

УДК 336.018

Д. Д. Полагнин, аспірант

ДВНЗ «Університет банківської справи», м. Київ, Україна

ЕКОНОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ ОБМІННОГО КУРСУ

Д. Д. Полагнин, аспирант

ГБУЗ «Университет банковского дела», г. Киев, Украина

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБМЕННОГО КУРСА

Dmytro Polagnyn, PhD student

SHEI «Banking University», Kyiv, Ukraine

ECONOMETRIC MODELS OF THE EXCHANGE RATE

У статті розкрито сутність, значення та принципи формування економетричних моделей дослідження економічних процесів. Розглянуто економетричні моделі визначення та поведінки обмінного курсу та підходи до їх класифікацій. Обґрунтовано доцільність використання окремих методів математичного моделювання та надано характеристики їх прикладного характеру. Визначено, що не існує певної адекватної економетричної моделі оцінки обмінного курсу через його волатильність та значні коливання факторів впливу на нього.

Ключові слова: економетрична модель; обмінний курс; авторегресія; адаптивна модель; фрактальний аналіз.

В статье раскрыта сущность, значение и принципы формирования економетрических моделей исследования экономических процессов. Рассмотрены економетрические модели определения и поведения обменного курса и подходы к их классификации. Обоснована целесообразность использования отдельных методов математического моделирования и охарактеризованы их прикладного характера. Определено, что не существует определенной адекватной економетрической модели оценки обменного курса через его волатильность и значительные колебания факторов влияния на него.

Ключевые слова: економетрическая модель; обменный курс; авторегрессия; адаптивная модель; фрактальный анализ.

The essence, values and principles of formation of econometric models of economic processes research are revealed in the article. Econometric models of exchange rate definition and behavior and approaches to their classifications are considered. The expediency of using separate methods of mathematical modeling is substantiated and the characteristics of their applied character are given. It is determined that there is no adequate econometric model of exchange rate estimation due to its volatility and significant fluctuations of its influence factors.

Keywords: econometric model; exchange rate; auto-regression; adaptive model; fractal analysis.

JEL Classification: C50; E10; E42; E50; E59

Постановка проблеми. Проблеми дослідження формування та динаміки обмінних курсів є актуальними через їхню непередбачуваність та складність прогнозування. Одним із методів дослідження процесів коливання валютних курсів є моделювання. По суті, модель – це такий специфічний інструмент, який орієнтується на аналізі зв'язків і процесів, що становлять предмет дослідження з визначенням прогнозу подальшої поведінки.

Визначення оптимального валютного курсу в умовах формування рівноваги економіки є важливою складовою планування та пошуку шляхів мінімізації валютних ризиків. У такому випадку виникає необхідність структурувати економетричні моделі визначення, динаміки та прогнозування обмінного курсу та надати їм якісну характеристику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання валютних курсів досліджували багато вітчизняних та іноземних науковців. Серед учених, які розглядали моделі формування та динаміки валютного курсу, варто виділити Є. Балацького, М. Панфілова, С. А. Кучеренка, Д. Френкеля, Д. А. Олейніка, С. Н. Четверікова, Г. Г. Карасьова, О. А. Сергієнка, М. С. Татар, О. В. Кривди, Д. П. Романової тощо. Моделювання економічних процесів у своїй працях відображали О. В. Кривда, Ю. В. Сидоренко, Д. П. Романова, Ю. В. Сидоренко, О. С. Каленюк, Р. В. Руська, М. М. Кривобочек, О. Е. Корнійчук. Креаторами нової емпіричної макроекономіки виступають Т. Сарджент та К. Сімс.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Незважаючи на широкий спектр моделювання взаємозв'язку валютного курсу та інших фундаментальних чинників, узагальненого підходу щодо доцільності використання тих чи інших

економетричних моделей обмінного курсу з якісної позиції немає. Тому систематизація математичних підходів до моделювання обмінного курсу потребує більш детального вивчення та структурування.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є структурування, аналіз та дослідження основних економетричних моделей формування та динаміки валютного курсу в різних економічних умовах.

Виклад основного матеріалу. «Економетрична модель – це рівняння чи система рівнянь, що описує кореляційно-регресійний зв'язок між економічними показниками, один чи кілька з яких є залежними змінними, інші — незалежними» [10, с. 27].

Знання у сфері математичного моделювання економічних процесів розвитку та динаміки значно змінили уявлення про взаємозв'язок окремих їх елементів та адекватність самих моделей. Очевидно, що використання економетричних моделей в економіці дає змогу оцінювати динаміку економічних індикаторів та прогнозувати їхню поведінку в майбутньому.

Будь-яке економетричне дослідження здійснюється на основі математичних методів та статистичних даних. Основними принципами економіко-математичного моделювання є масовість та багаторазовість спостережень за економічними даними. Статистичні дані, у свою чергу, повинні враховувати два чинники: час та структуру. Аналіз отриманих статистичних даних та прийняття ймовірних рішень може здійснюватись на інтуїтивному або економетричному рівні. Інтуїтивна складова аналізу формує певну неявну (експертну) модель (логічну чи нелогічну), а економетрична – кількісну (явну та математично доведену).

Звісно, що не має єдиного підходу в цьому питанні. Зокрема, окремі науковці зазначають, що найбільш поширеними типами моделювання є:

- системне моделювання – дозволяє опрацьовувати змістові та формалізовані засоби представлення системи. Системний підхід формалізовує процеси при вивченні різних систем зі значною кількістю змінних;
- імітаційне моделювання – дозволяє досліджувати складні процеси з врахуванням менеджерських рішень в умовах невизначеності. Імітаційний підхід, на відміну від інших, дає можливість розглянути певну кількість альтернативних варіантів, що значно покращує прогнозні значення. Такі моделі можуть використовуватись для складних соціальних та економічних процесів, які мають вплив на економічне зростання та добробут населення [4, с. 484].

Крім наведеної класифікації моделювання, є ще й інші. М. Панілов визначає два підходи в моделюванні обмінного курсу:

- нормативний (визначення валютного курсу з погляду проведення оптимальної економічної політики);
- позитивний (дослідження валютного курсу як об'єктивної даності, його пояснення і прогнозування). Основні напрями в розвитку теорій валютного курсу згруповано ним згідно з указаними підходами в моделюванні [8, с. 57].

Р. В. Руська з позиції економетрики розрізняє:

- детерміністичне моделювання – описує закономірності в кожному окремому елементі вибірки, з чітким механізмом встановлення причин поведінки кожної одиниці сукупності. Такі моделі називаються динамічними (з твердою детермінацією);
- стохастичне моделювання– оцінює ймовірність випадковості величини, за якої важливо виявити тенденції таких випадкових відхилень. До методів побудови стохастичних моделей відносять кореляційний та регресійний аналіз [10, с. 8].

Якщо для неринкової економіки достатньо тільки детерміністичних моделей, бо тут результати вже наперед є відомими, а модель служить тільки для його обґрунтування, то в умовах ринку результати є невідомими, а отже, чинник «ймовірності» враховувати просто необхідно.

Моделювання визначення, динаміки та прогнозування обмінного курсу є надзвичайно складним через різноманіття чинників впливу на нього. Наприклад, є фундаментальні, кон'юктурні, технічні фактори тощо.

Класичні методи математичного моделювання, які використовуються науковцями та фахівцями у сфері курсоутворення, здебільшого ґрунтуються на лінійній регресії, що часто викликає питання до адекватності таких моделей (чутливість тренду до незначних коливань тих чи інших змінних може бути слабкою). Тому такий факт «визначив необхідність фундаментального перегляду лінійної концепції та перехід до так званої нелінійної парадигми в математичному моделюванні (малі коливання вхідних даних чи значень змінних динамічної системи можуть катастрофічно великою мірою змінювати її траєкторію в силу складності самої системи та хаотичності її поведінки)» [12, с. 165]. Власне, описана парадигма має прикладну цінність через адекватність відображення різних специфічних даних щодо невизначеності, руху (динаміки), структури, ієрархії, які притаманні валютно-фінансовим, соціально-економічним та іншим системам. На думку О. В. Кривди та Ю. В. Сидоренко, така нова парадигма зумовила «необхідність створення принципово нових інструментальних засобів математичного моделювання, зокрема таких, як фрактальна геометрія та фрактальний аналіз» [4, с. 487]. Термін «фрактал» (з лат. fractus – розбитий, подрібнений, зламаний) ввів у 1975 році Бенуа Мандельброт під час роботи в компанії IBM. На його погляд, фрактал – певну геометрична фігура, яка складається з подібних частин [5, с. 327]. Пізніше такий підхід почали використовувати під час аналізу економічних та фінансових процесів, зокрема і коливань валютних курсів (Мерфі, Шарп). Наприклад, графік котирувань валют на біржах мають вигляд «типової броунівської траєкторії» зі збереженням загальної структури графіка в погодинному, добовому чи тижневому масштабах.

Виділяють кілька способів визначення фрактальної розмірності:

- R/S метод (Rescaledrangeanalysis), в основі якого лежить розрахунок показника Херста (співвідношення сили тренду (детермінований чинник) до рівня шуму (випадковий чинник);

- визначення клітинної розмірності D_c ;
- визначення стандартного відхилення для різних ступенів усереднення [11, с. 269].

Варто зазначити, що аналіз моделі «фрактальної геометрії обмінного курсу» показав, що «величина фрактальної розмірності D є кількісним критерієм оцінки нелінійності часового ряду валютного курсу, а для її визначення можна використовувати R/S-метод» [1, с. 488].

Крім фрактального аналізу, який є основою програмних платформ відслідковування поведінки валютних курсів на біржах та ринках, можна виділити й методи екстраполяції (рис. 1). Екстраполяція є простим методом прогнозування, який ґрунтується на формулі «минуле-тенденція-майбутнє».

На відміну від фрактального аналізу, методи екстраполяції є не настільки ефективними для прогнозування. До основних недоліків методів прогнозу екстраполяції варто віднести:

- інертність в короткостроковому прогнозуванні;
- великий статистичний масив, який часто проблематично об'єднати в модель;
- значна ймовірність зміни умов на ринку;
- неможливість моделювання тренду при великій кількості базових точок.



Рис. 1. Методи прогнозової екстраполяції

Джерело: сформовано автором на основі [4, с. 485].

Тому такі способи екстраполяції, як метод найменших квадратів, метод трендів, метод Лагранжа, метод Гауса часто показують недостовірні прогнози. Однак метод плаваючих середніх у різних комбінаціях, який модифікований фрактальним підходом більш підходить для аналізу даних, які відображають зміну в часі певних елементів. Враховуючи те, що цей метод при моделюванні валютного курсу враховує курсові значення при отриманні та вибутті, а також має певну інертність сигналів, науковцями була запропонована адаптивна модель плаваючої середньої, яка дає можливість зменшити похибку з 32 до 10 % [4, с. 489]. Адаптивні моделі, які пристосовуються до скачкоподібних змін динаміки числових рядів, зображено на рис. 2.

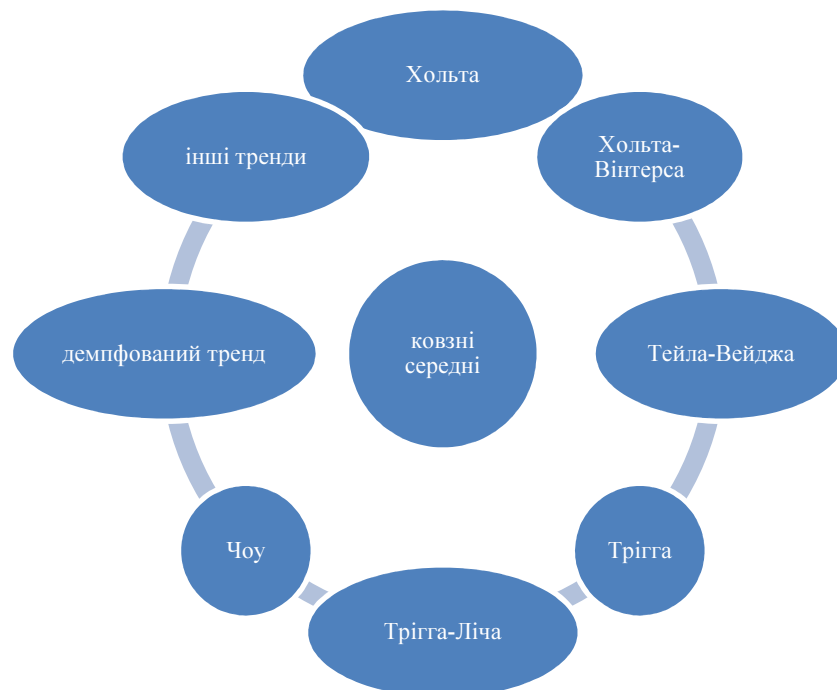


Рис. 2. Адаптивні моделі ковзних середніх

Джерело: сформовано автором на основі [11, с. 273-274].

Проведений порівняльний аналіз свідчить про те, що «значення середньої абсолютної відсоткової помилки показує, що найбільш адекватною для прогнозування курсу гривні до долара США є модель з демпфованим трендом, для прогнозування курсу євро – модель Хольта, для російського рубля – модель Хольта-Вінтерса» [11, с. 273].

У певний період розвитку економічної думки популярним методом економетричного прогнозування став клас моделей векторної авторегресії. Якщо в моделях, які складалися з одного або двох рівнянь, ще якось вдавалося розмежувати пояснювальні й залежні змінні, то у великорозмірних моделях, які в 1950–1970-і роки були дуже поширені на рівні центральних банків і урядів національних держав, коректний поділ десятків або навіть сотень показників на дві вказані групи ставав неможливим. Можна стверджувати, що в таких макромоделях «все залежить від всього». Іншими словами, той самий показник, який використовують у різних рівняннях, може виступати і як пояснювальна змінна, і як залежна. Крім того, між економічними індикаторами міг бути двоспрямований зв'язок, як, наприклад, між динамікою грошової маси і темпом інфляції. Великі кейнсіанські моделі не враховували цих нюансів і з кінця 1960-х років регулярно давали збій, аж поки остаточно не вийшли з ужитку під впливом світової кризи 1973–1975 року [3, с. 120]. Тоді К. Сімс запропонував один із практичних підходів до побудови й оцінки VAR-моделей на основі авторегресійних моделей, а Т. Сарджент популяризував їх як таких, що дають змогу проводити так званий «імпульсний аналіз» у макроекономіці.

У праці «Макроекономіка і реальність» після огляду традиційних процедур економетричного моделювання К. Сімс стверджував, що обмеження, які впливають з аргументів економічної теорії та накладаються на структурні моделі, нереалістичні, їх не можна сприймати серйозно. Такі обмеження необхідні для забезпечення ідентифікації моделі [6]. Передовсім К. Сімс виступає проти довільних процедур нормалізації, які використовуються для того, щоб рівняння регресії «пояснило» одну з кількох ендогенних змінних, що входять у нього. Потім критикує процедуру специфікації типу «stepbystep», у межах якої на макроекономічні моделі накладаються обмеження, характерні для моделей часткової рівноваги, що нерідко веде до виникнення небажаних характеристик системи. Коли рівняння мають динамічний характер, ситуація з ідентифікацією складніша.

Результати таких досліджень дістали світове визнання. Так, 10 жовтня 2011 року К. Сімс разом з Т. Сарджентом були удостоєні Нобелівської премії в галузі економічної науки. Цю премію економісти одержали завдяки спільній роботі «Емпіричні дослідження причин і наслідків у макроекономіці» [9].

Власне, праці К. Сімса в напрямку валютної політики підтверджували монетарну теорію щодо впливу валютних запасів на інфляційні процеси. Було також показано, що причинно-наслідковий зв'язок у цьому випадку може працювати в обох напрямках – так, деякі фактори зовнішнього світу (на зразок процентних ставок чи рівня інфляції) можуть впливати і на грошову масу.

З часом, у процесі подальших досліджень, окремі судження К. Сімса змінились. Зокрема, К. Сімс зазначив, що «для створення моделі, яка б по-справжньому відповідала необхідним вимогам, потрібні ретельно розроблені приведені рівняння, які дають можливість мати різні варіанти змін у часі, нестандартні порушення рівноваги та змінні параметри» [6].

Сьогодні роботи Т. Сарджента і К. Сімса використовуються для прогнозування наслідків макроекономічної політики. Їхні праці мають значне практичне значення для центрального банку та розкривають теоретичні напрями подальших досліджень. Наприклад, використання теоретичного доробку Т. Сарджента в процесі розробки та реалізації економічних реформ в Україні може дозволити підвищити їхню наукову обґрунтованість та результативність.

Варто зазначити, що еволюція наукових трактувань К. Сімса відносно використання векторних авторегресій мала значний вплив на прикладні дослідження в макроекономіці. Незважаючи на проблеми валідності таких моделей, його метод є привабливим і зручним для аналізу впливу часових змін у макроекономічній політиці на економіку. Тому їхні судження стали основою для подальших досліджень природи взаємозв'язку між трьома змінними і більше з метою прогнозування можливих сценаріїв наслідків макроекономічної політики. Проблема полягає в тому, що часто важко визначити причинно-наслідковий зв'язок між змінними, бо можемо визначити тільки їх кореляцію.

Також варто виділити нейромережеві моделі прогнозування валютного курсу, а також ARCH, GARCH і ARDL моделі.

Нейронні моделі є гнучкими та мають додаткові можливості при прогнозуванні нелінійних явищ і розпізнаванні хаотичних поведінок. Крім цього, ці моделі легко адаптуються до умов ринку та активно розвиваються. Основним недоліком використання нейронних мереж є обмеженість інформації про прогнозовану систему.

ARCHiGARCH моделі можна віднести до моделей авторегресій. ARCH-модель (Autoregressive conditional heteroskedasticity) «моделює волатильність у вигляді суми константної базової волатильності і лінійної функції абсолютних значень декількох останніх змін валютного курсу» [11, с. 275]. Її параметри можуть визначатись методом найменших квадратів. Розширеним варіантом ARCH-моделі є GARCH-модель (GeneralizedARCH). Вона визначає, де на поточну волатильність впливають попередні оцінки волатильності та зміни валютного курсу. GARCH має нескінченну пам'ять, а також допускає більш економну параметризацію.

ARDL (Autoregressive Distributed Lag Model) модель – це також авторегресійна модель із розподіленими лагами. Оцінка моделі здійснюється за методом МНК з використанням критеріїв Акайка, Шварца, Ханана-Куїна. Наприклад, за допомогою такої моделі можна оцінити вплив валютного курсу на інфляцію з кроком 1%.

У теперішній час існують підходи, які дозволяють розрахувати поточний, середньостроковий та довгостроковий валютний курс (табл.).

Таблиця

Підходи до моделювання рівноважних обмінних курсів

Короткострокові моделі	Середньострокові моделі	Довгострокові моделі
Математичні методи на основі ПКС * та ППС **	BEERmodel	NATREX
Поведінкова модель рівноваги	EMM рівноваги	Модель «потоки-запаси»

*ПКС (паритет купівельної спроможності)

**ППС (паритет процентних ставок)

У 1994 році Р. Дж. Стайном був розроблений NATREX-підхід (natural real exchange rate) для визначення середньострокового та довгострокового реального рівноважного курсу. Ефективність цієї моделі для кожної конкретної ситуації на ринку потребує додаткової перевірки, адже в деяких випадках похибка становила від -13 % (японська єна) до +11 % (долар США).

Якщо моделювання обмінного курсу розглядати з позиції структурного та атеоретичного, то NATREX належить до атеоретичних моделей. Рівень рівноваги валютного курсу за цим підходом залежить від таких макроекономічних чинників, як продуктивність праці, обсяги боргових зобов'язань перед іноземними кредиторами, обсягом капіталів. Інколи, зважаючи на ці три складові, таку модель називають «потоки-запаси». У цьому випадку динамічною змінною виступає продуктивність праці, а інші є константами.

Рівноважний валютний курс на певний момент на ринку розраховується з врахуванням цін та ставок на внутрішньому та зовнішніх ринках.

Поведінкова модель рівноваги, запропонована П. Кларком та Р. Макдональдом, визначає валютний курс як функцію від макроекономічних факторів.

Визначення середньострокового рівноважного обмінного курсу може ґрунтуватись на статистичному та структурному підходах. Основою статистичного підходу є поведінкова BEERmodel (behavioral equilibrium exchange rate), яка складається з постійної та змінної компоненти. ЕММ рівноваги (економіко-математична модель) характеризує структурний підхід до визначення валютних курсів. Ключовою умовою адекватного розрахунку валютного курсу в цьому випадку є наявність внутрішньої та зовнішньої рівноваги на ринку.

Висновки і пропозиції. Таким чином, враховуючи мінливість та динамічність валютного середовища можна стверджувати, що оптимальних економетричних моделей дослідження валютного курсу немає. Сама природа валютного курсу перебуває під впливом великої кількості чинників, які важко передбачити. Проблема вибору моделі дослідження валютного курсу полягає також у тому, що він є одночасно об'єктом економічної політики та її інструментом.

Економетричні моделі, які проявили себе в одних економічних умовах, можуть бути непридатними в інших. Формалізований підхід у використанні математичного моделювання формування та динаміки валютного курсу повинен поєднуватись з причинно-наслідковими зв'язками конкретної економічної системи.

Список використаних джерел

1. Frankel J. Monetary Approach to the Exchange Rate: Doctrinal Aspects and Empirical Evidence. *Scand. J. Econ.* 1976. March. P. 200–224.
2. Балацкий Е. В. Факторы формирования валютных курсов: плюрализм моделей, теорий и концепций. *Мировая экономика и международные отношения*. 2003. № 1. С. 46–59.
3. Іващук Ю. Томас Сарджент та Крістофер Сімс як креатори нової емпіричної макроекономіки. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2017. №2. С. 118–125.
4. Кривда О. В., Сидоренко Ю. В., Романова Д. П. Прогнозування динаміки економічних процесів за допомогою методів фрактальної геометрії. *Економічний вісник національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут»*. 2017. № 14. С. 483–490. URL: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108714>.
5. Кривобочек М. М., Корнійчук О. Е. Фрактальна геометрія у розвитку сучасних технологій та прикладної математики. *Передові технології виробництва та переробки сільськогосподарської продукції, енергозбереження та забезпечення тепловою й електричною енергією. Перспективи та проблеми впровадження в сільське господарство Полісся*: зб. доп. учасн. III студ. наук.-техн. конф. ІТФ ЖНАЕУ, м. Житомир, 25 груд. 2013 р. Житомир, 2013. С. 325–338.
6. Крістофер Альберт Сімс. *Лауреати Нобелівської премії*: веб-сайт. URL: <http://nobel.knteu.kiev.ua/index.php/nobelivski-laureati/kristofer-albert-sims>.
7. Кучеренко С. А. Моделі, теорії та концепції формування валютного курсу. *Вісник ЖДТУ*. 2008. № 3(45). С. 319–327.
8. Олейнік Д. А. Економіко-математична модель валютного курсу до резервної валюти. *Економіка України*. 2015. № 11(648). С. 56–70.
9. Премія Сверігеса Ріксбанка з економічних наук імені Альфреда Нобеля 2011 року. *THE NOBEL PRIZE*: веб-сайт. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2011/summary>.
10. Руська Р. В. Економетрика: навч. посіб. Тернопіль: Тайп, 2012. 224 с.
11. Сергієнко О. А., Татар М. С. Моделі прогнозування валютних курсів в системі управління конкурентоспроможністю підприємства. *Проблеми економіки*. 2013. № 2. С. 268–278.
12. Сидоренко Ю. В., Каленюк О. С. Проблеми обчислювання симплексної вагової інтерполяційної функції. *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка»*. 2010. Вип. 85. С. 164–167.

13. Четвериков С. Н., Карасев Г. Г. Структурные модели обменных курсов рубля: науч. тр. Москва: ИЭПП, 2005. 125 с.

14. Margasova V., Muravskiy O., Vodolazska O., Nakonechna H., Fedyshyn M. & Dovgan L. Commercial Banks as a Key Element in Regulating Cash Flows in the Business Environment. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 8 Is. 4. P. 4537–4543. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijrte.D8465.118419>.

15. Fedyshyn M. F., Abramova A. S., Zhavoronok A. V. & Marych M. G. Management of competitiveness of the banking services. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*. 2019. Vol. 1 (28). P. 64-74. DOI: <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v1i28.163340>

16. Shkarlet S., Dubyna M., Vovk V. & Noga M. Financial service markets of Eastern Europe: a compositional model. *Economic Annals-XXI*. 2019. 176(3-4). 26-37. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V176-03>.

References

1. Frankel J., (March, 1976). Monetary Approach to the Exchange Rate: Doctrinal Aspects and Empirical Evidence. *Scand. J. Econ.*, 200–224.

2. Balatsky, E. V. (2003). Faktory formirovaniia valiutnykh kursov: pliuralizm modelei, teorii i kontseptsii [Factors of exchange rate formation: pluralism of models, theories and concepts]. *Mirovaia ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniia – World Economy and International Relations*, 1, 46–59 [in Russian].

3. Ivashchuk, Yu. (2017). Tomas Sardzhent ta Kristofer Sims yak kreatory novoi empirychnoi makroekonomiky [Thomas Sargent and Christopher Sims as creators of a new empirical macroeconomics]. *Visnyk Ternopil'skoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu – Bulletin of the Ternopil National Economic University*, 2, 118–125 [in Ukrainian].

4. Krivda, O. V., Sidorenko, Yu. V., Romanova, D. P. (2017). Prohnozuvannia dynamiky ekonomichnykh protsesiv za dopomohoiu metodiv fraktalnoi heometrii [Forecasting the dynamics of economic processes using fractal geometry methods]. *Ekonomichnyi visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy Politekhnychnyi Instytut» – Economic Bulletin of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*, 14, 483–490. Retrieved from <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108714> [in Ukrainian].

5. Krivobochech, M. M., Kornychuk, O. E. (2013). Fraktalna heometriia u rozvytku suchasnykh tekhnolohii ta prykladnoi matematyky [Fractal geometry in the development of modern technologies and applied mathematics]. Proceeding from 3rd student scientific-technical Conf. ITF ZhNAEU *Peredovi tekhnolohii vyrobnytstva ta pererobky silskohospodarskoi produktsii, enerhohozberezhennia ta zabezpechennia teplovoi y elektrychnoi enerhiiei. Perspektyvy ta problemy vprovadzhennia v silske hospodarstvo Polissia – Advanced technologies for production and processing of agricultural products, energy saving and provision of heat and electricity. Perspectives and problems of implementation in agriculture Polesie* (Zhytomyr, Dec 25 2013, pp. 325–338). Zhytomyr [in Ukrainian].

6. Kristofer Albert Sims. Laureaty Nobelivskoi premii [Christopher Albert Sims]. *Nobel Prize Winners*: Website. Retrieved from <http://nobel.knteu.kiev.ua/index.php/nobelivski-laureati/kristofer-albert-sims>.

7. Kucherenko, S. A. (2008). Modeli, teorii ta kontseptsii formuvannia valiutnoho kursu [Models, theories and concepts of exchange rate formation]. *Visnyk ZhDTU – ZhSTU Bulletin*, 3(45), 319–327 [in Ukrainian].

8. Oleinik, D. A. (2015). Ekonomiko-matematychna model valiutnoho kursu do rezervnoi valiuty [Economic and mathematical model of the exchange rate to the reserve currency]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 1 (648), 56–70 [in Ukrainian].

9. Premiia Sverihesa Riksbanka z ekonomichnykh nauk imeni Alfreda Nobelia 2011 roku [The 2011 Sveriges Riksbank Prize for Economic Sciences named after Alfred Nobel]. *THE NOBEL PRIZE*: Website. Retrieved from <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2011/summary>.

10. Ruska, R. V. (2012). *Ekonometryka [Econometrics]*. Ternopil: Typ [in Ukrainian].

11. Sergienko, O. A., Tatar M. S. (2013). Modeli prohnozuvannia valiutnykh kursiv v systemi upravlinnia konkurentospromozhnistiu pidpriemstva [Foreign exchange forecasting models in enterprise competitiveness management system]. *Problemy ekonomiky – Problems of economy*, 2, 268–278 [in Ukrainian].

12. Sidorenko, Yu. V., Kaleniuk, O. S. (2010). Problemy obchysliuvannia sympleksnoi vahovoi interpolatsiinoi funktsii [Problems of calculating simplex weight interpolation function]. *Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika» – Interagency Scientific and Technical Collection «Applied Geometry and Engineering Graphics»*, 85, 164–167 [in Ukrainian].
13. Chetverikov, S. N., Karasev G. G. (2005). *Strukturnye modeli obmennykh kursov rublia* [Structural models of ruble exchange rates]. Moscow: IEPP [in Russian].
14. Margasova, V., Muravskiy, O., Vodolazska, O., Nakonechna, H., Fedyshyn, M., & Dovgan, L. (2019). Commercial Banks as a Key Element in Regulating Cash Flows in the Business Environment. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8 (4), 4537–4543. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijrte.D8465.118419>.
15. Fedyshyn, M. F., Abramova, A. S., Zhavoronok, A. V., & Marych, M. G. (2019). Management of competitiveness of the banking services. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*, 1 (28), 64-74. DOI: <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v1i28.163340>.
16. Shkarlet, S., Dubyna, M., Vovk, V., & Noga, M. (2019). Financial service markets of Eastern Europe: a compositional model. *Economic Annals-XXI*, 176(3-4), 26-37. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V176-03>.

Полагнин Дмитро Дмитрович – аспірант, ДВНЗ «Університет банківської справи» (вул. Андріївська, 1, м. Київ, 04070, Україна).

Полагнин Дмитрий Дмитриевич – аспірант, ГБУЗ «Университет банковского дела» (ул. Андреевская, 1, г. Киев, 04070, Украина).

Polagnyn Dmytro – PhD student, SHEI «Banking University» (1 Andreevskaya, Str., 04070 Kyiv, Ukraine).

E-mail: polagnyn@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7753-9387>

Researcher ID: S-2064-2016