

Горизонти науки

УДК 911.3

Костянтин Немець, Людмила Немець

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РОЗВИТКУ СОЦІОГЕОСИСТЕМ: АНАЛІЗ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

В статті описана методика аналізу та візуалізації результатів моделювання розвитку соціогеосистем. Пропонується за траєкторію оптимального розвитку прийняти головну діагональ гіперкубу багатовимірного ознакового простору, яка є найкоротшою відстанню між точками мінімального і максимального розвитку. Наведено приклади ранжирування соціогеосистем на основі використання порівняльного аналізу за станом і динамікою розвитку.

Ключові слова: соціогеосистема, розвиток, траєкторія, багатовимірний простір, порівняльний аналіз, ранжирування, класифікація.

Константин Немець, Людмила Немець. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ СОЦИОГЕОСИСТЕМ: АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ. В статье описана методика анализа и визуализации результатов моделирования развития социогеосистем. Предлагается в качестве траектории оптимального развития принять главную диагональ гиперкуба многомерного признакового пространства, которая является кратчайшим расстоянием между точками минимального и максимального развития. Приведены примеры ранжирования социогеосистем на основе использования сравнительного анализа по состоянию и динамике развития.

Ключевые слова: социогеосистема, развитие, траектория, многомерное пространство, сравнительный анализ, ранжирование, классификация.

Kostyantyn Niemets, Lyudmila Niemets. MODELING OF TRAJECTORIES OF SOCIAL GEOSYSTEM DEVELOPMENT: RESULTS ANALYSIS AND VISUALIZATION. The article describes methodology of analysis and visualization of social geosystems development modeling results. It is proposed to take as the optimal development trajectory the main diagonal of the hypercube of multidimensional feature space which is the shortest distance between the points of minimal and maximal development. Examples of social geosystems ranking based on comparative analysis on the status and dynamics of the development are given.

Keywords: social geosystem, development, trajectory, multidimensional space, comparative analysis, ranking, classification.

Актуальність роботи. Складність, різномасштабність і багатоплановість процесів у суспільстві і природі, а також у їхній взаємодії, вже давно потребують застосування нових наукових підходів до їх вивчення. Поштовхом для розробки таких підходів став розвиток синергетики – науки про взаємодію і саморозвиток складних систем. Вже на початку ХХІ ст. стали поширюватись синергетичний підхід і синергетична парадигма, які швидко впроваджуються у різних галузях науки і на сьогодні є найбільш прогресивними і перспективними методологічними епістемами.

Перспективність синергетичної парадигми проявляється у двох ключових положеннях. З одного боку, вона вимагає всебічного розгляду об'єкту дослідження з урахуванням якомога більшої кількості його особливостей, що збігається з вимогою географічного підходу щодо комплексності дослідження. З іншого – представлення траєкторії еволюції систем, як ланцюга послідовно змінюючих одна одну точок біфуркації, в кожній з яких існує певна множина варіантів «вибору» вектора подальшого розвитку, постулює нелінійність еволюційного процесу як принципову властивість універсалу. Особливою складністю і непередбачуваністю розвитку відрізняються соціогеосистеми, що зумовлено зростаючим переважанням ролі суб'єктивних соціальних чинників, вплив яких врахувати дуже складно. Тому необхідна розробка таких методів моделювання, які технологічно реалізуючи ідеї синергетики у поєднанні з

сучасними інформаційними технологіями, дають можливість створювати принципово нові наукові об'єкти – моделі на принципах їхньої концептуальної відповідності складності досліджуваних суспільно-географічних процесів і об'єктів. Повнота відображення оригіналу на моделі залежить від кількості діючих факторів, які враховуються при моделюванні, тобто, від збільшення вимірності простору, в якому будується модель. На, наш погляд це є одним із реальних шляхів створення принципово нової концепції моделювання суспільно-географічного процесу в інформаційно-суспільно-географічному просторі [6].

Слід зазначити, що одна з численних конструктивних можливостей цієї концепції пов'язана з моделюванням траєкторії розвитку соціогеосистем у нормованому багатовимірному ознаковому просторі (БОП), що дає можливість ефективно вирішувати цілу низку прикладних задач, пов'язаних з управлінням, оптимізацією, проектуванням, прогнозуванням, моніторингом і аналізом стану соціогеосистем будь-якого рівня узагальнення. Отже, вдосконалення і модернізація методів аналізу складових суспільно-географічного процесу (розвитку соціогеосистем) у БОП наразі є актуальною методологічною і науково-практичною проблемою, вирішення якої дозволить підвищити науково-методичний рівень суспільно-географічних досліджень. Особливо важливо це для України, де проблеми регіонального розвитку є ключовими, тому з'ясування регіональних відмінностей соціально-географічного процесу дасть можливість знайти оптимальні шляхи розвитку регіонів.

Аналіз проблеми. Метод моделювання траек-

торії розвитку соціогеосистем (МТРС) розроблено на кафедрі соціально-економічної географії та регіоналістики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Його початковий варіант, розрахований на опис і найпростіший аналіз суспільно-географічного процесу, було опубліковано за участі авторів у 2003 році [1]. Протягом десяти років МТРС апробовувався в різних задачах суспільно-географічного дослідження соціогеосистем різних рангів, вдосконалювався і доповнювався новими можливостями (наприклад, [2, 3, 4, 5]). Найбільш повний на сьогодні опис МТРС можна знайти у роботі [6], де висвітлені ідея і технологічні особливості методу, наведені приклади його застосування в суспільній географії.

Ціль роботи полягає в обґрунтуванні ефективної методики аналізу результатів моделювання траєкторії соціогеосистеми і представлення їх у найбільш наочному і зручному вигляді.

Виклад основного матеріалу дослідження. Суть МТРС полягає у хронологічно послідовному відображенні в нормованому БОП стану соціогеосистеми. Сукупність послідовних відрізків траєкторії розвитку соціогеосистеми, як векторів, з більшою або меншою точністю (в залежності від дискретизації часу) відображає розвиток соціогеосистеми і дає можливість аналізувати її методами векторного аналізу. У нормованому БОП початок координат $\{0, 0, 0, \dots, 0\}$ є *точкою мінімального розвитку*, а кінцева точка з координатами $\{1, 1, 1, \dots, 1\}$ – *точкою максимального розвитку*. Діагональ гіперкубу, що з'єднує ці протилежні точки, є найкоротшим, найефективнішим шляхом розвитку – ідеальною або оптимальною траєкторією розвитку, яку зручно розглядати як певний еталон розвитку, відносно якого можна оцінювати характеристики реальних траєкторій соціогеосистем.

Вектор руху соціогеосистеми можна описати двома основними кількісними показниками: кутовим, як напрям руху, і лінійним, як швидкість руху. Це дозволяє виконувати різні порівняння об'єктів (соціогеосистем) за цими показниками і робити відповідні висновки. Наприклад, зменшення кута між траєкторіями об'єктів свідчить про більшу узгодженість (подібність) їх розвитку, різниця швидкості руху відображає відносні темпи розвитку тощо. Отже, маючи кількісні параметри напрямку і швидкості руху соціогеосистем можна визначити різні їхні характеристики у сукупності в залежності від мети і завдань дослідження.

В [6] наведено загальний перелік кутових і лінійних характеристик траєкторії руху соціогеосистем. Серед кутових параметрів найважливішим є косинус кута, утвореного траєкторією соціогеосистеми і базовою (оптимальною) траєкторією. Лінійні характеристики траєкторії представлені відстанями у БОП, які оцінюють шлях, пройдений об'єктом за певний проміжок часу, або віддалення поточної точки траєкторії (у даний момент часу) від характерних точок простору – початку координат, середньої точки соціогеосистеми чи точки максимального розвитку [1]. В залежності від мети дослідження можна визначити наступні лінійні показники траєкторії:

- шлях, пройдений соціогеосистемою у БОП

(ΔL), – визначається як евклідова відстань між точками траєкторії на суміжні моменти часу і є динамічною характеристикою траєкторії, бо його довжина свідчить про інтенсивність руху соціогеосистеми;

- швидкість руху, яка визначається як відношення довжини пройденого шляху до проміжку часу між суміжними розрахунковими моментами ($\Delta L/\Delta t$);

- віддаленість поточної точки траєкторії від точки мінімального розвитку (початку координат) – (L_0), яка є оцінкою ефективності руху соціогеосистеми – більш ефективна соціогеосистема за рівний проміжок часу більше віддаляється від стартової позиції;

- відстань від поточної точки траєкторії до точки максимального розвитку (кінцевої точки) – L_1 – характеризує ефективність руху соціогеосистеми – більш ефективна соціогеосистема раніше досягне або найбільше наблизиться до найвищого показника;

- різниця шляху, що залишилося пройти до точки максимального розвитку (L_1), і пройденого шляху (L_0), що дає уявлення про темпи руху соціогеосистеми у багатовимірному просторі – зменшення цього показника свідчить про прогресивний рух соціогеосистеми;

- коефіцієнт прогресу – співвідношення L_0/L_1 , яке у нормованому БОП також є відносною оцінкою ефективності розвитку соціогеосистеми, бо зростання цього показника свідчить про прогресуючий рух даної соціогеосистеми.

На наш погляд перспективним є аналіз проєкцій векторів руху соціогеосистем на головну діагональ гіперкубу нормованого БОП, що дає безпосередню кількісну оцінку динаміки їх розвитку.

Слід звернути увагу ще на один важливий аспект моделювання траєкторії розвитку соціогеосистем. Оптимальна траєкторія (головна діагональ гіперкубу БОП) в ідеальному вигляді символізує траєкторію стійкого розвитку, тобто, траєкторію такої еволюції соціогеосистеми, яка відображає її здатність протистояти дії збурюючих внутрішніх і зовнішніх факторів. Відповідно до цього, реальні соціогеосистеми з достатнім еволюційним потенціалом і відповідними внутрішніми резервами спроможні так реагувати на дестабілізуючий вплив, що проєкції векторів їхнього руху на оптимальну траєкторію завжди будуть позитивними. Очевидно, що так можна отримати кількісний критерій стійкого розвитку, що має велике значення для аналізу розвитку соціогеосистем будь-якого рівня узагальнення.

З наведеного вище переліку параметрів вектору руху соціогеосистеми в БОП можна зробити висновки, що кожен з них містить важливу інформацію і важливий з точки зору аналізу еволюції соціогеосистеми. Очевидно, можна розглядати багато різноманітних методів аналізу і інтерпретації результатів моделювання траєкторії руху соціогеосистем у БОП. Розглядаючи це питання, перш за все, в аспекті узгодженості (відповідності) реальної траєкторії з оптимальною, слід зазначити, що найефективнішим є аналіз проєкцій векторів руху на оптимальну траєкторію, бо вони найбільш повно відображають особливості динаміки руху.

Результати моделювання траєкторії руху соці-

огеосистеми у БОП доцільно аналізувати і відобразити у фазовій площині «оптимальна траєкторія» - «відхилення від оптимальної траєкторії», як показано на рис. 1. Вісь X збігається з напрямом оптимальної траєкторії, вісь Y – напрям відхилення від оптимальної траєкторії. Для побудови графіку використовуються всього два параметри траєкторії: α – кут між вектором руху соціогеосистеми і оптимальною трає-

кторією та L – довжина вектору (шлях, пройдений соціогеосистемою за поточний період часу). Величина проекції вектору руху на оптимальну траєкторію (координата X на рис. 1) розраховується через косинус кута α , а відхилення від оптимальної траєкторії (координата Y) – через синус кута α . На рис. 1 показана схема розрахунку координат для об'єкту 2.

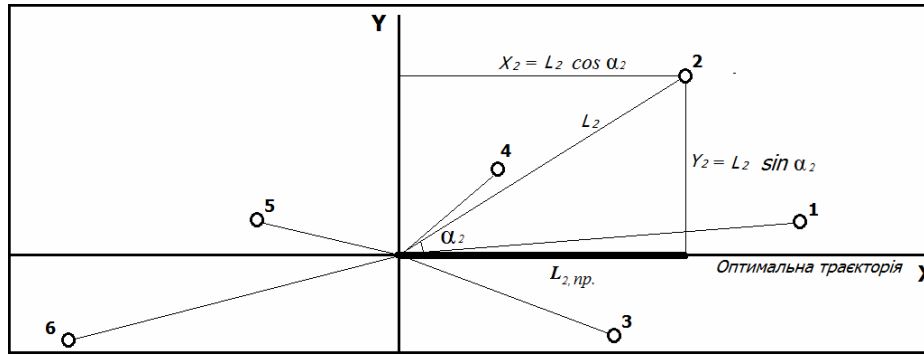


Рис. 1. Відображення результатів синхронного моделювання траєкторій руху соціогеосистеми у БОП

Графік, наведений на рис. 1, зручний для порівняльного аналізу розвитку сукупності соціогеосистем. Так як прогрес у розвитку визначається довжиною проекції вектору руху на оптимальну траєкторію (пряма залежність) і величиною відхилення від оптимальної траєкторії (зворотна залежність), тобто, координатами точки на фазовій площині, то за цими двома показниками можна ранжувати або класифікувати досліджувані об'єкти. Зрозуміло, що пріоритетне значення має довжина проекції вектору руху, бо вона визначає кінцевий результат розвитку соціогеосистеми на даному етапі. Величина відхилення від оптимальної траєкторії скоріше характеризує оптимальність функціонування соціогеосистеми і може використовуватись для коригуючих дій в управлінні її розвитком. Так, у наведеному прикладі видно, що об'єкт 1 має найкращий результат у розвитку, а об'єкт 6 – найгірший, бо проекція його руху від'ємна. Об'єкт 2 має другий результат за довжи-

ною проекції вектору руху і в той же час має найбільше відхилення від оптимальної траєкторії. В цілому у наведеному прикладі об'єкти пронумеровані відповідно до рейтингу за ефективністю розвитку.

Описана методика зручна і для аналізу динаміки розвитку соціогеосистем. Будуючи в розглянутій фазовій площині графік за точками у хронологічному порядку, отримуємо «фазовий портрет» траєкторії розвитку соціогеосистеми, аналізуючи який, виявляють певні особливості історії розвитку. Очевидно, на одному графіку можна відобразити кілька об'єктів, тоді виконуються одночасно порівняльно-географічний і порівняльно-історичний аналіз.

На рис. 2 показано траєкторії розвитку двох соціогеосистем протягом п'яти послідовних інтервалів часу. Нумерація точок траєкторій хронологічна. Порівнюючи траєкторії можна помітити суттєву різницю в динаміці розвитку соціогеосистем.

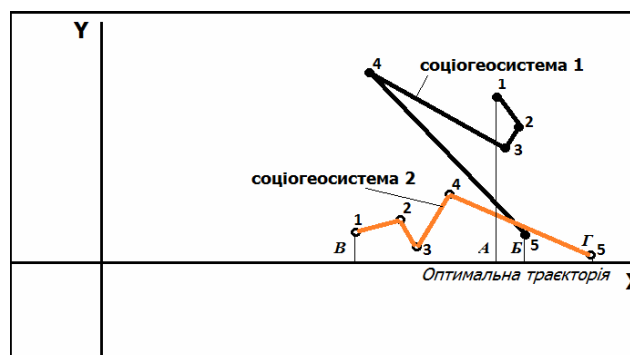


Рис. 2. Відображення траєкторій розвитку соціогеосистем

Так, траєкторія розвитку соціогеосистеми 1 відображає різкі зміни характеру розвитку – за період розвитку між моментами 2 – 4 проекції векторів розвитку на оптимальну траєкторію від'ємні, що свідчить про деградацію соціогеосистеми. Останній відрізок траєкторії досить великий (соціогеосистема

прискорила розвиток), але остання точка траєкторії (5) в проекції на оптимальну траєкторію ледве досягла положення точки 2. Отже, загальний підсумок розвитку соціогеосистеми 1 за п'ять періодів складає відрізок А – Б. Це дає багатий матеріал для детального аналізу суспільно-географічного процесу в цій

системі, втім це тема окремого обговорення.

Соціогеосистема 2 має значно конструктивніший характер розвитку. По-перше, проекції векторів її руху в БОП за всі періоди часу позитивні, а їх сума, як результат розвитку за п'ять періодів (відрізок В – Г), значно переважає аналогічний показник траєкторії соціогеосистеми 1. По-друге, конфігурація траєкторії розвитку соціогеосистеми 2 характеризується меншими відхиленнями від оптимальної траєк-

торії, що є доказом її більшої ефективності.

Висновки. Наведені приклади показують, що запропонована методика аналізу та візуалізації результатів моделювання траєкторії розвитку соціогеосистем. Застосування порівняльного аналізу в усіх його варіантах, враховуючи і просторовий аспект, дає можливість детально досліджувати всі складові розвитку соціогеосистем, знаходити «вузькі місця» в управлінні ними і шляхи виправлення положення.

Список використаних джерел:

1. Nemets L.M. *Prostorova organizaciya social'no-geografichnykh procesiv v Ukrayini [monografiya]* / L.M. Nemets, Ya.B. Oliynyk, K.A. Nemets. – Kh.: RVV KhNU, 2003. – 160 s.
2. Nemets K.A. *Modelyuvannya trayektoriyi rozvytku regionalnykh sociogeosystem Ukrayiny* / K.A. Nemets // *Chasopys socialno-ekonomichnoyi geografii: mizhregion. zb. nauk. prats.* – Kharkiv, KhNU imeni V.N. Karazina. – 2009. – Вип. 7 (2). – С. 66 – 80.
3. Nemets L.N. *Ustoychivoye razvitiye: socialno-geograficheskiye aspekty (na primere Ukrainy) [monografiya]* / Lyudmila Nikolayevna Nemets. – Kh.: Fakt, 2003. – 383 s.
4. Nemets K.A. *Metodyka informaciyoho analizu socialno-ekonomichnoho rozvytku regioniv* / K.A. Nemets, O.K. Nemets // *Materialy mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi «Region – 2008: strategiya optimalnoho rozvytku»*, Kharkiv, KhNU. – 2008. – С. 242–246.
5. Samoylov O.M. *Socialna bezpeka regionalnoyi sociogeosystemy (na prykladi Kharkivskoyi oblasti): dysertaciya na здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.02 – економічна та соціальна географія* / O.M. Samoylov. – Kharkiv. – 2012. – 331 s.
6. Nemets K.A. *Prostoroviy analiz u suspilniy geografii: novi pidkhody, metody, modeli: monografiya* / K.A. Nemets, L.M. Nemets. – Kh.: KhNU imeni V.N. Karazina, 2013. – 228 s.

Summary

Kostyantyn Niemets, Lyudmila Niemets. MODELING OF TRAJECTORIES OF SOCIAL GEOSYSTEM DEVELOPMENT: RESULTS ANALYSIS AND VISUALIZATION.

The article is devoted to the justification of methods of analysis and visualization of the social geosystems development trajectory in the multidimensional feature space simulation results. The method of social geosystem development trajectory simulation was developed at the department of human geography and regional studies of Kharkiv Karazin National University. Description of the method is given in many published studies. To normalize the multidimensional space linear scaling was used – absolute value to the difference of extreme values of all geosystem parameters used as input data. The resulting indexes change in the interval from 0 to 1 that defines the variability of the multidimensional space. When using this method of modeling the social geosystems development the main diagonal of a hypercube of multi-dimensional space is considered as the shortest distance between the points of least development (coordinates {0,0} ... 0) and maximum development (coordinates {1,1} ... 1), ie. as an ideal (optimal) path of development. Each segment of the path of real social geosystem is represented as a vector for which angular and linear characteristics are determined. The essence of the proposed method is that the social geosystem movement in multidimensional space is considered as a projection on the optimal trajectory. In order to do this the length of the actual motion vector and the angle between the vector and the optimal trajectory are determined. Then the projection of a vector on the optimal trajectory (through the cosine of the angle) and orthogonal vector deviation from the end of it (via sine of the angle) are calculated. Comparing these parameters for a set social geosystems we can rank them by movement speed in a multidimensional space (the rate of state change), and consistency with the direction of motion of an optimal trajectory. Similarly together social geosystems motion coherence is determined. The described technique is also applicable for comparative historical analysis, when particular social geosystem motion vectors in different time periods are compared. The article presents the corresponding graphs and examples that illustrate the possibilities of this technique usage.

Keywords: social geosystem, development, trajectory, multidimensional space, comparative analysis, ranking, classification.