

ТЕОРІЯ ФРАКТАЛІВ І ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІКИ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ



Г.А. Цихан

Теорія фракталів займає важливе місце в розвитку синергетики – наукового напрямку, який об'єднує дослідження загальних закономірностей процесів самоорганізації складних систем довільної природи. Термін «синергетика» був введений німецьким ученим Германом Хакеном у 1970 р. і визначався як нова галузь науки, яка займається дослідженням колективної, комплексної поведінки систем [1].

Історія розвитку синергетики пов'язана з іменами вчених Б. Мандельброта, Д. Рюеля, Ф. Такенса, Л. Шильникова, Р. Тома, В. Арнольда, які здійснили значний внесок у вивчення процесів самоорганізації складних систем [2–5]. Особливе значення у становленні синергетики як науки набули розвиток теорії фракталів і теорії динамічного хаосу.

Засновником теорії фракталів став Бенуа Мандельброт, який у своїй книзі «Фрактальна геометрія природи» надав докази існування фрактальних об'єктів у природі і навів велику кількість зображень різних фрактальних множин [6]. Завдяки розробленій ним теорії було знайдено ефективну форму описання структур динамічного хаосу, а також рішення проблеми ефективного стискання інформації при розпізнаванні і збереженні зображень.

Універсальність властивостей фракталів, що забезпечують єдиний підхід до аналізу систем різної складності, обумовила значний інтерес науковців стосовно їхнього використання, перш за все, у таких галузях природничих наук, як фізика, біологія, хімія, інформатика тощо. Застосування фрактального аналізу в економіці було започатковано дослідженнями Б. Мандельброта, Р. Л.Хадсона, Е. Петерса, Б. Вільямса і стосувалося динаміки фінансових і торговельних ринків [7–9]. У роботах А. Алмазова, О. Михайловської, А. Воробйова та інших були розглянуті особливості застосування теорії фракталів у вирішенні більш широкого кола задач економічного аналізу [10–12].

Незважаючи на певні успіхи у цій сфері, проблема розвитку і поширення механізму фрактального

аналізу динаміки складних економічних процесів залишається актуальною.

Метою статті є розгляд основних понять теорії фракталів і визначення можливості її застосування в галузі макроекономічних досліджень, зокрема для аналізу моделей циклічного розвитку економіки.

Слід зазначити, що термін «фрактал» не має загальноновизнаного математичного визначення. Фракталом є об'єкт, який:

- має нетривіальну структуру на всіх масштабах розгляду. Відомо, що коли розглядати невеликий фрагмент класичної геометричної фігури (лінія, коло, еліпс тощо) у великому масштабі, то можна помітити, що він буде схожий на фрагмент прямої. Для фракталу збільшення масштабу не спричинить спрощення структури, тобто на всіх масштабах ми будемо бачити однаково складне зображення;

- є самоподібним або приблизно самоподібним за своєю структурою;

- має не цілу, а дробову метричну розмірність або метричну розмірність, яка перевищує топологічну;

- може бути побудований за допомогою рекурсивної процедури.

У природі багато об'єктів мають фрактальні властивості, наприклад берегова лінія, хмара, крона дерева, кровоносна система людини тощо. Типовим прикладом абстрактного фракталу є модель Бенуа Мандельброта, яка вже стала класичною. Модель описує фрактал, який визначається як множина точок C на комплексній площині, для яких наведена нижче ітеративна послідовність не сягає до нескінченності:

$$z_0 = 0$$

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

У моделі Бенуа Мандельброта фактором, що змінюється, є початкова точка C , а параметр Z є залежним. Тому для побудови цього фракталу існує правило: початкове значення Z дорівнює нулю ($z_0=0$). Це означає, що в початковій точці функція має мінімальне значення, а в подальшому вона прийматиме тільки більші значення. Для кожної точки C в деякому інтервалі обчислюється рекурсивна функція. Після N повторень даної процедури на комплексній площині з'явиться складна геометрична фігура, яка нагадує звичайну грушу.

Дві найбільш важливі характеристики фракталу – це так звана «ламана» структура і властивість само-

подібності (або масштабної інваріантності).

Математичне тлумачення «ламаної» структури фракталу означає відсутність похідної в кожній точці злому.

Самоподібність означає, що фрагмент структури такого об'єкта схожий на деяку свою частину чи навіть структуру в цілому. З іншого боку, самоподібність фракталу означає деформовану схожість між різними фрагментами структури.

Якщо припустити, що скільки-небудь мала частина фрактальної лінії містить зменшену копію всієї лінії, це означає, що вона складається не з точок, а з функцій. Тобто, фрактальна лінія – це вже не лінія в евклідовому сенсі, а дещо більше. І в той же час, фрактальна лінія – це ще не поверхня розмірності 2. Аналогічним чином можна визначити і фрактальні поверхні: це не поверхня виміру 2, але ще не об'ємне тіло розмірності 3.

Залежно від ознаки самоподібності фрактали поділяються на лінійні і нелінійні. Лінійні мають ознаку самоподібності в чистому вигляді – будь-яка частина є точною копією цілого; нелінійні – більш різноманітні і не мають точної ознаки самоподібності, оскільки в них частина є не точною, а деформованою копією цілого.

Ще одним типом фракталів є стохастичні фрактали, які утворюються у випадку, коли в ітераційному процесі довільним чином змінюється значення якогось-небудь параметра [13]. При цьому утворюються об'єкти, які дуже схожі на природні – дерева з нечіткою формою, ламані берегові лінії тощо. Двовимірні стохастичні фрактали використовуються під час моделювання рельєфу місцевості і поверхні моря.

Розроблена Бенуа Мандельбротом фрактальна геометрія надала витончений і компактний математичний інструмент для описування складних систем. Можна визначити, що фрактальні структури ілюструють внутрішній, відмінний від рівноваги, стан системи, що балансує між порядком і хаосом. Щоразу, коли змінюється масштаб розгляду складної системи, фрактальний аналіз дає змогу в наявній хаотичності визначити закони зростання і розвитку нової фрактальної структури.

Поява фрактальної геометрії Бенуа Мандельброта сприяла подальшому інтенсивному розвитку теорії фракталів. Багатьом дослідникам ця теорія надала можливість побачити об'єкти їхніх досліджень під новим кутом зору. Виявилось, що природа досить часто проявляє себе у фрактальних формах. Завдяки розвитку теорії фракталів одна за одною почали з'являтися наукові роботи, в яких оголошувалося про виявлення фрактальних властивостей різних об'єктів. Так, була вивчена форма: хмар і хмарових зон над поверхнею Землі; хвиль в океані; розломів твердих зразків мінералів тощо. Крім того, універсальність властивостей фрактальних структур викликала зна-

чний інтерес науковців стосовно їхнього використання в макроекономічному аналізі процесів циклічного розвитку економіки.

З кінця XIX – початку XX ст. увага багатьох економістів була зосереджена на вивченні циклічних закономірностей економічного розвитку держави. Так, у цей період французьким ученим Клементом Жюгларом було зроблено визначення середньострокового економічного циклу (7-12 років), який згодом був названий його іменем. Цей вчений зробив великий внесок у вивчення природи циклічного розвитку промисловості Франції, Великої Британії і США на основі фундаментального аналізу коливань процентних ставок і цін. Як згодом виявилось, ці коливання співпадають з циклами інвестицій, які у свою чергу впливають на зміну таких макроекономічних показників, як ВВП, інфляція, зайнятість [14].

У 1920-х роках американський учений Джозеф Кітчин визначив короткострокові економічні цикли (3-4 роки) і продемонстрував їхню наявність в економіці США. Майже в той же час у Радянській Росії видатним ученим М. Д. Кондратьєвим було емпірично доведено існування довгострокових коливань – великих циклів кон'юнктури [15]. Із застосуванням методів математичної статистики він обробив значну кількість економічних показників (індекси цін, показники державного боргу, номінальної заробітної плати, зовнішньоторгового обороту, видобутку вугілля, золота, виробництва зерна, свинцю, заліза тощо) за півтора століття в чотирьох найбільш розвинутих країнах світу – США, Англії, Франції, Німеччині. У результаті М. Д. Кондратьєвим були визначені три великі економічні цикли, які отримали назву довгих хвиль Кондратьєва:

1-й – з кінця XVIII до середини XIX ст.;

2-й – з середини до кінця XIX ст.;

3-й – з кінця XIX до середини XX ст.

Довгі хвилі Кондратьєва складаються з послідовних фаз розвитку економіки (підйом кон'юнктури, її пік, спад і очікування (пошук) нової кон'юнктури) шляхом упровадження у виробництво нових провідних технологій. Так, перша хвиля економічного зростання була викликана бурхливим розвитком текстильної промисловості на базі масового впровадження парових машин; друга – зростанням сталеливарної промисловості, третя – пов'язана зі збільшенням видобутку нафти, поширенням виробництва електроенергії і розвитком автомобільної промисловості.

На основі досліджень М. Д. Кондратьєв зробив передбачення майбутньої економічної кризи 1930-х років, відомої як «велика депресія».

Теорія довгих хвиль М. Д. Кондратьєва дала поштовх для подальших досліджень циклічності економічного розвитку. Перед початком другої світової війни видатний учений Йозеф Шумпетер розвинув

цю теорію, визначивши імпульси інновацій, що задають циклічність розвитку всієї економічної системи. Створення нових технологій він характеризував як власне інноваційний процес, а їхні запозичення – як процес імітації. Таким чином, економічний процес включав у себе дві часові компоненти: інноваційну й імітаційну. Якщо в теорії М. Д. Кондратьєва цикл розглядається як один хвилеподібний рух, то Йозеф Шумпетер висунув гіпотезу, що цей цикл у свою чергу має містити нескінченну кількість циклів [16]. У цій гіпотезі він фактично передбачив існування фракталів Бенуа Мандельброта, відкритих лише через 30 років.

У своєму дослідженні Йозеф Шумпетер обмежився розглядом трициклічної схеми розвитку економіки. Він запропонував прийняти без доказів, що кожен цикл Кондратьєва (48-60 років) може містити ціле число циклів Жюглара (7-12 років), кожен з яких у свою чергу містить ціле число циклів Кітчина (3-4 роки).

Згодом взаємозалежність циклічних моделей економічного зростання була підтверджена угорським економістом Б. Шипошом, який виявив таку закономірність: два цикли меншої довжини утворюють один більш довгий цикл. Так, два цикли Кітчина утворюють цикл Жюглара; два цикли Жюглара – цикл Кузнеця; два цикли Кузнеця – цикл Кондратьєва [17]. Таким чином було доведено, що в економічному зростанні є певна послідовність. Кожний етап економічного зростання визначає цілісну динамічну самоподібну систему, тобто є просторово-часовим фракталом.

Дослідження німецького вченого Герхарда Менша доповнили інноваційну теорію Шумпетера, унаслідок чого цикл Кондратьєва було розкладено на частини:

- короткострокову – «патову» (перехідно-депресивну);
- середньострокову – інноваційну (революційно-оновлювальну);
- довгострокову – імітаційну (еволюційно-застійну).

Герхард Менш виконав аналіз завершеного в 1948 р. третього циклу Кондратьєва і зробив прогноз стосовно того, що четвертий цикл, пов'язаний з розвитком авіа- і ракетобудування, появою електроніки, комп'ютерів, інформатики, закінчиться в 1994 р. Він перший передбачив затяжний характер кризи 1970-х років, назвавши її «технологічним патом» і довів, що вихід з кризи неможливий без кардинальних змін існуючих технологій. Розрізняючи такі види інновацій, як базові (інновації, які породжують нові галузі), поліпшуючі (інновації в уже існуючих галузях) і «псевдоінновації» (за умови насичення ринку), Герхард Менш запропонував нову теоретичну модель довгих хвиль – модель «метаморфоз», яка об'єднує складові інноваційного потенціалу і можливості ринку з його використання.

Дослідження Герхарда Менша викликали появу

нових теоретичних і емпіричних праць, присвячених виникненню кластерів інновацій. Найбільш помітними послідовниками Герхарда Менша стали голландський економіст Альфред Кляйкнехт і англійський економіст Кристофер Фрімен.

Висновки

Отже, можна відмітити, що дослідження на основі теорії довгих хвиль Кондратьєва сприяли появі ряду самостійних теорій циклічного розвитку економіки, які доповнювали одна одну або конкурували між собою. Серед них слід згадати інноваційну теорію Й. Шумпетера, теорії циклічного розвитку С. Кузнеця, Г. Менша, А. Кляйкнехта, Дж. Ван Дайна, теорію технологічного укладу С.Ю. Глазьева та ін. [18].

Проте до цього часу в економічній науці немає єдиної теорії циклічного економічного розвитку. Існуючі теорії визначають різні причини циклічного розвитку економіки, однак часто це лише різні аспекти одного і того ж процесу. Незважаючи на відносну самостійність, у кожній з них фактично підтверджується фрактальний характер циклічного розвитку економіки як складної відкритої нелінійної системи. У зв'язку з цим можна зробити висновок про актуальність дослідження різноманітних теорій циклів методами, які б надали можливість здійснити комплексний аналіз загальних і специфічних форм прояву циклів, викликаних закономірностями функціонування і розвитку сучасних економічних систем. Такий комплексний аналіз може базуватися на використанні математичної теорії фракталів.

Зважаючи на універсальність властивостей фрактальних структур, можна стверджувати, що застосування теорії фракталів забезпечить не тільки єдиний підхід до проведення аналізу теорій циклічного розвитку, але й значно розширить інструментарій математичного моделювання і прогнозування на макрорівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействиях. – М.: Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
2. *Сугаков В. Й.* Основы синергетики. – К.: Обереги, 2001. – 287 с.
3. *Кронвер. Р. М.* Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
4. *Рюэль Д., Такенс Ф.* О природе турбулентности // Странные аттракторы / Под. ред. Я. Г. Синая, Л. П. Шильникова. – М.: Мир, 1981. – С. 117–151.
5. *Арнольд В. И.* Теория катастроф. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 128 с.
6. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
7. *Мандельброт Б., Хадсон Р. Л.* (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах. – М.: Вильямс, 2006. – 400 с.
8. *Петерс Э.* Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории хаоса в инвестициях и экономике. – М.: Интернет-Трейддинг, 2004. – 304 с.
9. *Вильямс Б., Грегори-Вильямс Д.* Торговый хаос II. – М.: ИК

«Аналитика», 2005. – 208 с.

10. Алмазов А. А. Фрактальная теория рынка Fogex. – М.: Адмирал Маркетс, 2009. – 291 с.

11. Михайловська О. В. Самоорганізація світового інвестиційного процесу в умовах глобалізації: можливості фрактального аналізу // Актуальні проблеми економіки. – 2009. – №1. – С. 218–228.

12. Воробьев А. Д. Использование фрактальной теории в стратегическом планировании и управлении // Менеджмент в России и за рубежом, 2006. – №1. – С. 178-188.

13. Морозов А. Д. Введение в теорию фракталов. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 160 с.

14. Небава М. І. Теорія макроекономіки: навч. пос. для вузів. –

К.: Слово, 2003. – 536 с.

15. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. – М.: Экономика, 2002. – 767 с.

16. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / предисл. В. С. Автономова. – М.: ЭКСМО, 2007. – 864 с.

17. Лавров Е. И., Капогузов Е. А. Экономический рост: теории и проблемы: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2006. – 214 с.

18. Кономалова М. Е. Научно-технический прогресс как структурообразующий фактор воспроизводственного процесса // Проблемы современной экономики. – 2008. – №3 (27). – С. 71–76.

УДК 37.014.5

ОСВІТНІ ПОСЛУГИ В УКРАЇНІ: ЕКОНОМІЧНА ПРИРОДА І СУПЕРЕЧНОСТІ РОЗВИТКУ



Ю.В. Гава, канд. екон. наук

Актуальність теми. У сучасних умовах стабільність функціонування будь-якої економічної системи пов'язана з розвитком системи освіти, яка не лише забезпечує підвищення якісного потенціалу робочої сили, а все більше набуває статусу окремої сфери економіки. Ринок освітніх послуг в Україні розвивається швидкими темпами і пов'язаний зі збільшенням чисельності учнів і студентів, відкриттям нових навчальних закладів. Унаслідок цього зростає роль і значення освітньої сфери України як чинника сталого економічного зростання. Виникає необхідність аналізу не лише кон'юнктури ринку освітніх послуг, а розуміння її економічної природи в цілому.

Деякі освітні заклади вже роблять перші спроби в напрямі визначення власного місця і ролі в системі освітніх послуг. Такий підхід дає змогу навчальному закладу набутися або виокремити ті специфічні можливості, що недостатньо використовуються на ринку. Відсутність орієнтованих на цю сферу діяльності науково-методичних підходів спричинює епізодичне використання окремих елементів у сучасних дослідженнях, що не дає відчутних результатів. У той же час недостатнє вивчення кон'юнктури ринку освітніх послуг призводить у ряді випадків до нераціональних витрат на підготовку фахівців.

Дослідження кон'юнктури ринку освітніх послуг знайшли відображення в наукових працях зарубіжних і вітчизняних учених-економістів: А. Вагнера, П. Гей-

ка, Б. Дейвіса, П. Друкера, В. Зомбарта, В. Н.Зотова, Л. Елісона, Ф. Лассалья, Д. Макдугалла, Д. Маккорта, П. Момберта, М. Портера, В. Репке, А. Бутенка, С. Гаркавенко, В. Карпова, Є. Крикавського, В. Кучеренка, Л. Іванової, А. Панкрухіна, С. Скибінського, В. Сотникова, А. Старостіної, Д. Штефаніча. Проте в працях цих науковців досліджується ринок освітніх послуг у контексті елементів комплексу маркетингу і відповідно до цього аналізується діяльність навчальних закладів. Мало уваги приділяється питанням збалансованості попиту і пропозиції освітніх послуг навчальних закладів. Недостатньо висвітлені фактори, що визначають кон'юнктуру цього ринку, відсутнє прогнозування динаміки розвитку сфери. Все це обумовило вибір теми дослідження, її актуальність, мету і завдання.

Мета роботи – дослідження економічної природи освітніх послуг, визначення закономірностей і особливостей цього розвитку в Україні.

Відповідно до цього поставлені і вирішені такі її завдання:

- визначити економічну сутність освітніх послуг;
- дослідити кон'юнктуру ринку освітніх послуг;
- виокремити й дослідити фактори впливу на попит на освітні послуги.

Виклад основного матеріалу. В умовах перехідної економіки найбільший інтерес для освітніх закладів становить вивчення кон'юнктури ринку і попиту на освітні послуги, оскільки вирішального значення для соціально-культурного і економічного розвитку суспільства набуває входження освіти в систему ринкових відносин. З огляду на це актуальною проблемою є виявлення характеру попиту на освітні послуги.

Створення ринку освітніх послуг є одним із пріоритетів державної політики щодо розвитку освіти нашої держави, проте механізми функціонування