

С.І. АЗАРОВ, В.Л. СИДОРЕНКО

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СТАНУ РЕГІОНАЛЬНО-ВИБРОБНИЧИХ ПРИРОДНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

***Анотація.** Надано визначення, розглянуто значимість та процес функціонування регіонально-виробничих природно-економічних систем. Розглянуто ранжування в процесі факторного аналізу як процедуру упорядкування, розбиття великої кількості факторів у порядку переваги, з введенням між ними деякого порядку «краще-гірше». Зазначаються переваги і недоліки ранжування як методу вимірювання. Представлено процес управління розвитком регіону у вигляді послідовності задач, що формуються за семантичними, методичними та інформаційними ознаками. Запропоновано оцінювання стану регіонально-виробничих природно-економічних систем на основі факторного аналізу та алгоритм його ранжування. Пропонується застосування загальної теорії корисності для продуктивної реалізації методології моделей і процедур в системах підтримки прийняття рішень управління регіонально-виробничими природно-економічними системами. Зазначається, що розробка методології, технології, програмного і апаратного інструментарію автоматизації базових процесів підтримки прийняття рішень управління регіонально-виробничих природно-економічних систем на основі інформаційних технологій вимагає додаткового теоретичного та експериментального опрацювання.*

***Ключові слова:** факторний аналіз, регіонально-виробничі системи, природно-економічні системи, система підготовки прийняття рішень.*

DOI: 10.35350/2409-8876-2019-14-1-82-91

Вступ

Серед багатьох класів складних систем і об'єктів важливе місце займають регіонально-виробничі природно-економічні системи (РВПЕС), до яких відносяться складні територіально-розподілені технологічні об'єкти промислової, комунальної, енергетичної сфери тощо. Важливість розгляду таких об'єктів пояснюється тим, що Україна потребує розвитку механізмів як зменшення залежності національної економіки від впливу природних факторів і ресурсів, так і забезпечуючих стійкі тенденції в процесах економічного розвитку регіонів. У зв'язку з цим ключова роль у розвитку економічного потенціалу належить РВПЕС, що відрізняються за рівнем економічного розвитку. Загострення еколого-економічних проблем в регіонах визначає актуальність проведення регіональних досліджень, спрямованих на оцінку сучасного стану РВПЕС, рішення задач якісного поліпшення середовищного та ресурсного відновлення функцій природно-територіальних комплексів, які нині відчувають значну техногенну навантагу. У практиці ці дослідження виконуються для природно-економічного обґрунтування господарської діяльності під час розробки передінвестиційної документації

(концепцій, програм, схем галузевого та територіального розвитку, комплексного використання й охорони природних ресурсів, схем інженерного захисту, районних планувань тощо); містобудівної (генпланів населених пунктів, проектів детального планування, проектів забудови функціональних зон кварталів і ділянок міста); передпроектної – обґрунтувань інвестицій в будівництво об'єктів, промислових підприємств і комплексів; проектної (проектів і робочої документації для будівництва підприємств, будівель і споруд); організації екологічного моніторингу за станом геотехнічних систем. Все це вимагає розвитку нових підходів управління РВПЕС і аналізу їх станів з метою підвищення їх ефективності.

1. Постановка проблеми

У процесі інтеграції сучасного суспільства, розуміння регіонального управління та статусу регіону як системи зазнає змін. З наданням регіонам більшої самостійності, делегуванням повноважень з організації процесу соціально-економічного розвитку підвищується рівень складності управління регіоном як комплексною складною системою. Управління регіоном є процесом оптимізації розвитку складних підсистем: економічної, просторової, соціально-демографічної, екологічної складових підсистем. Процес управління розвитком регіону корисно представити у вигляді послідовності задач, що формуються за семантичними, методичними та інформаційними ознаками, які пов'язані між собою прямими та зворотними інформаційними різномістовими потоками.

При комп'ютеризації процесів управління РВПЕС і його складових компонентів існує потреба у вирішенні питань ефективної підготовки і прийняття рішень на основі аналізу даних в умовах, що характеризуються такими особливостями:

- необхідність вирішення завдань розподіленого й ієрархічного управління;
- труднощі формалізації й алгоритмізації системоутворюючих процесів;
- неможливість забезпечення адекватності моделей систем в заданих межах статистичних критеріїв близькості;
- велика кількість (десятки, сотні) різних за своєю природою, силою, метрикою факторів, що впливають на функціонування і розвиток РВПЕС;
- неповнота бази знань про самі об'єкти, що утрудняє побудову їх математичних моделей;
- нелінійність взаємозв'язків факторів, станів, обмежень, ресурсів;
- складність формування багатofакторного оцінювання і керуючого впливу.

У зв'язку з цим об'єкти з подібними характеристиками і особливостями відносяться до класу складних природно-економічних систем, ефективно управління якими було і є актуальною проблемою, що потребує вирішення. Зокрема, доцільні пошук і розробка способів, засобів, об'єктів, технологій, здатних адаптуватися до особливостей природно-кліматичних і географічних чинників України. Необхідна розробка нових підходів, методів, моделей, інформаційних технологій процесів аналізу і оцінювання станів РВПЕС насамперед з використанням методології інтроспективного аналізу – проведення експертних оцінок, динаміки їх функціонування і розвитку.

Важливо створити ряд формальних критеріїв з досить високими показниками достовірності, розробити оптимальні керуючі впливи, моделі і методи прийняття рішень в умовах багатокритеріальності, методи і системи моніторингу великої кількості показників, забезпечити апробацію розроблених моделей, інструментальних засобів та інформаційних технологій для вирішення прикладних завдань.

Таким чином, існує проблема створення ефективних систем підготовки прийняття рішень (СППР) для управління складними природно-економічними системами, гострота вирішення якої може бути знижена розробкою методів, математичних моделей, інформаційних технологій автоматизації процесів управління, що включають моніторинг показників і чинників, оцінювання їх стану і управління динамікою сталого розвитку регіону шляхом формування оптимальних керуючих впливів на основі інформаційних технологій.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значний внесок у розробку методології регіонального управління внесли Р. Акофф, В. М. Бурков, М. Д. Годлевський, М. З. Згуровський, Ю. Г. Лисенко та ін. [1, 2]. Дослідженнями різних аспектів автоматизації управління, особливо в регіональному розрізі, та формування інформаційної інфраструктури займалися В. М. Глушков, А. Г. Івахненко, В. С. Михалевич М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова та ін. [3–5]. Однак ще багато теоретичних і методичних питань регіонального управління залишаються невирішеними. Доцільно відзначити, що складність розробки системи інформаційного забезпечення регіонального управління полягає у забезпеченні збалансованої системи управління регіоном з урахуванням усіх складових, до характеристик яких можна віднести наступні: інформація, якою користуються регіональні структури, не має систематичного та системного характеру, не дає комплексної характеристики про об'єкт управління; потоки, обсяг та зміст інформації мають низький рівень погодженості між собою в рамках окремих підрозділів.

3. Формулювання цілей статті

Метою даної роботи є вдосконалення методики оцінювання стану функціонування РВПЕС та практичного впровадження ефективних засобів управління і прийняття оптимальних рішень для забезпечення стійких тенденцій в процесах природно-економічного розвитку регіону та підвищення ефективності його функціонування.

4. Виклад основного матеріалу

РВПЕС – це певна територіально розподілена одиниця, що відрізняється від інших одиниць такого ж рівня специфічними рисами (географічними, геологічними, виробничими, економічними, етнографічними, природно-кліматичними та ін.), має певну цілісність, взаємопов'язаність елементів, що її формують, вирішує завдання розподіленого й ієрархічного управління з використанням інформаційних і комунікаційних технологій.

Природно-економічний стан регіону, структура виробничого комплексу, сільського господарства, транспортна та логістична інфраструктура, вид і характер функціонування окремих РВПЕС залежать від багатьох факторів, таких як матеріальні, фінансові та трудові ресурси, природно-кліматичні, екологічні фактори регіону тощо. Перехід до концепції сталого розвитку регіону вимагає обов'язкового аналізу та врахування великої кількості факторів (показників), що відносяться до самих різних напрямів: економічного, екологічного, соціального, географічного, природно-ресурсного, науково-технічного, інвестиційного, трудового потенціалу та ін. [6]. Отже, РВПЕС – це об'єкт з процесами, що слабо формалізуються багатофакторним оцінюванням і керуючим впливом, характеризується відсутністю ефективного математичного, алгоритмічного та програмного інструментарію формування ефективного управління. Для формування оптимальних керуючих впливів необхідне комплексне врахування різноманітних економічних, екологічних, соціальних, природно-кліматичних та інших факторів (показників, індексів). Вихідною інформацією для отримання чинників, індексів, показників, індикаторів є дані статистичних агентств: Державного комітету статистики України, статистичних збірників, комітетів і департаментів державної влади, Міністерства економіки України, Національної комісії регулювання електроенергетики України, Державного департаменту інтелектуальної власності, екологічних паспортів регіонів, регіональних доповідей про стан навколишнього середовища, даних Державної служби України з надзвичайних ситуацій та інших джерел.

Завдання визначення розумної кількості показників та індексів, що повно характеризують поведінку РВПЕС, є важливою складовою для побудови систем управління природно-економічним станом регіону. Головними проблемами на шляху дослідників постають завдання вибору номенклатури та кількості факторів і показників, що дозволяють досить об'єктивно оцінювати стан РВПЕС як об'єктів дослідження і управління. Вирішення цих завдань можливе шляхом організації моніторингу стану природно-економічного регіону і створення моделей і систем (підсистем) моніторингу факторів і показників. Правильність вибору системи показників багато в чому визначає ефективність системи управління РВПЕС. Підсистема моніторингу є однією з найважливіших в загальній СППР РВПЕС. Її функцією є забезпечення вимірювання, зберігання і формування бази первинних показників (що безпосередньо вимірюються), які є достатніми для ідентифікації в повному обсязі явних, непрямих і латентних властивостей, відносин певної РВПЕС. Склад і структура множини первинних показників повинні бути достатньо повними для ідентифікації РВПЕС і мати можливість трансформуватися в міру розвитку природно-економічного регіону і суспільства. Причому, підсистема моніторингу є обов'язковою і невід'ємною частиною СППР будь-якої РВПЕС і повинна мати можливість не тільки надавати інформацію про поточні значення параметрів, а й про динаміку їх зміни (прогнозу). Це досить складні системи, що включають в себе інтелектуальні та високотехнологічні компоненти (складові), і їх створення є важливою науковою задачею. Первинні показники відносяться до різних сторін життєдіяльності РВПЕС: екологічної, економічної, науково-технічної, природно-кліматичної, соціально-інституційної, культурно-освітньої тощо.

Для оцінювання стану РВПЕС було запропоновано використовувати факторний аналіз [7]. Цілями факторного аналізу є зменшення розмірності системи спостережень і заміна великого числа вимірюваних змінних невеликим числом незалежних один від одного факторів з достатньою точністю апроксимуючих значень кожної змінної. Варіювання кожної змінної визначається як суворо детермінованими процесами, так і випадковими. Можна стверджувати, що результати факторного аналізу виділяють детерміновану, не випадкову частину процесу. Під час дослідження стану РВПЕС за допомогою факторного аналізу або подібних йому методів прагнуть відобразити структуру багатовимірного природно-територіального простору. Розкриваючи змістовну фізичну природу кожного фактора, ми переходимо до побудови загальної моделі досліджуваного явища.

Аналіз ґрунтується на теорії лінійної алгебри та теорії матриць [8]. Відповідно він може бути обраний в якості основи тільки для моделей просторів з лінійними відносинами. Якщо в системі істотні нелінійні відносини, то факторний аналіз дає спотворене відображення реальності. Незважаючи на те, що моделі факторного аналізу адекватні дуже вузькому класу систем з лінійними відносинами, застосування його виправдано, принаймні для систем, в яких можна припускати помірні нелінійні відносини. У факторному аналізі процес оцінювання можна розглядати як двостадійний. Спочатку оцінюється факторна структура. Під цим розуміється необхідне число чинників для пояснення кореляцій між змінними і навантаги факторів в цих змінних. Після цього залишається проблема оцінки значень індивідуальних членів вибірки для самих чинників.

Існує кілька різних методів факторного аналізу (максимальної правдоподібності, центроїдний метод тощо). Вибір того чи іншого методу визначається тим, наскільки отримані результати описують реальні відносини в системі. Процес функціонування РВПЕС укрупнено може бути представлений кортежем [8]:

$$S = \{Z, M, R, T, C, H, V\}, \quad (1)$$

де Z – мета системи; M – множина підсистем системи; R – множина зв'язків між підсистемами системи; T – час, необхідний для реалізації поставленої мети; C – сукупність розрахункових методів і процедур; H – процеси прийняття рішень; V – користувачі системи.

Таке уявлення процесу функціонування РВПЕС є базовим та може мати свої особливості для того чи іншого конкретного об'єкта. Поточний стан будь-якої РВПЕС оцінюється, як правило, досить великою кількістю окремих показників $\{x_i\}_{i=1}^n$, кожен з яких відображає одну зі сторін (сутностей) даної системи. Велика розмірність набору показників РВПЕС є суттєвою перешкодою як для вивчення динаміки такої системи, так і порівняння між собою таких систем. Тому природним кроком у вивченні таких систем є зниження їх розмірності, наприклад, шляхом згортки окремих показників [9]. У найпростішому випадку – це заміна певного набору параметрів $\{x_i\}_{i=1}^n$ єдиним більш узагальненим параметром $I(\{x_i\}_{i=1}^n)$. Цей показник прийнято називати індексом системи показників $\{x_i\}_{i=1}^n$. У разі такого підходу до зниження розмірності необхідно виключити втрати інформації про розглянуту РВПЕС, тому в основі побудови будь-якого індексу лежить якась

«розумна» процедура усереднень, наприклад, обчислення середнього арифметичного і т. д. Всякий набір параметрів $X = \{x_i\}_{i=1}^n$ можна трактувати як вектор в n -вимірному евклідовому просторі. Тоді всякий індекс $I(\{x_i\}_{i=1}^n)$ є функціонал на лінійному просторі розмірності n :

$$I(\{x_i\}_{i=1}^n) = I(X), I: R_n \rightarrow R_1. \quad (2)$$

Найбільш вживаними (як найбільш зручні з обчислювальної точки зору) є індекси, побудовані на підставі лінійних процедур усереднення: обчислення середнього арифметичного:

$$I(X) = 1/n \sum_{i=1}^n x_i. \quad (3)$$

Отже, цей клас індексів будується на основі квадратичних процедур усереднення (квадратичних функціоналів): обчислення середнього квадратичного (евклідової норми вектора) [4, 10]:

$$J(X) = \left[1/n \sum_{i=1}^n x_i^2 \right]^{1/2}. \quad (4)$$

Ранжування в процесі факторного аналізу – це процедура упорядкування, розбиття великої кількості факторів у порядку переваги, з введенням між ними деякого порядку «краще-гірше». На основі своїх знань і досвіду експерт має фактори в порядку переваги, керуючись одним або декількома показниками порівняння. Залежно від виду відносин між факторами можливі різні варіанти упорядкування [9]. У результаті порівняння всіх факторів по відношенню суворого порядку експерт складає упорядковану послідовність:

$$Q_1 > Q_2 \dots Q_n, \quad (5)$$

де об'єкт з першим номером – найкращий з усіх, фактор з другим номером менш хороший, але кращий за всіх інших і т. д. У практиці експертного ранжування найчастіше застосовується числове представлення послідовності у вигляді натуральних чисел:

$$r_1 = f(Q_1) = 1; \quad r_2 = f(Q_2) = 2; \quad \dots \quad r_n = f(Q_n) = N. \quad (6)$$

Числа r_1, r_2, \dots, r_n називаються рангами. Найкращому фактору присвоюється перший ранг, другому – другий і т. д. Крім відносини суворого порядку, між деякими факторами можливо відношення еквівалентності. У результаті ранжування у разі наявності відносин порядку й еквівалентності експерт складає упорядковану послідовність, в якій деякі фактори можуть бути еквівалентними. Наприклад, упорядкування може мати вигляд:

$$Q_1 > Q_2 > Q_3 \sim Q_4 \sim Q_5 > \dots > \dots Q_{n-1} \sim Q_n. \quad (7)$$

У цій послідовності чинники Q_3, Q_4, Q_5 еквівалентні між собою, а фактори Q_{n-1}, Q_n – між собою.

Перевагою ранжування, як методу вимірювання, є простота здійснення процедур, недоліком – практична неможливість впорядкування великого числа об'єктів. Завдання вибору найкращого варіанта оцінки стану РВПЕС методом ранжування факторів вирішується шляхом послідовної реалізації наступних кроків:

- 1) формування варіантів реалізації стратегій оцінки станів;
- 2) вибір показників і метрики оцінок варіантів;
- 3) формування локальних критеріїв оцінювання варіантів;
- 4) формування узагальненого критерію оцінки;
- 5) ранжування варіантів за узагальненим критерієм;
- 6) вибір кращого варіанта (або множини найкращих).

Методологічною основою вирішення цих завдань є загальна теорія корисності. Якщо два рішення $x_1, x_2 \in X$ співвідносяться між собою як $x_1 > x_2$, то і їх функції корисності співвідносяться як $P(x_1) > P(x_2)$.

Іншим методом побудови системи оцінювання РВПЕС є використання одного з факторів в якості еталонного зразка, для якого відомі або визначені кількісні значення характеристик. Далі проводиться послідовне порівняння досліджуваних факторів з еталонним. Тут ключовим моментом є вибір міри близькості. Близькість чинників визначається через відносини подібності між ними. В якості метрик можуть використовуватися Евклідова відстань, Манхеттенська метрика, міра подібності Хеммінга, відстань Махалонобіса тощо [9]. Даний підхід меншою мірою залежить від суб'єктивізму. Результати оцінювання використовуються для вирішення завдання управління розвитком РВПЕС. Завдання управління інтерпретується як завдання послідовного перекладу з початкового стану системи X_0 в заданий кінцевий X_K покроково, тобто спочатку з X_0 в X_1 , далі в X_2 і т. д. до X_K . Траєкторія такого перекладу визначається оператором функціонування F , що встановлює зв'язок поточного стану об'єкта $X(t)$ з керуючим впливом $U(t)$, перешкодами $h(t)$ і початковим станом X_0 [11]:

$$X(t) = F[X_0, t_0, U(t_0, t), h(t_0, t)]. \quad (8)$$

Завдання синтезу управління вирішується шляхом формування керуючого впливу [12]:

$$U(t) = P[X(t), X_K, t]. \quad (9)$$

При цьому повинні бути виконані вимоги екстремізації окремих критеріїв ефективності [13]:

$$K = \{K_0(X, U)\}; \quad i = 1, K, \quad (10)$$

які визначають ступінь досягнення кінцевого стану X_K і витрат ресурсів на реалізацію управління U , тобто вирішується завдання багатокритеріальної оптимізації. Рішення такого завдання в загальному вигляді зводиться до вирішення задачі планування для допустимих $t, X(t)$:

$$U(t) = U[X(t), X_K, t]. \quad (11)$$

Задачу (11) можна представити у вигляді [14]:

$$U(t) = U[X(t), X_K, t] = U^*(t) + U[X^*(t), t], \quad (12)$$

де $U^*(t)$ – програмне управління, що реалізує оптимальну траєкторію $X^*(t)$ переходу системи з початкового $\{X_0, t_0\}$ в кінцевий стан $\{X_K, t_K\}$, а друга частина $U[X^*(t), t]$ – управління, що компенсує відхилення від $X^*(t)$.

Продуктивна реалізація викладеної методології моделей і процедур в СППР управління РВПЕС утруднена недостатнім методологічним, алгоритмічним і програмним забезпеченням. Розробка методології, технології, програмного і апаратного інструментарію автоматизації базових процесів підтримки прийняття рішень управління РВПЕС на основі інформаційних технологій вимагає додаткового теоретичного та експериментального опрацювання таких питань:

- структуризація і формалізація предметної області;
- вибір і обґрунтування достатності і достовірності набору окремих показників для оцінювання стану природно-економічного регіону;
- побудова підсистеми моніторингу показників і чинників оцінювання РВПЕС;
- вибір методів і узагальнених критеріїв для оцінювання стану природно-економічного регіону;
- синтез аналітичної моделі РВПЕС;
- забезпечення і контроль адекватності моделі, надійності і точності результатів;
- аналіз і розробка підходів і математичних моделей обліку природно-економічних чинників впливу на РВПЕС;
- розробка засобів, об'єктів, технологій, здатних бути адаптованими до особливостей природно-кліматичних факторів України;
- побудова СППР управління об'єктами типу РВПЕС;
- практична апробація СППР управління РВПЕС.

Висновки

Використання викладених підходів дає можливість створювати СППР управління РВПЕС, що дозволяють реалізовувати нові підходи в діагностуванні регіональних процесів – багатофакторному оцінюванні їх стану з метою забезпечення стійких тенденцій в процесах природно-економічного розвитку та підвищення ефективності їх функціонування. Такий ефект можна розглядати як ефект, що може бути отриманий регіоном за рахунок мобілізації внутрішніх резервів, реалізації резервів від урахування

природно-виробничих, еколого-економічних, науково-технічних, трудових, соціальних та інших факторів. У результаті формуються основи перепозиціонування економіки регіону в бік інноваційного її розвитку та підвищення на цій основі ефективності і конкурентоспроможності регіональної економіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Акофф Р. Планирование в больших экономических системах. М.: Сов. Радио, 1972. 223 с.
2. Згуровський М.З. Сталій розвиток у глобальному і регіональному вимірах. Київ: Політехніка НТУУ«КПІ», 2006. 186 с.
3. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. М.: Радио и связь, 1987. 115 с.
4. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
5. Згуровський М.З., Статюха Г.А. Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества. Системи дослідження та інформаційні технології. 2007. № 1. С. 19–38.
6. Петров Э.Г., Губаренко Е.В. Требования к системам комплексного мониторинга социально-экономических систем. Проблемы інформаційних технологій. 2011. № 1(09). С. 102–107.
7. Хартман Г. Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972. 486 с.
8. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. М.: Мир, 1967. 144 с.
9. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 608 с.
10. Холлендер М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики. М.: Финансы и статистика, 1983. 518 с.
11. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука, 1975. 126 с.
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: «Радио и связь», 1993. 278 с.
13. Beynon M.J., Curry B., Morgan P. The Dempster-Shafer Theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling. Omega. 2000. Vol. 28, № 1. PP. 37–50.
14. Shafer G.A. A mathematical theory of evidence. Princeton: Princeton University Press, 1976. 297 p.

REFERENCES

1. Acoff, R. (1972). Planirovanie v bolshih ekonomicheskikh sistemah. [Planning in large economies]. Moskva: Sov. Radio. 223 p. (In Russian).
2. Zgurovsky, M. Z. (2006). Stalyi rozvytok u hlobalnomu i rehionalnomu vymirakh. [Sustainable development in global and regional dimensions]. Kyiv: Politekhnikha NTUU «KPI». 186 p. (In Ukrainian).
3. Ivakhnenko, A. G., Yurachkovsky, Yu. P. (1987). Modelirovanie slozhnyih sistem po eksperimentalnyim dannym. [Modeling of complex systems according to experimental data]. Moskva: Radyo y svyaz'. 115 p. (In Russian).
4. Mikhalevich, V. S., Volkovich, V. L. (1982). Vyichislitelnyie metody issledovaniya i proektirovaniya slozhnyih sistem. [Computational methods for the study and design of complex systems]. Moskva: Nauka. 286 p. (In Russian).

5. Zgurovsky, M. Z., Statyukha, G. A. (2007). Rol inzhenernoy nauki i praktiki v ustoychivom razvitii obschestva. [The role of engineering science and practice in the sustainable development of society]. Systemy doslidzhennya ta informatsiyeni tekhnolohiyi. No. 1. 19–38. (In Russian).
6. Petrov, E. G., Gubarenko, E. V. (2011). Trebovaniya k sistemam kompleksnogo monitoringa sotsialno-ekonomicheskikh sistem. [Requirements for integrated monitoring systems of socio-economic systems]. Problemy informatsiynykh tekhnolohiy. No. 1(09). 102–107. (In Russian).
7. Hartman, G. (1972). Sovremennyiy faktornyiy analiz. [Modern factor analysis]. Moskva: Statistika. 486 p. (In Russian).
8. Lowley, D., Maxwell, A. (1967). Faktornyiy analiz kak statisticheskiy metod. [Factor analysis as a statistical method]. Moskva: Mir. 144 p. (In Russian).
9. Ayvazyan, S. A., Buchstaber, V. M., Ynyukov, I. S., Meshalkin, L. D. (1989). Prikladnaya statistika: klassifikatsiya i snizhenie razmernosti. [Applied statistics: classification and reduction of dimension]. Moskva: Finansy i statistika. 608 p. (In Russian).
10. Hollander, M., Wolf, D. (1983). Neparametricheskie metody statistiki. [Nonparametric statistics methods]. Moskva: Finansy. 518 p. (In Russian).
11. Armand, A. D. (1995). Informatsionnyie modeli prirodnyih kompleksov. [Information models of natural complexes]. Moskva: Nauka. 126 p. (In Russian).
12. Saati, T. (1993). Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy. [Making decisions. Hierarchy analysis method]. Moskva: Radyo y svyaz'. 278 p. (In Russian).
13. Beynon M.J., Curry B., Morgan P. (2000). The Dempster-Shafer Theory of evidence: an alternative approach to multicriteria decision modeling. Omega. Vol. 28, № 1. PP. 37–50.
14. Shafer G.A. (1976). A mathematical theory of evidence. Princeton: Princeton University Press, 297 p.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2018.