

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 351/353-047.58:004

О. М. ПІШІНЬКО<sup>1\*</sup>, В. В. СКАЛОЗУБ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Управління проектами, будівлі та будівельні матеріали», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 46, ел. пошта pshinko@r.diiit.edu.ua, ORCID 0000-0002-1598-2970

<sup>2\*</sup>Каф. «Комп'ютерні інформаційні технології», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта skalozhubtk@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

### ЗАСТОСУВАННЯ РЕЙТИНГОВИХ МОДЕЛЕЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

**Мета.** У науковій роботі необхідно розглянути розвиток рейтингових моделей та відповідних інформаційних технологій, призначених для вирішення комплексу задач сфери стратегічного планування адміністративно-територіальних об'єднань, а також багатокритеріального управління експлуатацією неоднорідних класів багатопараметричних об'єктів. **Методика.** При вирішенні завдань стратегічного планування адміністративно-територіального розвитку та управління неоднорідними класами контрольованих об'єктів застосовується комплекс узгоджених методів. А саме – багатокритеріального аналізу властивостей об'єктів планування і управління, діагностики параметрів стану, прогнозування та управління складними системами різних класів, стани яких оцінюються наборами різноякісних показників, а також представляються індивідуальними моделями процесу функціонування. Для реалізації комплексу завдань стратегічного планування та управління запропоновано і створено інформаційну технологію, яка містить процедури вирішення типових завдань, що реалізовані на основі програмного забезпечення MS SQL Server. **Результати.** Запропоновано підхід до формування моделей аналізу та управління класами складних систем на основі рейтингових оцінок. Отримано розвиток рейтингових моделей з аналізу багатопараметричних і багатокритеріальних систем, керування якими виконується на основі параметрів поточного та прогнозованого станів, шляхом розподілу неоднорідних ресурсів. Розроблено процедуру аналізу чутливості рейтингової моделі до змін параметрів розподілу неоднорідних ресурсів. Створено інформаційну технологію стратегічного планування та управління неоднорідними класами об'єктів на основі моделі рейтингових оцінок. **Наукова новизна.** У статті запропоновано підхід до використання сукупності різнорівневих показників рейтингування як загальної моделі для стратегічного планування розвитку та управління неоднорідними класами об'єктів, які можуть бути охарактеризовані наборами параметрів, вимірюваних за різними шкалами. При цьому контроль за окремими елементами реалізується шляхом побудови і застосування індивідуальних інтелектуальних моделей процесів функціонування. Запропоновано процедуру оцінки достовірності прогнозування на основі методу багатовимірної лінійної екстраполяції. **Практична значимість.** Запропонований метод стратегічного планування розвитку складних систем на основі рейтингових моделей, а також розроблена інформаційна технологія створюють комплекс автоматизованих засобів для забезпечення ефективного економіко-технологічного управління множинами неоднорідних класів багатопараметричних об'єктів. В інформаційній технології рейтингового оцінювання реалізовано процедури вирішення типових завдань із стратегічного планування розвитку та управління складними об'єктами (визначення рейтингу, аналіз чутливості, кластеризація, діагностування, прогнозування, розподіл ресурсів, багатокритеріальний вибір ін.). Застосування запропонованої інформаційної технології дозво-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ляє автоматизувати завдання аналізу та стратегічного планування розвитку адміністративно-територіальних комплексів. Технологія може бути застосована для контролю, аналізу, стратегічного планування та управління розвитком одночасно декількох типів складних систем.

*Ключові слова:* адміністративно-територіальне управління; класи систем; стратегічне планування; рейтингова модель; багатокритеріальний аналіз; неоднорідні ресурси; інформаційна технологія; індивідуальна модель функціонування

### Вступ

У роботі виконано розвиток моделей для стратегічного планування розвитку складних соціально-економічних, адміністративно-територіальних, виробничо-технічних та інших систем, а також методів і інформаційних технологій (ІТ) по їх управлінню на основі узагальнених рейтингових оцінок [2, 5, 6]. При цьому враховується основний принцип формування системного управління, яке повинно відповідати вимогам і критеріям забезпечення сталого розвитку. Основою розроблених моделей і ІТ є особливості завдань і моделей управління на основі рейтингових оцінок (РО). Це викликано тим, що проблеми керованого розвитку складних соціально-економічних утворень тісно пов'язані з обмеженими можливостями формалізації задач управління. У багатьох випадках тут мають місце слабоформалізовані завдання в області подання даних, моделювання і відповідно – управління. Причинами виникнення таких типів завдань є надзвичайно висока складність розглянутих об'єктів управління, а також притаманних їм комплексів умов невизначеності. Методологічна та інформаційна підтримка таких процесів управління повинна реалізуватися шляхом виділення і формулювання базового набору типових задач, які забезпечуються відповідними вихідними даними. Засоби ІТ створюють умови для реалізації методів розв'язання визначеної базової сукупності типових задач, а також для формування та підтримки в актуальному стані необхідної інформаційної бази.

У розглянутих задачах управління складними об'єктами можуть бути виділені такі типові складові: умови, формулювання завдань, модельні форми відображення об'єкта аналізу, зв'язку між внутрішніми і зовнішніми елементами умов, встановлені та неявні залежності і обмеження, різноманітна часто неповна інформація про об'єкт ін. Кожному з перерахованих елементів можна поставити у відповідність властивості, що визначають слабку формаліза-

цію завдання в силу неповної інформації про умови та ін. Наявність в завданні планування або управління хоча б одного з перерахованих факторів невизначеності робить її слабоформалізованою, слабоструктурованою [4, 7, 8].

Основні труднощі створення пропонованої ІТ зумовлені комплексом завдань, пов'язаних з отриманням і управлінням неоднорідною інформацією, з багатокритеріальним аналізом діяльності, а також плануванням стратегії розвитку на основі рейтингових оцінок (далі ІТРО). Відмінною рисою об'єктів, для яких призначена ІТРО, є загальна структура інформаційної бази – системи різноякісних показників, що подають результати діяльності за деякі періоди (інші властивості системи), згруповані заданим способом. При цьому через численність набору розглянутих складових та ін., не існує загальної моделі системи управління. Для порівняння окремих елементів множин, на основі яких виконується аналіз властивостей системи і її складових, приймаються рішення по управлінню, вводяться правила оцінки та порівняння – рейтингові оцінки. За допомогою РО ранжуються елементи, що служить загальною відносною оцінкою якості елементів, а управління окремими елементами зв'язується з підвищенням рейтингу об'єкта у своєму класі. Автоматизоване розв'язання типових задач багатокритеріального вибору варіантів, управління множинами об'єктів, прогнозування параметрів складних систем на основі еталонів реалізовано на основі баз даних СУБД MS SQL Server [2, 13]. Така структура ІТРО відкриває можливість управління широким колом складних систем (Адміністративні Територіальні Об'єднання – АТО, підприємства, навчальні заклади, персонал та ін.) на основі загальної теоретичної і прикладної бази. Посилання на принцип сталого розвитку (як стратегічного завдання формованого управління) відображає вимогу щодо всебічного аналізу властивостей, поточних і перспективних потреб елементів систем. В цілому завданням створення ІТРО є забезпе-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

чення можливості підвищення обґрунтованості та дієвості планів розвитку складних соціально-економічних систем, процедур їх реалізації.

### Мета

Метою роботи є розвиток рейтингових моделей та відповідних інформаційних технологій, призначених для розв'язання комплексу задач в області стратегічного планування розвитку адміністративно-територіальних об'єднань. Як засоби управління в ІТ передбачені методи багатокритеріального аналізу властивостей об'єктів управління, діагностики параметрів їх станів, кластеризації численних даних, прогнозування значень необхідних параметрів систем, на основі яких і формуються управління складними системами різних класів. Змістом пропонованої моделі та ІТ є використання правил «рейтингування» як моделі аналізу та управління. Далі в ІТ процес управління поданий сукупністю рішень типових задач, реалізація яких спирається на оптимізаційні процедури багатокритеріального ієрархічного і мережевого аналізу, розробленого Т. Сааті [8]. Для формування управління використовуються процедури діагностики станів об'єктів на основі мереж Кохонена [11], процедури узагальнення (кластерний аналіз [2, 3]), методи екстраполяційного прогнозування [7] з оцінкою достовірності розрахункових параметрів, а також планування розвитку системи на основі багатокритеріальної процедури ранжирування і впорядкування контрольованих об'єктів для «обслуговування» – вибору черговості виділення ресурсів, виконання робіт тощо.

### Методика

У розділі для вирішення завдань стратегічного планування адміністративно-територіального розвитку застосовується комплекс узгоджених методів багатокритеріального аналізу властивостей об'єктів планування і управління, діагностики параметрів стану, прогнозування та управління складними системами різних класів, функціонування яких оцінюється наборами різноякісних показників. В першу чергу розвиваються методи та засоби для вирішення завдань аналізу і управління класами складних систем на основі моделей рейтингових оцінок. Зазначимо, що завдання управління складними орга-

нізаційно-технічними системами (ОТС) є одними із найбільш складних і відповідальних, тому що залежно від категорії системи впливають на ефективність функціонування значних адміністративно-територіальних об'єднань (АТО), підприємств різних галузей ін. [2, 5, 8.]. Для таких завдань характерним є потреба в аналізі значної кількості різномірних показників (десятки, сотні), відсутність моделі систем управління та необхідність застосування досвіду керівників. До категорії завдань, які можуть бути вирішені при цьому, належить також стратегічне планування розвитку АТО районного, міського та інших рівнів суспільного утворення відповідно до сучасної концепції сталого розвитку, а також створення необхідних засобів автоматизації на основі сучасних інформаційних технологій (ІТ) і відповідних систем. Одним із сучасних напрямків реалізації таких завдань є методи ділових ігор, які спрямовані на формування у керівників уяв щодо керованості, дієвості заходів управління тощо.

Запропоновані в роботі методики і відповідні засоби ІТРО можуть бути застосовані для досить широкого кола складних організаційно-технічних та інших систем, функціонування яких визначається великою кількістю показників. Підставою для розробки системи являється Постанова Кабінету Міністрів України від 20 червня 2007 р. № 833 «Про запровадження комплексної оцінки соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим, областей, м. Києва та Севастополя» [7]. У ній визначено методику розрахунку рейтингових оцінок окремих АТО на підставі показників діяльності. Запропоновані засоби ІТРО переводять методику «рейтингування» у площину управління ОТС, у тому числі для цілей автоматизованого планування стратегії розвитку на основі порівнянь рейтингових оцінок.

Методика автоматизованого формування та оптимального планування стратегії розвитку включає систему показників діяльності АТО, структуру математичної моделі рейтингового оцінювання, сукупність математичних моделей і методів для вибору та аналізу ефективності заходів розвитку АТО, відповідне програмне забезпечення та ін. Як методи реалізації, призначені для планування стратегії розвитку АТО або ТІ, пропонуються ділові ігри – оптимальне планування вибору стратегій розвитку. Розроб-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

лені засади та структура ділової гри «Стратегії розвитку» на основі аналізу і подальшого формування стратегій розвитку, що відображає рейтингове оцінювання соціально-економічних показників. При цьому пропонуються кілька сценаріїв вибору стратегії, як набору головних показників, їх прогнозованих рівнів, а також систем обмежень ресурсів різних категорій, необхідних для розвитку.

Методами реалізації завдань із планування стратегії розвитку є: ділові ігри, порівняльний аналіз стратегій розвитку, оптимальне планування завдань вибору параметрів стратегій розвитку. Для вирішення завдань стратегічного планування пропонуються кілька сценаріїв аналізу стану системи та вибору стратегії – набору головних заходів, їх показників і їх прогнозованих рівнів, систем обмежень ресурсів різних категорій, необхідних для забезпечення сталого розвитку, а саме: сценарій С1: аналіз керованості – визначення найбільш впливових параметрів; С2: самоаналіз – аналіз ефективності заходів на попередніх етапах; С3: порівняльний аналіз, з урахуванням прогнозу розвитку територій; С4: оптимальне планування – розподіл обмежених ресурсів за сферами, а також між показниками розвитку окремої сфери.

Приклад сценарію порівняльного аналізу ділової гри для визначення стратегій розвитку АТО наведено на рис. 1. При цьому використовуються такі групи даних:

1. Значення показників  $W_{ij}$ , що визначають розвиток АТО.  $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ .
2. Оцінки питомих витрат для окремих показників.
3. Фінансово-економічні показники з урахуванням інфляції.
4. Заходи призначені для покращення показників  $V = (V_1, V_2, \dots, V_S(X_S))$ .

Методи ділових ігор, реалізовані у ІТ, дозволяють отримати та оцінити очікувані результати стратегічного планування. Вони також доповнюються засобами автоматизованої системи багатокритеріального аналізу (ієрархічна класифікація) та вибору заходів для планування стратегії розвитку (за методом аналізу ієрархій, Т. Сааті [8]), як складової системи підтримки прийняття рішень щодо стратегічного розвитку АТО, міської або промислової транспортної інфраструктури ін.

Особливість та ефективність ІТРО із формування управління на основі ділових ігор полягає у тому, що в них «управління» подано як вирішення системи відповідних завдань, які потребують використання обмежених ресурсів. Прикладами таких завдань є такі.

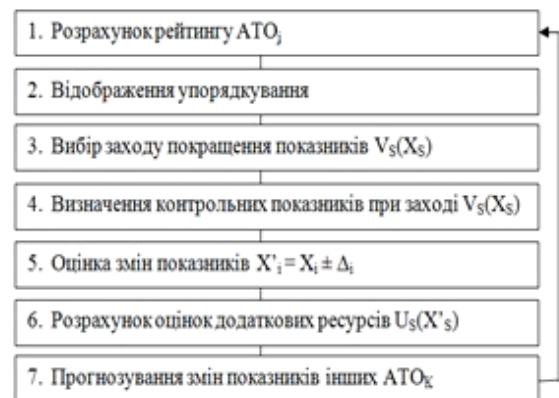


Рис. 1. Схема сценарію порівняльного аналізу для завдань стратегічного планування розвитку АТО

Fig. 1. Scheme script of comparative analysis for tasks of ATA strategic planning

Завдання І. Маючи встановлений (заданий) ресурс, необхідно визначити показник, а також величину його зміни (приріст/зменшення), що забезпечує найкращий (найвищий) очікуваний рейтинг АТО (Замкнена модель розподілу ресурсу. Розвиток методу – урахування кількох показників).

Завдання ІІ. Відкрита модель визначення та розподілу ресурсу. Встановлено бажаний рейтинг АТО. Необхідно визначити: мінімальний потрібний ресурс (систему ресурсів); показник (систему показників); мінімальну потрібну величину зміни показника (показників) (приріст/зменшення), що забезпечують встановлений рейтинг АТО.

Завдання ІІІ. Аналітичне, розрахункове. Вважаються відомими заплановані показники за визначеними сферами для перелічених (указаних) АТО. Необхідно розрахувати такі потрібні оцінки цих показників для деякої однієї АТО, значення яких дозволять мати рейтинг не менший, ніж встановлений.

Завдання ІV. Відкрита модель визначення необхідних рівнів та розподілу обмеженого ресурсу. Встановлено бажаний рейтинг АТО. Відомі заплановані рівні показники за визначе-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ними сферами для перелічених (указаних) АТО. Необхідно (за умов завдання III) визначити: мінімальний потрібний ресурс (систему ресурсів); показник (систему показників); мінімальну потрібну величину зміни показника (показників) (приріст /зменшення), що забезпечують встановлений рейтинг АТО. Перелік таких завдань можна продовжити.

### Результати

Запропонований у роботі розвиток моделей управління на основі рейтингових оцінок визначається таким. У роботах [2, 6, 10] досліджувалися завдання керованого розвитку складних соціально-економічних утворень, вказано їх тісний зв'язок з обмеженими можливостями формалізації задач управління [1, 7, 14]. Головні причини виникнення таких типів (категорій, різновидів) завдань, які необхідно вирішувати при стратегічному плануванні та управлінні складними АТО та ін., полягають в різноманітності класів об'єктів, що мають специфічні характеристики, а також в існуванні комплексів умов невизначеності [3, 10, 11, 14]. Різноманітність і суттєва неоднорідність класів об'єктів управління істотно відрізняють і ускладнюють процедури планування розвитку та управління «експлуатацією» таких систем, в тому числі від завдань управління парками однорідних технічних та інших систем (локомотивів, вагонів, електродвигунів та ін.), коли враховуються значення параметрів їх поточного стану [3, 9, 10].

Формальною характерною відмінністю визначеного нами об'єкта управління є наявність декількох класів керованих об'єктів (категорій), що складаються з численних подібних елементів. Одночасно з цим ресурси з управління є загальними – неоднорідні, обмежені і кінцеві. Разом з тим деякі моделі, методики та автоматизовані засоби управління множинами технічних систем, парками, частково можуть бути використані для об'єктів АТО.

Важливою особливістю завдань управління на основі планування стратегічного розвитку складних систем є значні труднощі щодо встановлення критеріїв, які досить повно характеризували б в цілому процеси їх розвитку, тобто тут має місце невизначеність цілей управління. На практиці неможливо уявити комплексні,

багатогранні завдання розвитку великих міст, територій, персоналу, як реалізацію моделі деякого одного принципу, наприклад, «витрати – вигоди», «витрати – ефективність» тощо. Тому далі вважається, що найбільш доцільним для реалізації завдань раціонального (оптимального) управління системами, що розглядаються в цій роботі, є принцип «витрати – результати». Згідно з цим принципом раціональним слід вважати таке управління, яке забезпечує найбільші можливості позитивних змін в комплексі сфер, що характеризують функціонування міста, району, регіону, окремих підприємств, персонал і ін. [1, 2, 7]. Тут наочною і об'єктивною мірою досягнення результатів «розвитку» є зміна рейтингу.

У моделі, що розробляється, і ІПРО планування і управління, через значну складність об'єкта, одним з головних положень реалізації є використання правил та методики рейтингової оцінки (порівняльний аналіз) в якості комплексної моделі системи управління розвитком. Для цього за допомогою засобів автоматизації реалізують такі завдання: узагальнення даних на основі групування (кластеризація, визначення «близких» між собою груп об'єктів) з метою застосування при управлінні однакових стратегій дій; багатокритеріальний оптимальний вибір, як основа для формування раціональних планів управління; прогнозування на основі прототипів (еталонів, прецедентів і т.д.) засобами екстраполяції, що дозволяє на ранніх етапах формування прогнозів визначити оцінки ресурсів, значення параметрів та ін.; аналіз чутливості (впливовості) рівнів значень окремих показників на загальний рейтинг складної системи; модель діалогового аналізу (в формі ділової гри) керованості комплексом показників діяльності системи; – процедура планування на основі застосування оптимального розподілу ресурсів.

У своїй сукупності зазначені і низка інших завдань, реалізовані в ІПРО, забезпечують можливість вирішення широкого спектра завдань управління розвитком в різних сферах застосування відповідно до принципу «витрати – результати».

Задачі та загальна структура інформаційної технології ІПРО, як автоматизованого формування і оптимального планування стратегії розвитку, включають: методики з реалізації завдань планування стратегії розвитку (ділові іг-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ри, порівняльний аналіз, оптимальне планування параметрів стратегії розвитку); систему показників для оцінки діяльності або властивостей об'єктів; математичні моделі рейтингового оцінювання та аналізу ефективності управління, заходів та ін.; програмне забезпечення по автоматизації завдань аналізу, прогнозування та планування. Кожне з перерахованих завдань – певний сценарій дослідження властивостей об'єктів як системи показників, що узагальнюється на основі рейтингових моделей. Методи РО доповнюються засобами автоматизованого багатокритеріального аналізу (ієрархічна класифікація) і вибору заходів з планування стратегії розвитку (MAI) [8], як складових системи підтримки прийняття рішень щодо стратегічного розвитку АТО і ін.

Зазначимо ще одну функцію планування розвитку і управління класами неоднорідних об'єктів, реалізовану в удосконаленій рейтинговій моделі, а саме: впорядкування на основі розрахунку рейтингу дає послідовність «обслуговування» окремих елементів класів, формує структуру для вибору раціонального управління. Зрозуміло, що при такому підході до трактування «рейтингу» для кожної окремої задачі планування і управління необхідна розробка власної системи показників, шкал вимірювань параметрів і ін., Проте загальний зміст і процедура вибору управління матиме подібну, рейтингову структуру.

Структура програм ІТРО забезпечує автоматизоване рішення наступних завдань у сфері управління складними системами: управління декількома базами даних; автоматичне дослідження властивостей чутливості, як зміна рейтингу системи при зміні рівнів значень параметрів, а також графічне відображення показників чутливості; багатокритеріальний аналіз і вибір управління на основі MAI [8] і модифікацій цього методу; автоматичний відбір на основі міри Журавльова [1] системи багатопараметричних прототипів, екстраполяційне прогнозування значень показників для нових умов [2, 1], зі статистичною оцінкою достовірності очікуваного результату; кероване узагальнення, «стиснення» даних – їх групування в кластери. Перераховані завдання можуть використовуватися для різних категорій систем, поданих в базах даних комплексу ІТРО.

Основна форма рейтингової оцінки визначається відповідно до [5], тому в ІТРО викорис-

тана така модель рейтингових оцінок

$$R_j = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_{\max-i} - X_{ij}}{\Delta_i} + \sum_{i=1}^{n_2} \frac{X_{ij} - X_{\min-i}}{\Delta_i}, \quad (1)$$

де  $X_{ij}$  – оцінка  $i$ -го показника для  $j$ -го об'єкта;  $\Delta_i = (X_{\max-i} - X_{\min-i})$ ;  $n_1$  – показники, які потребують підвищення значень при раціональному керуванні;  $n_2$  – показники, що потребують зниження раціональних значень,  $n = n_1 + n_2$ .

Розглянемо загальну форму моделі ресурсів в задачах планування розвитку систем. При реалізації завдань оптимального розподілу ресурсів в ІТРО використані такі лінійні моделі

$$W_j^{(k)} = \sum_{i \in I(k)} \Delta X_{ij}^{(k)} C_{ij}^{(k)} \leq U_j^{(k)}, \quad (2)$$

де  $k$  – категорія ресурсу  $j$ -го об'єкта аналізу, що враховується в плані;  $C_{ij}^{(k)}$  – питомі витрати ресурсу  $W_j^{(k)}$ , віднесені до вимірювань зміни показника  $\Delta X_{ij}$  на одиницю;  $U_j^{(k)}$  – граничне значення ресурсу,  $k = 1, 2, \dots, m$ .

Прикладом завдання порівняльного аналізу і розподілу ресурсів, передбаченого в ІТРО, є таке. Вважаючи відомими заплановані значення деяких заданих показників для частини (всіх) об'єктів, необхідно оцінити необхідні значення цих же показників для конкретного об'єкта так, щоб він отримав загальний рейтинг не менший, ніж заданий, а також визначити рівні необхідних для цього ресурсів.

Розглянемо питання автоматизації прийняття рішень із вибору керувань на основі методу аналізу ієрархій та кластеризації. В цей час MAI [4, 8] стає міждисциплінарним напрямком, приймає статус стандарту, забезпечуючи багатокритеріальне управління складними системами. У ІТРО реалізована як стандартна процедура MAI, так і його мережеві форми, які розраховані на багато користувачів, а також версія, що реалізує уточнену процедуру перевірки узгодженості даних. Така модифікація MAI пов'язана з тим, що (як показав числовий експеримент) узгодженість для таблиць великих розмірів в MAI ніколи не може бути досягнута. Це призвело до необхідності введення не однієї, а кількох таблиць для розрахунків показників відносної узгодженості, уточнюючих про-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

цедуру МАІ. У [2] наведено приклад моделі МАІ для багатокритеріального вибору технологічного процесу переробки відходів.

До задач аналізу та керування класами подібних об'єктів відносять різноманітні завдання контролю та управління множинами територій, підприємств, установ, персоналу ін. Мета: визначення груп подібних між собою об'єктів для встановлення і аналізу загальних властивостей об'єктів (контрольоване узагальнення показників і виключення відмінностей); розрахунків прогнозних оцінок системи визначених показників; застосування спільної стратегії управління до груп (фінансування ін.). Ступінь подібності (близькості) значень показників об'єктів визначається за мірою Журавльова. Наприклад, подібність може визначатися на основі порівнянь абсолютних значень  $i$ -го показника (для кожного вказаного):

$$I x_i^{(k)} - x_i^{(s)} I \leq \rho_i, \quad (3)$$

де  $\rho_i$  – діапазони зміни  $i$ -го показника, який вважається не суттєвим (визначає керівник, експерт).

На основі значення розбіжностей між окремими характеристиками об'єктів формується загальна оцінка їх ступеня відмінності (міра Журавльова) на основі порівняння усіх параметрів об'єктів:

$$B = \sum_{i=1}^m b_i W_i, \quad W_i - \text{коефіцієнт ваги}$$

впливу показника. Якщо умова близькості (3) виконується, то  $b_i = 1$ . Порядок вирішення задачі аналізу та управління множинами об'єктів: – вибір системи показників, що впливають на групування об'єктів; визначення характеристик подібності оцінок показників (порогу близькості); вибір кількості близьких показників для формування груп подібних об'єктів.

Ступінь подібності оцінок показників, визначений у формі міри Журавльова [1] – зважене значення, нормоване за середнім:

$$2(x_i^{(1)} - x_i^{(2)}) / (x_i^{(1)} + x_i^{(2)}) \leq \delta_i.$$

Для аналізу та управління множинами об'єктів (території, установи, персонал тощо) в ІТРО застосовуються процедури методу висхідної багаторівневої кластеризації [4, 11, 13]. При цьому ступінь подібності («близькості») значень показників об'єктів визначається від-

повідно до міри Журавльова [2, 1]. Пропонується застосування загальної стратегії управління для елементів групи (фінансування, розподіл ресурсів, заохочення та ін.). На рис. 3 наведено приклад вікна програми ІТРО з результатами кластеризації багатопараметричних об'єктів.

На рис. 5 наведено аналіз екологічного стану районів Дніпропетровської області на основі еколого-стабілізуючих показників (лісистість, % до земельного фонду; частка пасовищ у земельному фонді, %; частка земель рекреаційного призначення до земельного фонду, %; водний фонд до земельного фонду). Діаграма визначає номери груп подібних за параметрами районів, до яких можна застосовувати «приблизно однакові» заходи з керування.

При стратегічному плануванні розвитку та керуванні складними системами у багатьох випадках вирішуються задачі прогнозування параметрів на основі еталонів або попередньо відомих аналогів. Такі завдання ефективно вирішуються на основі процедур багатовимірної лінійної екстраполяції [7]. При цьому ставиться мета: розрахувати прогнозні оцінки результуючих показників нового варіанта системи за відомими значеннями показників кількох варіантів – еталонів. Процедура застосовується для: отримання прогнозу за відсутності достатньої кількості статистичних даних (про параметри еталонів, проектів ін.); отримання орієнтовних значень вартості та термінів виконання проектів; відновлення невідомих характеристик технічних та організаційних систем; оцінки кадрового потенціалу та необхідних ресурсів для зростання; оцінки достовірності зібраних статистичних даних ін.

Подібність показників районів визначена у наочній формі дендрограм, приклад групування районів наведено на рис. 5.

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

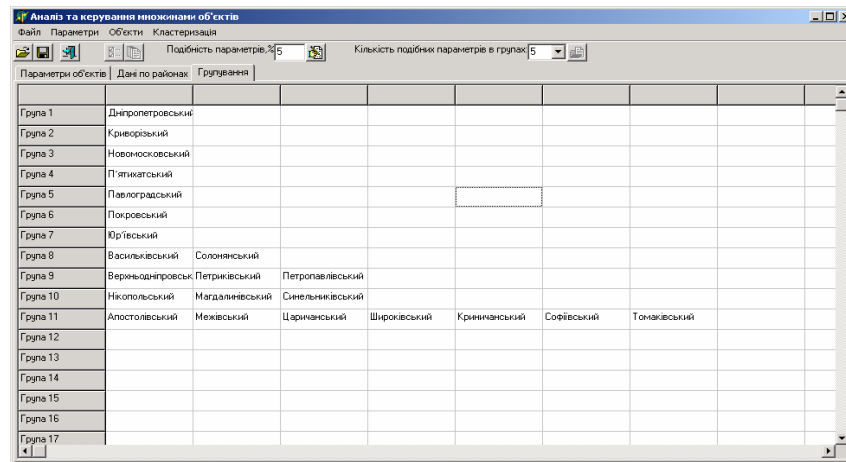
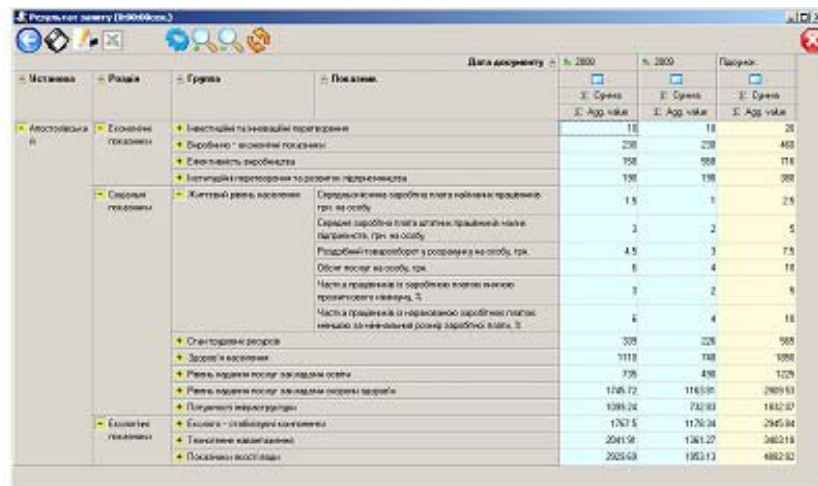
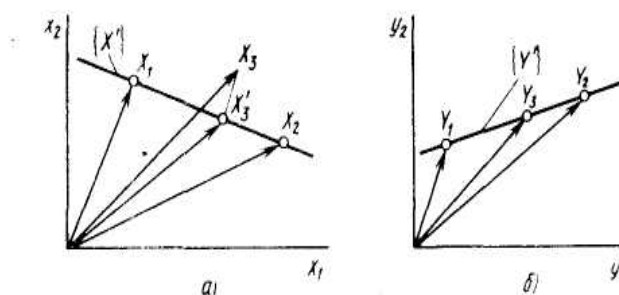
Рис. 2. Вікно програми для визначення групування об'єктів  
(число близьких параметрів – 5, сформовано груп – 11).Fig. 2. The program window to determine the grouping of objects  
(Including some options – 5, formed groups – 11).

Рис. 3. Вікно програми для подання багатовимірних даних

Fig. 3. The program window for multidimensional data presenting

Рис. 4. Схема методу лінійної екстраполяції:  
а – простір вихідних ситуацій; б – простір рішеньFig. 4. Method scheme of linear extrapolation:  
а – initial space situations; б – space of decisions



## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ



Рис. 5. Дендрограма подання результатів кластеризації об'єктів

Fig. 5. Dendrogram presenting the results of objects clustering

В ІТРО реалізовані завдання автоматичних розрахунків прогнозних оцінок результуючих показників нового варіанта системи з відомими значеннями частини показників і умов на основі використання декількох відомих варіантів – еталонів (прототипів). Для цього використовується процедура лінійної екстраполяції рис. 4 [7], де прототипи відбираються з бази даних автоматично, використовуючи метрику Журавльова або інші методи [1, 11, 13], за вихідними дані про шуканий варіант, з оцінкою достовірності прогнозного значення.

Для оцінки адекватності багатовимірних лінійних моделей екстраполяційного (БЛЕ) прогнозування (див. рис. 4) параметрів контрольованих неоднорідних класів об'єктів застосуємо процедуру, запропоновану для автоматизованої експлуатації парків однорідних технічних систем, електричних двигунів (ЕД) [2, 3, 10]. При експлуатації парків ЕД формуються бази індивідуальних моделей (БІМ-ЕД), які зберігають послідовність значень контрольованих параметрів. Для оцінки прогнозованих значень, крім власної індивідуальної моделі (ІМ), виконується відбір множини «подібних» ЕД із БІМ-ЕД, реалізується загальна процедура оцінки прогнозних показників станів ЕД:

1. За даними ІМ із БІМ-ЕД відбирається множина «подібних»  $\{\bar{X}_{ЕДk}\}$ , використовуючи моделі Кохонена або визначені процедури співставлення зразків [11, 13].

2. На основі  $\{\bar{X}_{ЕДk}\}$  формується множина варіантів прогнозних за БЛЕ значень заданого вихідного параметра. Комбінування елементів  $\{\bar{X}_{ЕДk}\}$  дозволяє отримати набір підмножин, які

використовуються для розрахунку серії прогнозних оцінок  $\{Y_{МЛЕ}(\bar{X})\}$ , а також визначення статистичних параметрів прогнозування за БЛЕ.

3.3 використанням  $\{Y_{МЛЕ}(\bar{X})\}$ ,  $\{\bar{X}_{ЕДk}\}$  формується (МРГ)  $\Delta Y(\bar{X}) = F(Y_{МЛЕ}(\bar{X}))$  регресійна модель залежності відхилення параметрів станів ЕД від прогнозів на основі методу БЛЕ, див. рис. 5. Точність МРГ вважається також і точністю наступних прогнозів на основі БЛЕ.

4. Отримана модель МРГ перевіряється на адекватність [4] і використовується для прогнозування станів контрольованого ЕД на основі  $\{\bar{X}_{ЕДk}\}$  та БЛЕ, рис. 4.

Загальний вигляд МРГ, яка використовується для розрахунків очікуваних значень параметрів деякого ЕД з власною ІМ процесу експлуатації, а також з множиною «прототипів» поточного стану контрольованого ЕД наведено на рис. 5. Модель регресії має вигляд

$$\Delta Y(\bar{X}) = 126,05 - 0,8Y_{МЛЕ}(\bar{X})$$

та встановлює зв'язок між результатами прогнозування  $Y_{МЛЕ}(\bar{X})$  на основі БЛЕ, рис. 4, а також можливими значеннями відповідних відхилень вихідного параметра  $\Delta Y(\bar{X})$ . За критерієм Фішера на рівні значущості  $\beta = 0,05$  підтверджує адекватність моделі МРГ [4]. Такі моделі використовують для прогнозування і подальшого планування процесів експлуатації парків ЕД.

Зазначимо, що при формуванні баз знань БІМ-ЕД ураховувалися такі вхідні  $\{X_k\}$  та вихідні  $\{Y_j\}$  параметри процесів експлуатації. Вхідні параметри: період часу після обслуговування ЕД, період часу після останнього діагностування, значення параметрів на основі огляду, розрахункові характеристики спектра струму на попередніх кроках  $(t-1)$ ,  $(t-2)$ ; оцінки параметрів зовнішнього середовища на етапах  $(t-2)$ ,  $(t-1)$ ; оцінки достовірностей типових видів несправності ЕД. Вихідні параметри: очікуваний період до відмови ЕД; очікувана величина вартості ремонту ЕД; оцінки достовірності щодо визначення станів ЕД. Зрозуміло, що при завданнях управління окремими класами об'єктів

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

АТО системи показників будуть змінюватися, але сама процедура визначення прогнозованих параметрів з оцінкою ступеня достовірності буде однаковою або типовою.

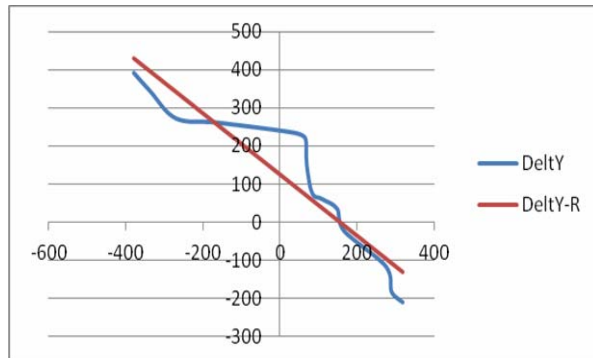


Рис. 6. Графіки залежності відхилень прогнозованих значень параметрів об'єктів (БЛЕ-екстраполяція, рис. 4) від вимірюваних показників

Fig. 6. Graph of deviations predicted parameters of objects (MLE-extrapolation, 4) of measurable indicators

Як зазначалось, автоматизоване формування та оптимальне планування стратегії розвитку включає: 1) систему показників діяльності АТО; 2) структуру математичної моделі рейтингового оцінювання; 3) сукупність математичних моделей і методів для аналізу ефективності та вибору заходів щодо розвитку територій; 4) програмне забезпечення із автоматизації та ін. Наведемо приклади застосування ІТРО для реалізації сценаріїв планування та управління АТО. На рис. 7 наведено вікно програми для відображення результатів багатокритеріального аналізу на основі методики МАІ [8].

Приклад реалізації завдань за сценарієм 1: аналіз керованості – визначення найбільш впливових показників. Мета: визначити сфери і систему показників, зміна значень яких найбільш суттєво впливає на рейтинг АТО, як у рамках окремої сфери діяльності, так і на їх загальний рейтинг, визначений для всіх сфер разом.

Сфера споживчого ринку. Показник «Абсолютний приріст обсягу реалізованих послуг на одну особу до відповідного періоду попереднього року, гривень». Вплив зміни показника на рейтинг – при незначній зміні показника із 40 (деяке зростання, максимальне – понад 500 грн) до 80 встановлюється така динаміка рей-

тингових оцінок (ранжування районів): при зміні 40 => 80 рейтинг по сфері не змінився: 3 => 3, але загальний із 6 став 5; при зміні 40 => 0 рейтинг по сфері змінився: 3 => 4, але загальний залишився 6; при зміні 40 => 500 рейтинг по сфері змінився: 3 => 2, загальний також став 2.

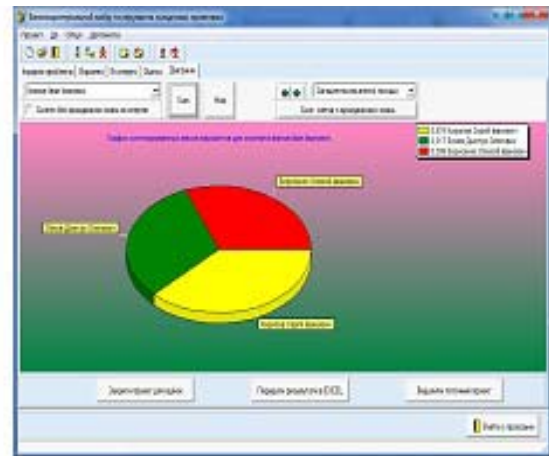


Рис. 7. Вікно програми для подання результатів багатокритеріального вибору за МАІ

Fig. 7. The window for presenting the results of multi criteria choice by MAI

Сценарій 2: самоаналіз – ефективність на попередніх етапах. Мета: визначити недоліки попередніх етапів, а саме – встановити сфери і систему показників у них, які можливо було покращити, причому зміни значень яких найбільш суттєво впливала на рейтинг АТО. Сфера інвестиційної та зовнішньоекономічної діяльності, Павлоградський район. За статистичними даними відсутній розвиток (рівень 0) показників: «Темп зростання (зменшення) обсягу експорту товарів, % до відповідного періоду попереднього року», «Темп зростання (зменшення) обсягу імпорту товарів, % до відповідного періоду попереднього року». Відповідно, низьким виявився і рейтинг району за сферою – 15. Наприклад, була встановлена несвочасність подання даних або не всі можливості впливу на показники сфери були використані. Необхідно визначити рейтинг району у разі покращення управління.

Вплив зміни показника на рейтинг – при малому рівні зростання показника від 0 до 100 встановлюється така динаміка рейтингових оцінок: при зміні обох 0 => 100 рейтинг по

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

сфері змінився:  $15 \Rightarrow 13$ , разом з тим і загальний рейтинг із 6 став 3; при зміні обох  $0 \Rightarrow 200$  рейтинг по сфері змінився:  $15 \Rightarrow 9$ , разом з тим і загальний рейтинг із 6 став 2. Таким чином, виявляється суттєвий вплив показника на загальний рейтинг району, навіть без інших показників усіх сфер.

Прикладами завдань ІТРО із порівняльного аналізу та оптимального планування стратегії розвитку області як складу АТО є: розподіл обмеженого ресурсу (декількох видів також) між багатьма АТО. При цьому встановлено граничні рівні на обсяги використання ресурсів визначених категорій. Відомі рівні показники за визначеними сферами діяльності перелічених АТО або області у цілому. Необхідно визначити розподіл ресурсів між окремими АТО, який забезпечить загальний рейтинг області найвищий можливий при загальному ресурсі, – розподіл ресурсів між окремими АТО та сферами діяльності, який забезпечить рейтинг області не менший, ніж встановлений.

Одним із головних типів завдань оптимального планування стратегії розвитку АТО є наступне: визначити потрібні обсяги ресурсів різних категорій, а також спосіб їх розподілу відповідно до встановленого рейтингу АТО.

#### Наукова новизна та практична значимість

У статті запропоновано використання показників рейтингування як деякої загальної моделі для стратегічного планування розвитку і управління неоднорідними класами об'єктів, зокрема АТО. Запропоновано процедуру оцінки достовірності прогнозування на основі методу багатовимірної лінійної екстраполяції.

Запропонований метод стратегічного планування розвитку складних систем на основі рейтингових моделей, а також розроблена інформаційна технологія, створюють комплекс автоматизованих засобів для забезпечення ефективного економіко-технологічного управління множинами неоднорідних класів багатопараметричних об'єктів. Застосування цієї інформаційної технології ІТРО дозволяє автоматизувати завдання аналізу та стратегічного планування адміністративно-територіального розвитку. Планування і керування об'єктами в ІТРО базується на вирішенні типових завдань, запропо-

нованих у роботі. При цьому контроль за окремими елементами реалізується шляхом побудови і застосування індивідуальних інтелектуальних моделей процесів функціонування. Також вона може бути застосована для широкого кола інших класів складних об'єктів, які можуть бути охарактеризовані наборами параметрів, вимірюваних за різними шкалами. Суттєвою відмінністю таких завдань управління, в тому числі процесами експлуатації парків технічних систем, являється існування групи класів, до яких може бути застосована однакова інформаційна технологія, представлена у статті.

#### Висновки

У роботі розвинуто підхід до формування рейтингових моделей стратегічного планування розвитку та управління складними системами, які подані різноманітними класами, що містять множини елементів, а також щодо управління ними за рахунок розподілу неоднорідних ресурсів. Об'єкти контролю характеризуються наборами показників різних категорій, вимірюваних у різних шкалах. Для розрахунку порівняльної оцінки якості управління застосовуються правила визначення рейтингу, які утворюють загальну модель управління класами об'єктів. Створена інформаційна технологія рейтингового оцінювання, в якій реалізовано процедури вирішення типових завдань із стратегічного планування розвитку та управління складними об'єктами (аналіз чутливості, кластеризація, діагностування, прогнозування, розподіл ресурсів, багатокритеріальний вибір ін.). технологія може бути застосована для контролю, аналізу, стратегічного планування та управління одночасно декількома типами складних систем. При цьому відзначається можливість використання деяких типів індивідуальних інформаційних моделей процесів експлуатації технічних систем.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. – Киев : МАКНС, 2007. – 336 с.
2. Информационная технология диагностики, прогнозирования и управления устойчи-

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- вым развитием сложных систем на основе рейтинговых оценок / В. В. Скалозуб, В. А. Андрущенко, С. Ю. Разумов [и др.] // Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2011. – № 5 (76). – С. 178–185.
3. Исследование диагностических признаков стрелочных электроприводов переменного тока / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова, А. М. Безнарытний // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 4 (52). – С. 7–22. doi: 10.15802/stp2014/27341.
4. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : підручник / В. М. Геець, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк [та ін.]. – Харків : ІНЖЕК, 2005. – 396 с.
5. Про запровадження комплексної оцінки соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим, областей, м. Києва та Севастополя : постанова Кабінету Міністрів України від 20 черв. 2007 р. № 833. – Київ, 2007.
6. Пшинько, А. Н. Проблемы и информационные технологии социально-экономического управления на железнодорожном транспорте Украины / А. Н. Пшинько, В. В. Скалозуб // Проблеми та перспективи розвитку залізн. трансп. : тези доп. 74 міжнар. наук.-практ. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 210–212.
7. Растринг, Л. А. Экстраполяционные методы проектирования и управления / Л. А. Растринг, Ю. П. Пономарев. – Москва : Машиностроение, 1986. – 120 с.
8. Саати, Т. Метод Анализа Иерархий / Т. Саати, Е. Кернес. – Москва : Радио и связь, 1991. – 352 с.
9. Скалозуб, В. В. Економіко-технологічні моделі аналізу і управління експлуатацією парків електричних двигунів залізничних стрілочних переводів / В. В. Скалозуб, В. М. Осовик, І. В. Клименко // Проблеми економіки транспорту : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 9. – С. 129–137.
10. Скалозуб, В. В. Методы интеллектуальных систем в задачах управления парками объектов железнодорожного транспорта по текущему состоянию / В. В. Скалозуб, О. М. Швець, В. Н. Осовик // Питання прикладної математики і математичного моделювання : зб. наук. пр. / Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 40–47.
11. Kohonen, T. Self-Organizing Maps / T. Kohonen. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001. – 501 p. doi: 10.1007/978-3-642-56927-2.
12. McCue, C. Data Mining and Predictive Analysis, Second Edition: Intelligence Gathering and Crime Analysis / C. McCue. – 2<sup>nd</sup> ed. – Butterworth-Heinemann, 2015. – 422 p. ISBN: 0128002298, 9780128002292.
13. Rutkowski, L. Metody i techniki sztucznej inteligencji. Inteligencja obliczeniowa / L. Rutkowski. – Warszawa : Wydawnictwo naukowe PWN, 2005. – 435 s. ISBN 83-01-14529-3.
14. Witten, I. H. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques / I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall. – 3<sup>d</sup> ed. – San Francisco : Morgan Kaufmann, 2011. – 664 p. ISBN 0123748569.

А. Н. ПШИНЬКО<sup>1\*</sup>, В. В. СКАЛОЗУБ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Управление проектами, здания и строительные материалы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 46, эл. почта pshinko@r.diit.edu.ua, ORCID 0000-0002-1598-2970

<sup>2\*</sup>Каф. «Компьютерные информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, эл. почта skalozhubtk@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕЙТИНГОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

**Цель.** В научной работе необходимо рассмотреть развитие рейтинговых моделей и соответствующих информационных технологий, предназначенных для решения комплекса задач сферы стратегического планирования административно-территориальных объединений, а также многокритериального управления эксплуатацией неоднородных классов многопараметрических объектов. **Методика.** При решении задач стратегического планирования административно-территориального развития и управления неоднородными классами контролируемых объектов применяется комплекс согласованных методов. А именно – многокритериального анализа свойств объектов планирования и управления, диагностики параметров состояния, прогнозирования и управления сложными системами различных классов, состояния которых оцениваются наборами разнокачественных показателей, а также представляются индивидуальными моделями процесса функционирования. Для реализации комплекса задач стратегического планирования и управления предложена и создана информационная технология, которая содержит процедуры решения типовых задач, реализованных на основе программного обеспечения MS SQL Server. **Результаты.** Предложен подход к формированию моделей анализа и управления классами сложных систем на основе рейтинговых оценок. Получено развитие рейтинговых моделей анализа многопараметрических и многокритериальных систем, управление которыми выполняется на основе параметров текущего и прогнозируемого состояний, путем распределения неоднородных ресурсов. Разработана процедура анализа чувствительности рейтинговой модели к изменениям параметров распределения неоднородных ресурсов. Создана информационная технология стратегического планирования и управления неоднородными классами объектов на основе модели рейтинговых оценок. **Научная новизна.** В статье предложен подход к использованию совокупности разнородных показателей рейтингования как общей модели для стратегического планирования развития и управления неоднородными классами объектов, которые могут быть охарактеризованы наборами параметров, измеренных по разным шкалам. При этом контроль за отдельными элементами реализуется путем построения и применения индивидуальных интеллектуальных моделей процессов функционирования. Предложена процедура оценки достоверности прогнозирования на основе метода многомерной линейной экстраполяции. **Практическая значимость.** Предложенный метод стратегического планирования развития сложных систем на основе рейтинговых моделей, а также разработанная информационная технология создают комплекс автоматизированных средств для обеспечения эффективного экономико-технологического управления множествами неоднородных классов многопараметрических объектов. В информационной технологии рейтингового оценивания реализованы процедуры решения типовых задач по стратегическому планированию развития и управления сложными объектами (определение рейтинга, анализ чувствительности, кластеризация, диагностирование, прогнозирование, распределение ресурсов, многокритериальный выбор др.). Применение предлагаемой информационной технологии позволяет автоматизировать задачи анализа и стратегического планирования развития административно-территориальных комплексов. Технология может быть применена для контроля, анализа, стратегического планирования и управления развитием одновременно нескольких типов сложных систем.

**Ключевые слова:** административно-территориальное управление; классы систем; стратегическое планирование; рейтинговая модель; многокритериальный анализ; неоднородные ресурсы; информационная технология; индивидуальная модель функционирования

O. M. PSHINKO<sup>1\*</sup>, V. V. SKALOZUB<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Projects Management, Buildings and Construction Materials», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 46, e-mail pshinko@r.dit.edu.ua, ORCID 0000-0002-1598-2970

<sup>2\*</sup>Dep. «Computers and Information Technologies», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail skalozhubtk@gmail.com, ORCID 0000-0002-1941-4751

## RATING MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES APPLICATION FOR MANAGEMENT OF ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL COMPLEXES

**Purpose.** The paper aims to develop rating models and related information technologies designed to resolve the tasks of strategic planning of the administrative and territorial units' development, as well as the tasks of multi-criteria control of inhomogeneous multiparameter objects operation. **Methodology.** When solving problems of strategic planning of administrative and territorial development and heterogeneous classes management of objects under control, a set of agreed methods is used. Namely the multi-criteria properties analysis for objects of planning and management, diagnostics of the state parameters, forecasting and management of complex systems of different classes. Their states are estimated by sets of different quality indicators, as well as represented by the individual models of operation process. A new information technology is proposed and created to implement the strategic planning and management tasks. This technology uses the procedures for solving typical tasks, that are implemented in MS SQL Server. **Findings.** A new approach to develop models of analyze and management of complex systems classes based on the ratings has been proposed. Rating models development for analysis of multicriteria and multiparameter systems has been obtained. The management of these systems is performed on the base of parameters of the current and predicted state by non-uniform distribution of resources. The procedure of sensitivity analysis of the changes in the rating model of inhomogeneous distribution of resources parameters has been developed. The information technology of strategic planning and management of heterogeneous classes of objects based on the rating model has been created. **Originality.** This article proposes a new approach of the rating indicators' using as a general model for strategic planning of the development and management of heterogeneous objects that can be characterized by the sets of parameters measured on different scales. At this the control of separate elements is realized by the way of individual mental models construction and application of functioning processes. The procedure for evaluating of the prediction reliability based on multivariate linear extrapolation method was proposed. **Practical value.** The proposed method of strategic planning of the complex systems' development based on rating models and developed information technology are representing the complex of automated tools to ensure effective economical and technological control of non-uniform sets of multiparameter objects. The new solutions of typical tasks of strategic planning and development of complex objects management procedure are implemented in the information technology of rating estimation (rating definition, sensitivity analysis, clustering, diagnostics, forecasting, resource allocation, multi-criteria analysis etc.). Application of the proposed information technology can automate the task of analysis and strategic planning of the administrative-territorial complexes. The technology can be used for monitoring, analysis, strategic planning and management of several complex system types simultaneously.

**Keywords:** administrative and territorial management; classes of systems; strategic planning; rating model; multi-criterial analysis; heterogeneous resources; information technology; individual model of functioning

## REFERENCES

1. Tarasov V.A., Gerasimov B.M., Levin I.A., Korneychuk V.A. *Intellektualnyye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy: teoriya, sintez, effektivnost* [Intelligent Systems of Making Decisions Support: Theory, Synthesis, Efficiency]. Kyiv, MAKNS Publ., 2007. 336 p.
2. Skalozub V.V., Andryushchenko V.A., Razumov S.Yu. Informatsionnaya tekhnologiya diagnostiki, prognozirovaniya i upravleniya ustoychivym razvitiem slozhnykh sistem na osnove reytingovykh otsenok [Information technology of diagnostics, prediction and control with sustainable development of complex systems on the basis of ratings]. *Rehionalnyi mizhvuzovskiy zbirnyk naukovykh robit «Systemni tekhnolohii»* [Regional Inter-university Collection of Scientific Papers «System Technologies»]. Dnipropetrovsk, 2011, no. 5 (76), pp. 178-185.

## ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

3. Buryak S.Yu., Gavriluk V.I., Gololobova O.A., Beznarytnyy A.M. Issledovaniye diagnosticheskikh priznakov stroichnykh elektropriwodov peremennogo toka [Diagnostic features research of AC electric point motors]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2014, no. 4 (52), pp. 7-22. doi: 10.15802/stp2014/27341.
4. Heiets V.M., Klebanova T.S., Cherniak O.I., Ivanov V.V., Dubrovina N.A., Stavitskiy A.V. *Modeli i metody sotsialno-ekonomichnoho prohnouzuvannia* [Models and methods of social and economic forecasting]. Kharkiv, INZhEK Publ., 2005. 396 p.
5. Pro zaprovadzhennia kompleksnoi otsinky sotsialno-ekonomichnoho rozvytku Avtonomnoi Respubliki Krym, oblastei, Kyieva ta Sevastopolia: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 chervnia 2007 r. No. 833 [On introduction of a comprehensive assessment of social and economic development of the Autonomous Republic of Crimea, regions in Kyiv and Sevastopol: Resolution of the Cabinet of Ministry from June 20, 2007, No. 833]. Kyiv, 2007.
6. Pshinko A.N., Skalozub V.V. Problemy i informatsionnyye tekhnologii sotsialno-ekonomicheskogo upravleniya na zheleznodorozhnom transporte Ukrainy [Questions and information technologies of social and economic control at railway transport of Ukraine]. *Tezy dopovidei 74 mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: «Problemy ta perspektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu»* [Proc. of 74<sup>th</sup> Sci. and Practical Conf. «Problems and Perspectives of Railways Transport Development»]. Dnipropetrovsk, 2014, pp. 210-212.
7. Rastrigin L.A., Ponomarev Yu.P. *Ekstrapolyatsionnyye metody proyektirovaniya i upravleniya* [Extrapolation methods of design and management]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1986. 120 p.
8. Saati T., Kernes Ye. *Metod analiza ierarkhiy* [Hierarchy Analysis Method]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1991. 352 p.
9. Skalozub V.V., Osovyk V.M., Klymenko I.V. Ekonomiko-tekhnolohichni modeli analizu i upravlinnia ekspluatatsiiei parkiv elektrychnykh dvyhuniv zaliznychnykh strilochnykh perevodiv [Economic and technological models of analysis and control of electric motors park operation for railway turnouts]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana: «Problemy ekonomiky transportu»* [Proc. of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan «The Problems of Transport Economics»]. Dnipropetrovsk, 2015, issue 9, pp. 129-137.
10. Skalozub V.V., Shvets O.M., Osovik V.N. Metody intelektualnykh sistem v zadachakh upravleniya parkami obektov zheleznodorozhnogo transporta po tekushchemu sostoyaniyu [Methods of intelligent systems in the parks management tasks of railway transport objects on the current status]. *Zbirnyk naukovykh prats: «Pytannia prykladnoi matematyky i matematychnoho modeliuvannia»* [Proc. «Questions of Applied Mathematics and Mathematical Modeling»]. Dnipropetrovsk, 2014, pp. 40-47.
11. Kohonen T. *Self-Organizing Maps*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001. 501 p. doi: 10.1007/978-3-642-56927-2.
12. McCue C. *Data Mining and Predictive Analysis, Second Edition: Intelligence Gathering and Crime Analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. Butterworth-Heinemann, 2015. 422 p. ISBN: 0128002298, 9780128002292.
13. Rutkowski L. *Metody i techniki sztucznej inteligencji. Inteligencja obliczeniowa*. Warszawa, Wydawnictwo naukowe PWN Publ., 2005. 435 s. ISBN 83-01-14529-3.
14. Witten I.H., Frank E., Hall M.A. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 3<sup>d</sup> ed. San Francisco, Morgan Kaufmann Publ., 2011. 664 p. ISBN: 0123748569.

Стаття рекомендована до публікації д.екон.н. Л. С. Головковою (Україна); д.екон.н. Г. О. Крамаренко (Україна)

Надійшла до редколегії: 23.09.2016

Прийнята до друку: 05.12.2016