Science and Technology, 224.*
4. Sevastyanov, P.V., Sevastyanov, D. P. (2001). *Methodical and software support of financial and economic analysis in conditions of uncertainty of initial data. Informational and analytical systems in financial activity, 50-55.*
5. Dubois, D., Koenig, J.L. (2001). *Social choice axioms for fuzzy set aggregation. Fuzzy Sets and Systems, 43, 257-274.*
6. Losev, M.Y., Malyshko, Y.M. (2015). *Fuzzy-evaluation of multiple parameters of feasibility. Information processing systems: technologies, 4 (129), 33-38*
7. Losev, M.Y., Kononov, Y.N., Loseva, Y.M. (2012). *The method of multicriteria estimation of the state of technical and*

- economic systems based on fuzzy-multiple analysis of indicators. HUPS, 24-29.*
8. Kovalev, V. V. (2000). *Financial analysis: management of capital, the choice of investment, analysis of reporting. Finance and Statistics, 512.*
 9. Kalmykov, S.A., Shokin, Y.I., Yuldashev, Z.K. (2006). *Methods of interval analysis. Science, 223 p.*
 10. Heilpern, S. (2007). *Representation and application of fuzzy numbers. Fuzzy sets and Systems, 91, 259-268.*
 11. Ishihashi, H., Tanaka, M. (2000). *Multiobjective programming in optimization of the Interval Objective Function. European Journal of Operational Research, 48, 219-225.*
 12. Walster, G.W., Bierman, M.S. (2010). *Interval Arithmetic in Forte Developer Fortran. Technical Report. Sun Microsystems, 35-43.*
 13. Moore, R.E. (1966). *Interval analysis. Englewood Cliffs. Prentice-Hall, 250.*
 14. Sevastjanov, P.V., Rog, P.V., Venberg, A.V. (2001). *Constructive Numerical Method for the Comparison of Intervals. Parallel Processing and Applied Mathematics, 756-761.*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К.О. Метешкін, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Автор: ЛОСЄВ Михайло Юрійович
Харківський національний економічний університет ім.С.Кузнеця, Харків, кандидат технічних наук, доцент, доцент..

МЕТОДИКА НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ

М.Ю. Лосев

Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков

В работе предлагается методика нечетко-множественного анализа экономического состояния регионов с целью формализации подхода к решению сложной многокритериальной задачи планирования их дальнейшего развития. Методика позволяет определить нечеткие вероятностные характеристики показателей различной природы, это дает возможность избежать ограничений и неоднозначности, которая возникает при свертке частных критериев в некоторый глобальный критерий качества. Возможно использование методики для сравнения экономического положения регионов, так и для оценки относительного роста экономического состояния одного региона в различные моменты времени

Ключевые слова: экономическое состояние, показатель качества, нечеткое множество, многокритериальная оценка, функция принадлежности.

THE METHOD OF FUZZY SET-ANALYSIS OF ECONOMIC REGIONS

M. Losev

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Kharkiv

The methodology of fuzzy set-state analysis of economic regions is offered in this paper. It is designed in order to formalize the approach to solving complex multi task planning their further development. The methodology to determine probabilistic fuzzy performance characteristics of different nature, it allows to avoid limitations and ambiguity that arises in rolls partial criteria in a global quality criterion. Some benchmarks can be described not as a quantitative form, but as a guest expert expressed only verbally. The methodology allows to limit the use of peer reviews, which are used in determining the parameters that can not be obtained with the required reliability. This may prevent repeated use of experts at various levels of complex hierarchical system of evaluating economic status of regions. Otherwise it can lead to a significant reduction of global uncertainty prevailing criteria. Application the methodology avoids eliminate the need for determining the significance of each of the economic performance of regions. The use of methodology is possible for comparing the economic status of the region, and for evaluating the relative growth economic situation the same region at different times.

Keywords: economic condition, fuzzy set, multi criteria evaluation, membership function, linguistic variable.