

Олещенко Л.М., аспірант, Україна, Національний авіаційний університет, E-mail: olm-86@mail.ru

### **Особливості використання природничих аналогій для моделювання соціально-економічних систем**

*У статті здійснено огляд напрямків впровадження методу аналогій в кількісних економічних дослідженнях та теоретично обґрунтовано доцільність застосування даного методу для моделювання економічних систем. Проаналізовано деякі приклади практичного використання фізико-математичних аналогій для описання економічних процесів і явищ та висвітлено переваги та деякі недоліки даного методу.*

**Ключові слова:** аналогія, метод аналогій, фізико-математичні моделі економічних процесів.

Zheleznyak O.O., a doctor of Physics and Mathematics, Professor, Ukraine, The National Aviation University, E-mail: oleg\_zheleznyak@yahoo.com

Oleschenko L.M., post-graduate student, Ukraine, the National Aviation University, E-mail: olm-86@mail.ru

### **The Features of the Natural Analogies Use for the Social-economic Systems Design**

*The article deals with the directions of the analogies method introduction in quantitative economic researches. The expedience of application of this method for the design of the economic systems is theoretically grounded. Some examples of the practical use of physic and mathematics analogies for description of economic processes and phenomena are analysed and the advantages and some defects of this method are pointed out.*

**Keywords:** analogy, analogies method, physics and mathematics models of economic processes.

#### **Постановка проблеми**

Одним із методів дослідження соціально-економічних систем є встановлення подібності їх ознак із закономірностями розвитку явищ у природі. Такий метод дозволяє описувати соціально-економічні процеси за допомогою природничо-математичних аналогій. На основі аналогії встановлюють статистичні закономірності, функціональні залежності, здійснюють умовиводи з певною вірогідністю. Економіко-математичні моделі соціально-економічних систем, створені на основі природничих аналогій, мають як внутрішні, так і зовнішні особливості, які зумовлені тим, що соціально-економічні системи існують у нестабільних умовах ринку та змінні у часі відносно використання наявних трудових, фінансових та матеріальних ресурсів. Застосування методу аналогій потребує вивчення обмежень, які виникають завдяки неповній тотожності розвитку природничих та економічних процесів, тобто виникають питання щодо адекватності таких співставлень та встановлення межі (границі), поза якою таке співставлення стає недоречним.

Аналізуючи існуючу літературу з даного питання було виявлено, що дослідники природничих аналогій економічних систем акцентують свою увагу перш за все на подібні властивості та закономірності досліджуваних явищ, не звертаючи особливої уваги на протиріччя та відмінності, що виникають при моделюванні складних явищ. Існує також проблема однозначності такого роду моделей, оскільки багато авторів, наприклад, різним фізичним величинам присвоюють зовсім різні за змістом економічні параметри і це зумовлює неоднозначність і суперечливість моделей.

Традиційний аналіз динаміки економічних процесів економіки переважно будується на основі досліджень статичних моделей, які за своїм змістом мають обмеження і можуть претендувати лише на початкову оцінку впливу різних чинників на тенденції розвитку. Виходячи з цього, для дослідження динамічних соціально-економічних процесів необхідно враховувати метод еволюційних природничо-математичних аналогій, які мають свої особливості та обмеження.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Розглядаючи історію розвитку економічної науки, можна помітити, що вона завжди супроводжувалась використанням методів більш розвинених, зокрема, природничо-

математичних наук, з метою більш точного і достовірного відтворення кількісних та якісних зв'язків та відношень економічних систем. Уперше фізичні аналогії в економіці почали використовувати дослідники Нового часу (XVII-XVIII ст.), це було зумовлено тим, що створення економічної теорії як цілісної науки здійснювалося значною мірою представниками природничих наук (наприклад, У. Петті – був доктором фізики, професором анатомії, Ф. Кене – лікарем за фахом тощо). В політичній економії природничо-математична аналогія як метод пізнання застосовувалась багатьма відомими дослідниками, наприклад, Ф. Кене визнавав, що його "Економічні таблиці" щодо процесу суспільного відтворення він склав по аналогії з кровообігом в людському організмі. Як відомо, сам термін «економіко-математичні методи і моделі» з'явився лише на початку ХХ ст., у цей час набула значного поширення методологія неопозитивізму, що ототожнювала внутрішню природу економічних і природничих процесів і явищ і, відповідно, переносила методи дослідження природничих наук на економічні процеси, а це, у свою чергу, сприяло вивченню аналогій між фізичними та економічними процесами. У 90-х роках ХХ століття у світовій науці з'явився і набув значного розвитку напрям досліджень під назвою «фізична економіка», що зосередив увагу на вивченні аналогій між законами фізики та законами економіки. На даний час фізико-математичним аналогіям в економічних дослідженнях присвячено багато робіт, наприклад, [1-7]. Для описання складних економічних систем використовують такі природничі аналогії, як термодинамічні, біологічні, гравітаційні та електромагнітні (Табл. 1):

Таблиця 1

<b>Біологічні аналогії</b>	
Модель популяції Мальтуса, динаміка популяцій	Зміна чисельності населення економічних регіонів, процеси конкуренції і кооперації
Завоювання живими організмами територій, що мають максимально сприятливі умови для існування	«Завоювання» сегменту ринку завдяки вигідним умовам спеціалізації, що розраховані на успішну реалізацію на певних територіях чи у сприятливих для збуту регіонах
Модель типу «хижак-жертва»	Моделі конкуренції сучасного ринку
<b>Термодинамічні аналогії</b>	
Перерозподіл енергії та імпульсів молекул, що стикаються	Перерозподіл товарів і грошей між учасниками ринку
Енергія	Потенційні матеріальні придбання
Ентропія	Варіативність матеріальних придбань
Температура	Розмір потенційних матеріальних придбань
Тиск	Готовність індивідів до потенційних матеріальних придбань
Сила	Індивіди, що прагнуть до матеріальних придбань
Робота	Реалізовані матеріальні придбання
Тепло	Втрати при розподілі
<b>Гравітаційні, електромагнітні аналогії</b>	
Гравітаційний потенціал	Модель демографічного потенціалу населення регіону

Продовж.Табл. 1

Закон Всесвітнього тяжіння, Закон Кулона	Моделі просторової взаємодії: рекреаційні, фінансові, товарних і пасажирських потоків, прокладання транспортної мережі, будівництва мережі складських і перевалочних баз та інших елементів транспортної системи виробництва, потоків і територіальної спрямованості міжміських телефонних переговорів, телеграм, термінових залізничних перевезень, грошових переказів, міграцій населення
Поле гравітації, напруги магнітного та електричного полів	Описання економічного потенціалу населення
Калібрувальна симетрія і закон збереження електричного заряду	У фінансах калібрувальна симетрія характеризує «взаємодію» між очікуваннями і перевагами інвесторів. Економіка є інваріантною щодо глобальної зміни в масштабі валюти
Статична рівновага	Задача планування виробництва

Особливістю створених економетричних моделей на основі аналогії з природничими моделями є те, що автори проводили зіставлення на основі тотожності математичних формулювань, виділяючи лише схожі властивості.

Основними напрямками розвитку фізичних аналогій на сьогодні виступають: дослідження динаміки прибутковості цінних паперів, розподіли багатства і доходів у суспільстві за допомогою методів статистичної фізики; застосування моделей квантової механіки для вивчення взаємодії економічних агентів (за аналогією із взаємодією елементарних частинок).

#### Мета дослідження

Метою даної роботи є аналіз особливостей використання природничо-математичних аналогій для дослідження економічних процесів, виявлення деяких переваг, недоліків та обмежень при застосуванні даного методу для моделювання економічних систем.

#### Основні результати дослідження

Соціально-економічні системи є складними для описання, тому часто неможливо вказати фундаментальні закони їх розвитку з причини браку знань про відповідні процеси і явища. Одним з плідних підходів до такого типу об'єктів є використання аналогій з уже вивченими явищами. Світ, що оточує людину, існує у єдності, дослідники ефективно використовують цю властивість природи, що виражається в універсальності математичних моделей. Для економіста знайомство з природничими науками - це, перш за все, можливість визначити місце своєї науки в процесі пізнання, виявити її специфіку, зокрема зрозуміти, чи є низькі прогностичні якості економічних досліджень наслідком недостатньої вивченості об'єктів або зумовлюються специфікою аналізованого середовища.

Поняття “аналогія” (грецьк. *analogia* - схожість, відповідність, пропорція, правильне співвідношення) вживається у двох значеннях: як **метод дослідження** явища і як **форма умовиводу**. В основі *методу аналогії* лежить логічна дія порівняння, за якою встановлюється схожість чи відмінність предметів та явищ за певними ознаками (кількісними, якісними). Аналогія є науковою основою моделювання. Аналогія нерозривно пов'язана з моделлю, це середня опосередкована ланка між моделлю і об'єктом, оскільки дозволяє зіставляти різні об'єкти, виявляти та аналізувати об'єктивну схожість певних властивостей, відношень, властивих цим об'єктам. Способи створення моделей є різні: фізичний, математичний, фізико-математичний тощо.

Серед різноманіття класифікацій та видів математичних моделей особливу роль відіграють лінійні та нелінійні моделі економічних систем. Для **нелінійних** моделей, математичні моделі яких, на відміну від **лінійних**, не задовольняють принцип суперпозиції, знання про поведінку частини об'єкта ще не гарантує знання поведінки усього об'єкта, а його реакція на зміну умов може кількісно залежати від амплітуди цієї зміни.

Фундаментальні закони природи – закон тяжіння та закон Кулона – нелінійні (як квадратичні залежності сили взаємодії між масами або зарядами), тому моделі, що на них спираються, також нелінійні. Нелінійність законів та закономірностей в соціально-економічних системах спричинюється взаємодією виробників та споживачів на ринку товарів і послуг, а також втручанням у цей процес державного управління. Більшість реальних процесів і відповідних їм математичних моделей нелінійні. Лінійні моделі відповідають переважно частинним випадкам і є дуже наближеними, їх доцільно використовувати лише для грубих оцінок параметрів соціально-економічних систем.

Як *форма умовиводу*, аналогія пов'язана з **традукцією** - перенесенням відношень (властивостей, функцій тощо) від одних предметів на інші. Традуктивний спосіб міркувань використовується при зіставленні різних предметів за кількістю, якістю, просторовим положенням, тимчасовою характеристикою, поведінкою, функціональним параметрам структури тощо. Для підвищення вірогідності висновків за аналогією слід встановлювати якнайбільше загальних ознак порівнюваних предметів, чим більше схожих ознак виявлено у предметів, тим вище ступінь імовірності висновку, при чому загальні ознаки порівнюваних предметів повинні бути для них специфічними, характерологічними, чим тісніше зв'язок порівнюваних ознак між собою і тією ознакою, що переноситься на досліджуваний предмет, тим вищий ступінь імовірності висновку. Чим менш істотні ознаки, по яких предмети відрізняються, тим більше ймовірний висновок.

У дослідженнях слід враховувати не лише подібність ознак предметів, а й їх **відмінності**, відмітні ознаки порівнюваних предметів за своїм характером мають бути необхідними для даного предмета. У випадку, коли вони випадкові та неістотні, вони не впливатимуть на ступінь імовірності за аналогією. Більше того, відмітні ознаки предмета можуть бути несумісними і перебувати у відношенні суперечності з тими, які приписуються даному предмету. Об'єктивною підставою для висновків за аналогією виступають наявні в реальній дійсності необхідні зв'язки та відношення між ознаками соціально-економічних явищ, при чому рівень вірогідності тим вищий, чим більше охоплено схожих ознак і чим суттєвіші ці ознаки у порівнюваних об'єктах. Аналогію застосовують переважно на ранніх етапах пізнання соціально-економічних процесів та явищ, коли висувуються припущення. Неповторність соціально-економічних явищ зумовлює те, що суспільні аналогії важче довести, ніж аналогії природничих явищ. Тому економічні аналогії дають знання певного ступеня імовірності, які можуть перетворюватися на достовірні при умові системного застосування у процесі наукового дослідження різних форм умовиводу — індукції, абдукції та дедукції. Здійснення дослідження за аналогією є складним цілеспрямованим розумовим процесом, в якому застосовуються у єдності і взаємопроникненні прийоми аналізу і синтезу.

Учені, що працюють у сфері природознавства, техніки й математики, виконують у своїх областях знань такі дослідження, які мають безпосереднє відношення до еволюції соціально-економічної системи. Підтвердженням цього є взаємопроникнення між методами соціально-економічними і природними науками. Експериментальний метод дослідження і точні кількісні методи широко використовуються у пізнанні закономірностей соціальних явищ. Природничо-математичні методи і моделі продемонстрували свою плідність при вивченні різноманітних соціальних явищ - демографічних, політичних, соціально-економічних. Метод аналогії дозволяє перенести в область соціально-економічних наук багато ідей синергетики, що стосуються трактування ролі нестійкості і випадковості в процесах еволюції, які досліджуються за допомогою динамічних моделей.

Багато фізичних процесів ґрунтовно і всебічно вивчені на основі застосування нестационарних та нелінійних математичних рівнянь, а економічні моделі не у повній мірі відображають динаміку та вагомі особливості економічних систем. Якщо розглядати процеси конкуренції і кооперації, стає зрозуміло, що вони виступають єдиним взаємообумовленим діалектичними процесом, оскільки конкуренція, що підсилюється у світі на різних рівнях, приводить до посилення коопераційних процесів. Адекватним підходом до моделювання цих

процесів є теорія автономних нелінійних динамічних систем з використанням аналогії з популяційною динамікою. Зокрема, для двовимірного випадку:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x(a - bx + cy), \\ \frac{dy}{dt} = y(e + fx - gy). \end{cases}$$

де  $a, e = \text{const} > 0$  - коефіцієнти росту фазових змінних  $x$  і  $y$ ;  $b, g = \text{const} > 0$  - коефіцієнти внутрішньовидової конкуренції;  $c, f = \text{const} > 0$  - коефіцієнти міжвидової кооперації;  $c, f = \text{const} < 0$  - коефіцієнти міжвидової конкуренції. Дана логістична модель росту, що лежить в основі динамічної системи, для трьох кумулятивних характеристик – чисельність населення, національний капітал, інноваційно-інвестиційні процеси – може лежати в основі загальної системи рівнянь економічної динаміки. Модель популяції одразу перетвориться у нелінійну, якщо врахувати обмеженість доступних для популяції ресурсів.

Окрім проведення аналогії між положеннями, раніше сформульованими фізиками, і економічною проблематикою, дослідники шукають області, в яких зроблені економістами відкриття можуть сприяти подальшому просуванню у фізиці. Наприклад, існує припущення, що математичне пояснення таких ефектів, як дефолт або пробій курсу акцій, зможе пролити світло на ряд ефектів у квантовій теорії рідини і на невідомий фізикам до теперішнього часу ефект фазового переходу нульового роду.

Відносна обмеженість можливостей окремих методів аналізу економіко-транспортних зв'язків привела вчених до пояснення загальних закономірностей територіальної організації виробництва просторових взаємозв'язків і взаємообміну за допомогою гравітаційних моделей, а також моделей потенціалів просторової взаємодії. Якщо розглядати закон гравітації у фізиці, то маси там є сталими величинами, а в економетричній гравітаційній моделі відповідні «маси» змінюються з часом, оскільки існує динаміка чисельності населення, відбуваються зміни економічних ресурсів різних регіонів держави.

Цікавою і водночас суперечливою виступає аналогія між механізмом роботи ринку в економіці та закономірностями термодинаміки. Учасники ринку взаємодіють між собою подібно молекулам. Якщо молекули, стикаючись, перерозподіляють свої імпульси і енергію, то при здійсненні операцій між учасниками ринку відбувається обмін товарами, грошима і послугами. Не дивлячись на існування видимих паралелей між дисциплінами і на можливість формалізації економічних проблем в рамках моделей, що описуються природничими науками, залишається сумнівним, чи буде це сприяти просуванню в розумінні процесів, що вивчаються економікою. Так, гроші в тому вигляді, в якому вони присутні в рамках мікроекономічних моделей, мають певні властивості елементарних частинок. Проте якщо брати гроші як єдиний агрегат (з чим має справу макроекономіка), можна помітити, що вони володіють рядом нових якостей, не властивих фізичним частинкам.

### **Висновки**

Метод аналогії як перенесення інформації про одні об'єкти на інші є гносеологічною основою моделювання. Сутність цього методу полягає у відтворенні властивостей об'єкта дослідження на спеціально створеному аналогові – моделі. Наукова аналогія є висновком, в ході якого на підставі виявлення схожості або спільності ряду істотних ознак у двох об'єктів або часткової тотожності співвідношень їх елементів і обліку відмінностей між ними в інших відносинах робиться вивід про те, що одному з них властиві такі властивості, які виявлені при дослідженні іншого об'єкту (моделі). Економіка успішно використовує різні гілки природничих наук для чіткого формулювання розмитих термінів економіки і пошуку між ними кількісних та якісних співвідношень. Вивчення аналогій, крім розширення світогляду, дозволяє використовувати досягнення більш розвинених природничих наук для кращого розуміння ідей та методів в умовах сучасної ринкової економіки. Математичні моделі економічних об'єктів, що важко формалізуються, завжди містять у собі неповні або не повністю відомі характеристики поведінки живих істот, тому до них не зовсім доцільно пред'являти вимоги щодо адекватності і точності, характерні для моделювання проблем

технології та природознавства. Однак і у вищих ступенях складності даної сфери аналіз, прогнозування і прийняття рішень переважно ґрунтуються на використанні таких основоположних методів, як метод аналогії та подібності між природничими та економічними явищами. Застосування методології математичного моделювання з використанням природничих аналогій і обчислюваного експерименту є необхідним і важливим в даній області досліджень. При використанні природничих аналогій для моделювання економічних систем слід більше звернути увагу на відмінні риси співставлюваних явищ, а також враховувати нелінійність і динамічність, складність і багатофакторність економічних систем.

### **Література**

1. Абрамов А. П., Иванилов Ю. П. Физика и математическая экономика.— М.: Знание, 1991.— 48 с.— (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Математика, кибернетика»; № 8).
2. Веников В.А. Теория подобия и моделирования / М.: Высшая школа 1986 г. – 480с.
3. Батороев К.Б. Аналогии и модели в познании / Новосибирск. Наука 1981 г. – 320с.
4. Долішній М.І., Стадницький Ю.І., Загородній А.Г., Товкан О.Е. Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка: Навчальний посібник — Львів: Національний університет „Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр „ІНТЕЛЕКТ” Інституту післядипломної освіти), „Інтелект-Захід”, 2003. – 256 с.
5. Конторов Д.С., Михайлов Н.В., Саврасов Ю.С. Основы физической экономики (Физические аналогии и модели в экономике.) – М.: Радио и связь, 1999. – 184 с.
6. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 320 с.
7. Цирлин А.М. Методы оптимизации в необратимой термодинамике и экономике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 416 с.