

УДК 35.078.4

Половцев Олег Валентинович

професор кафедри державного управління і місцевого самоврядування
Херсонського національного технічного університету,
доктор наук з державного управління, професор

**ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНОЮ ДИНАМІКОЮ:
МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ І ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ**

Анотація. Досліджено можливості математичного моделювання та прогнозування фінансово-економічних процесів, представлених статистичними даними. Розглянуто можливості застосування в галузі державного управління.

Ключові слова: державне управління, системний підхід, моделювання соціально-економічних систем.

Половцев О. В. Государственное управление макроэкономической динамикой: моделирование экономических и финансовых процессов

Аннотация. Исследованы возможности математического моделирования и прогнозирования финансово-экономических процессов, представленных статистическими данными. Рассмотрены возможности применения в области государственного управления.

Ключевые слова: государственное управление, системный подход, моделирование социально-экономических систем.

Polovcev O. V. Governance macroeconomic dynamics: modeling of economic and financial processes

Annotation. Possibilities of mathematical modeling and forecasting financial and economic processes presented statistical data. The possibilities of application in the field of public administration.

Key words: administering of state, system approach, modeling the social-economical system.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Фінансові та економічні процеси – одні з найбільш поширених у діяльності світового суспільства. До них відносять процеси наддержавної економічної інтеграції та глобалізації, процеси виникнення міжнародних фінансових потоків, процеси формування та використання бюджетів на державному та регіональному рівнях, фінансово-економічну діяльність галузей та підприємств, інвестиційні фінансові процеси, біржові процеси формування цін на активи різного характеру, курси акцій, валют і облігацій та інші процеси.

Сьогодні важко уявити собі розвиток національної економіки будь-якої країни без її участі в світогосподарських зв'язках. Економічні успіхи держави

неабиякою мірою визначаються її місцем у міжнародному розподілі праці, адаптацією до економічної інтеграції та глобалізації. Кількісно це знаходить вираз у випереджаючих динаміку виробництва темпах зростання міжнародного обміну товарами, послугами і капіталом. Якісна сторона постійно зростаючої інтернаціоналізації – посилення взаємозв'язків і взаємозалежностей між національними господарствами. Стрімке зростання обсягів і різноманітності світогосподарських зв'язків, що супроводжується посиленням економічної взаємозалежності, – суть процесу, який прийнято іменувати глобалізацією світової економіки. У результаті формується відносно цілісна економічна система, яка практично охоплює територію всієї планети і диктує власні правила гри національним господарствам [1].

Безпрецедентний структурний зсув у світовій системі, пов'язаний з відривом фінансової сфери від реальної економіки і глобалізацією всіх економічних процесів, призвів до різкого збільшення нестійкості валютно-фінансової системи глобальної економіки. Такої великої кількості валютно-фінансових криз, які мали місце за останню четверть минулого століття, не було в жодний період усієї історії капіталізму. І поки, на жаль, нічого реального не придумано для того, щоб зробити валютно-фінансову систему більш стійкою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прогнозування на основі моделей, побудованих за статистичними даними, – один із найбільш популярних підходів до прогнозування динаміки процесів в економічних, фінансових, соціально-економічних та інших видах систем. Воно використовується для оцінювання коротко- і середньострокових прогнозів інвестицій та доходів, формування бюджетів держави, регіонів і підприємств, об'ємів виробництва та нагромадження продукції, оцінювання альтернативних фінансово-економічних стратегій розвитку, прогнозування та менеджменту ризиків довільної природи і розв'язання багатьох інших завдань планування й управління.

Для вирішення завдання ефективного державного управління фінансово-економічними процесами (ФЕП) на макрорівні американським дослідником

Форестером було запропоновано метод системної динаміки, що передбачає узагальнення кількісних даних про розвиток сучасної цивілізації та базується на імітаційних комп'ютерних дослідженнях міждисциплінарного характеру [2, 3]. Досліджуваний процес у методі системної динаміки розглядається у вигляді діаграми, що складається з петель позитивного та негативного зворотного зв'язку й потім моделюється з використанням систем диференціальних рівнянь. На основі цього методу було розроблено моделі динаміки підприємства, динаміки міста, національної динаміки та модель світової системи [3], основними параметрами якої є рівні населення, капіталовкладень, природних ресурсів, фондів сільського господарства, забруднення навколишнього середовища. Форестер визначив, що адекватність моделювання соціально-економічних систем, зокрема національного рівня при державному управлінні, може бути значною мірою підвищена за допомогою широкого застосування нелінійності, що здатна забезпечити сталість моделі щодо варіацій значень параметрів та обмежити амплітуду коливань значень вихідних величин.

Німецьким ученим Вайдліхом було розроблено методика побудови математичних моделей соціальних систем [4]. Методика базується на описі поведінки соціальної системи за допомогою макрозмінних (наприклад, показники споживання товарів, інвестиції, політичні і релігійні погляди).

Ще одна цікава модель складної соціальної системи – модель Ханемана, що базується на теорії Парето [5]. Система суспільства має три підсистеми: матеріальне виробництво, культура та політичне управління. Функціонування кожної підсистеми визначається за допомогою зворотних зв'язків. Підсистема політичного управління коливається між максимальною централізацією та максимальною децентралізацією влади. Збільшення ступеня централізації управління спричиняє опір, що призводить до більшої децентралізації; збільшення обсягів інвестування призводить до зростання виробництва; посилення традиціоналізації (консерватизму) – до обмеження підприємництва; економічна експансія сприяє лібералізації та децентралізації влади.

На окрему увагу заслуговує розроблена Лютербахером модель SIMPEST – комп'ютерна динамічна модель взаємовідносин між державами, кожна з яких у свою чергу описується індивідуальною моделлю, що складається з системи пов'язаних одне з одним інтегро-дифференціальних рівнянь [6]. Структура моделі держави складається з трьох секторів: 1) урядового, 2) економіки та ресурсів, 3) внутрішньої політики.

Останнім часом при описі соціально-економічних, фінансових систем дослідники вдаються до використання об'єктно-орієнтовного підходу (ООП) [2]. Він передбачає, що будь-яка сутність або сутнісне утворення, організація або окремий елемент, що сприймаються системою, визначається як соціально-економічний об'єкт, співвіднесений з певним класом, екземпляром якого є цей об'єкт. Клас детермінує правила поведінки об'єкта, які інтерпретуються залежно від сучасної ситуації у вигляді дій щодо інших об'єктів, зокрема щодо об'єкта самої системи, ставлення до процесів та реакції на події.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Створення адекватного регулювального механізму прогнозування й управління фінансово-економічними процесами залишається проблематичним. Як регулювати фінансово-економічні процеси на макрорівні, потоки з розвинутих країн до країн, що розвиваються, як запобігти кризам, що виникають уже не в розвинутих країнах, а в країнах, що розвиваються, особливо коли економічні процеси та фінанси починають виходити з-під контролю, а їх рух стає стихійним? Економічні теорії формують деякі ідеальні моделі, від яких реальні фінансово-економічні процеси, звичайно, достатньо далекі.

Коректне розв'язання задач прогнозування – актуальне завдання державного управління, оскільки прогнози розвитку процесів складають основу для їх дальшого планування та управління. Це особливо стосується фінансово-економічних процесів, що мають місце в макроекономіці.

Побудова математичних моделей динаміки фінансово-економічних процесів на державному рівні, що адекватні реальній економіці, дозволить глибше

зрозуміти сутність явищ, обґрунтувати вибір найефективніших інструментів регулювання [2, 3].

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає в дослідженні можливостей математичного моделювання і прогнозування фінансових та економічних процесів, поданих статистичними даними, та в побудові на цій основі ефективної системи державного управління динамікою процесів на макрорівні.

Виклад основного матеріалу. Управління фінансово-економічними процесами з прогнозованою ефективністю не можливе без аналітичної підтримки та передбачає використання більш-менш формалізованої моделі керованого об'єкта. На сьогодні спостерігається швидкий розвиток методів математичного моделювання як локальних, так і глобальних фінансово-економічних процесів. Математичне моделювання ФЕП передбачає прогнозування дальшого розвитку подій, що можуть бути спричинені впливом множини структур і процесів різної природи, кожен з яких функціонує у взаємодії та тісній інтеграції з іншими процесами та системами.

Метою математичного моделювання є осмислення дійсності з математичного погляду, створення відповідного математичного опису (моделі) процесів, явищ чи подій та використання цього опису для вивчення чи прогнозування процесу.

Процес визначення фінансової чи економічної задачі є відправним пунктом у розв'язанні проблеми побудови адекватної математичної моделі обраного процесу. За ним іде процес виявлення основних або суттєвих особливостей явища. Цей процес *схематизації* або *ідеалізації* відіграє досить важливу роль, оскільки в реальному фінансово-економічному процесі беруть участь багато об'єктів і суб'єктів, параметрів, змінних тощо. Деякі риси цього процесу відіграють важливішу роль, а деякі – меншу.

Після визначення суттєвих чинників і змінних слід визначити характер зв'язків між ними, якщо вони є, і перекласти ці взаємозв'язки мовою

математичних понять і величин.

Після побудови моделі слід визначити ступінь її адекватності реальному процесу. Адекватність постійно перевіряється в ході побудови моделі шляхом порівняння математичних рівнянь чи виразів із вихідною ситуацією. Проте заключний етап перевірки має місце після побудови моделі. Існує декілька аспектів перевірки адекватності. По-перше, сама математична основа моделі не повинна мати внутрішніх суперечностей і відповідати законам математичної логіки. По-друге, справедливість моделі залежить від її здатності адекватно описувати поведінку змінних.

Математичні моделі, що застосовуються в економіці та фінансах на державному рівні, можна класифікувати таким чином: *за цільовим призначенням, за методом відбиття внутрішніх і зовнішніх умов протікання процесу, за можливістю управління процесом, за типом збурень, що діють на процес (детерміновані та стохастичні), за рівнем докладності опису, за типами взаємозв'язків між параметрами та змінними, за іншими показниками* [7; 8].

Математичні моделі ФЕП будують з метою розв'язання таких задач:

- Поглиблене дослідження процесів з метою визначення внутрішніх зв'язків між змінними, аналізу можливих варіантів їх дальшого розвитку та дослідження поведінки вихідних змінних при зміні вхідних змінних і збурень у широкому діапазоні їх значень і на довгих часових інтервалах. Як правило, такі дослідження виконують на складних імітаційних моделях, які можуть поєднувати в собі моделі різних типів – диференціальні, різницеві та алгебраїчні рівняння, моделі у вигляді правил чіткої та нечіткої логіки, генератори псевдовипадкових чисел із різними розподілами. Прикладом такої моделі може бути імітаційна модель макроекономіки держави. Задача прогнозування змінних вирішується, як правило, за допомогою дискретних моделей у вигляді рівнянь авторегресії з ковзним середнім (АРКС), авторегресійних умовно гетероскедастичних (АРУГ) рівнянь, моделей,

створених за допомогою методу групового врахування аргументів (МГВА), та моделей, представлених у просторі станів (ПС).

- Структурна та параметрична ідентифікація процесів, для яких уже визначено системні взаємозв'язки. Це потрібно для узгодження процесів із можливими типами математичного опису та дальшого вибору найбільш прийняттого в конкретному разі. Прикладом такого підходу може бути ідентифікація системи рівнянь, що описують мікро- та макроекономічні процеси на рівні однієї чи кількох галузей промисловості.
- Короткострокове та довгострокове прогнозування динаміки фінансово-економічних змінних та сценаріїв розвитку процесів в цілому (тобто якісне і кількісне прогнозування).
- Синтез систем оптимального та адаптивного керування процесами, створення автоматизованих комп'ютерних систем підтримки рішень для використання на різних рівнях державного управління з метою прискореного аналізу можливих (допустимих) варіантів управлінських рішень та вибору кращого з них для практичного використання.

Залежно від типу математичного апарату економічні та економетричні моделі можна класифікувати таким чином:

- алгебраїчні;
- моделі на основі статистичних розрахунків;
- диференціальні рівняння (звичайні диференціальні рівняння (ЗДР) та диференціальні рівняння в частинних похідних (ДРЧП));
- різницеві рівняння;
- нечітка логіка;
- нейронні мережі;
- змішані типи рівнянь;
- ймовірнісні байєсівські моделі та мережі.

Перші отримали поширення для опису статичних процесів, для виконання різноманітних економічних розрахунків, складання балансів і т. ін. На сьогодні

алгебраїчні рівняння становлять основу для розв'язання більшості практичних задач макроекономіки.

Моделі на основі статистичних розрахунків використовують результати математичної статистики для попереднього опису економетричних часових рядів за допомогою вибірових статистичних параметрів, таких як *середнє, медіана, дисперсія, стандартне відхилення, автокореляційна та функція взаємної кореляції*, а також багато інших параметрів. Фактично ці параметри є результатом попереднього аналізу економетричних даних і їх використовують у процесі прийняття рішення щодо побудови складніших моделей.

Звичайні та диференціальні рівняння в частинних похідних створюють основу для побудови якісних і кількісних моделей, що описують поведінку складних макроекономічних систем. Це рівняння балансів, функції еластичності, корисності, попиту та пропозиції, виробничі функції, компенсаційні ефекти, процеси зростання та спаду, а також багато інших процесів. Основним припущенням, яке висувається при використанні рівнянь такого типу, є *неперервність* процесів, що по відношенню до економіки справедливо тільки для відносно великих часових інтервалів. Перевагами використання ЗДР і ДРЧП є можливість дослідження асимптотичної поведінки економічних процесів і об'єктів, постановка та розв'язання завдань оптимального управління, об'єднання формального та неформального підходів до моделювання економічних процесів широкого класу.

Різницеві рівняння – це зручний інструмент для аналізу та прогнозування економетричних часових рядів. Так склалося історично, що різницеві рівняння (авторегресія, авторегресія з ковзним середнім, авторегресія з умовною гетероскедастичністю та інші) посідають фактично центральне місце в процесі розв'язання практичних управлінських завдань фінансово-економічного характеру.

На сьогодні існує нагальна проблема аналізу макропроцесів економіки перехідного періоду. Характерними рисами фінансово-економічних процесів

перехідного періоду є такі: 1) наявність високої динаміки (висока швидкість зміни значень параметрів, що має місце в багатьох технічних системах і технологічних процесах); 2) значні коливання значень змінних на мікро- та макрорівні, наявність сезонних ефектів; 3) наявність значної кількості випадкових збурень, що можуть украй негативно впливати на протікання процесів; 4) велика чутливість процесів до зовнішніх змін, наприклад до коливань курсів основних валют та коливань цін на енергоносії; 5) загальна нестабільність процесів перехідного періоду внаслідок некоректного управління. Математичний опис таких явищ можливий за допомогою рівнянь типу АРУГ, деяких модифікацій рівнянь АРКС, векторної регресії та авторегресії, нелінійних моделей і моделей у просторі станів. Разом із дискретними рівняннями широко застосовують алгебраїчні, звичайні диференціальні рівняння (ЗДР) і диференціальні рівняння в частинних похідних (ДРЧП) – наприклад при визначенні еластичностей.

Для моделювання економічних і фінансових процесів макрорівня використовуються також імітаційні моделі, що означає дослідження процесу в режимі прораховування різних варіантів стратегій керування, планів, різних типів та величин збурень. У дослідженнях термін *імітація* трактується як «процес конструювання моделі, максимально наближеної до функціонування реальної системи та постановки експериментів на цій моделі з метою розуміння поведінки системи або оцінювання (у рамках обмежень, що накладаються деяким критерієм або сукупністю критеріїв) різноманітних стратегій управління, які забезпечують функціонування даної системи» [9]. З іншого боку, імітаційні моделі можна розглядати як проміжну ланку між реальністю та звичайними моделями у вигляді окремих рівнянь чи їх систем.

Найбільш популярним (і корисним) призначенням економічних та економетричних математичних моделей є їх використання для прогнозування значень змінних, що описують економічні та фінансові процеси [10]. Для розв'язання цієї задачі розроблено багато різноманітних методів, що ґрунтуються на різних типах моделей. Зручною є методика Бокса-Дженкінса на основі рівнянь

АРКС та АРУГ, які відносно просто записуються в аналітичній формі для прогнозування. Крім того, рівняння АРКС легко трансформуються в стандартну форму простору станів, що дозволяє застосувати для прогнозування лінійний фільтр Калмана, або адаптивний, якщо невідомі коваріації збурення станів та похибок вимірів [11]. З низки адаптивних методів короткострокового прогнозування [12] часто використовують байєсівський підхід, метод експоненціального згладжування, умовні та безумовні математичні очікування.

Важливим моментом у використанні різних методів прогнозування є їх тестування з метою визначення того, який метод підходить найкраще в конкретній ситуації. Як правило, тестування виконується на одному й тому ж часовому ряді різними методами, а для практичного використання вибирається метод із мінімальними похибками прогнозу. При цьому для тестування як оцінки прогнозів варто використовувати декілька критеріїв одночасно.

Висновки з даного дослідження. Нами досліджено підходи до математичного опису, моделювання та прогнозування фінансово-економічних процесів макrorівня, представлених статистичними даними. Показано можливість застосування математичного моделювання до асимптотичного аналізу поведінки економічних та фінансових процесів на державному рівні та дальшого коротко- і середньострокового прогнозування динаміки їх розвитку.

Перспективи подальших розвідок. Як правило, більшість фінансово-економічних процесів макrorівня характеризуються високою динамікою, тобто високою швидкістю часових змін. Це особливо стосується таких економічних і фінансових процесів (котирування валют, вартості опціонів і т. ін.), які швидко змінюють напрямок руху (зростання і падіння) і функціонують в умовах впливу багатьох випадкових збурювальних впливів. Дослідження можливостей застосування спеціальних прийомів для математичного описання з метою прогнозування розвитку процесів на макrorівні та прийняття ефективних рішень щодо управління на державному рівні є об'єктом дальших досліджень.

Список використаних джерел:

1. Малиновський В. Я. Державне управління : навчальний посібник / В. Я. Малиновський. – К.: Атика, 2003. – 576 с.
2. Згуровский М. З. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа / М. З. Згуровский, А. В. Доброногов, Т. Н. Померанцева. – К.: Наукова думка, 1997. – 222 с.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика / Форрестер Дж. – М.:Наука, 1977. – 168 с.
4. Weidlich W. Stability and Cyclicity in Social Systems // Behavioral Science. – 1988. – № 33. – P. 241-256.
5. Плотинский Ю. М. Математическое моделирование динамики социальных процессов / Ю. М. Плотинский. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 133 с.
6. Luterbacher U. Modeling politico-economic interactions within and between nations / Luterbacher U., Allan P. // Int. Polit. Sci. Rev. – 1982. – 3, N 4. – P.404-433.
7. Дрейпер Н. Р. Прикладной регрессионный анализ / Н. Р. Дрейпер, Г. Смит. – Киев: Диалектика, 2007. – 912 с.
8. Четыркин Е. М. Вероятность и статистика / Е. М. Четыркин, И. Л. Калихман. – Москва: Финансы и статистика, 1982. – 319 с.
9. Кашьяп Р. Л. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным / Р. Л. Кашьяп, А. Р. Рао. – Москва: Наука, 1983. – 385 с.
10. Лук'яненко І. Г. Сучасні економетричні методи у фінансах / І. Г. Лук'яненко, Ю. О. Городніченко. – Київ: Літера, 2002. – 350 с.
11. Згуровский М. З. Аналитические методы калмановской фильтрации / М. З. Згуровский, В. Н. Подладчиков– Київ: Наукова думка, 1995. – 285 с.
12. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю. П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 414 с.

Statement of the problem. Financial and economic processes – one of the most common activities in the global community. These include processes supranational economic integration and globalization process of international financial flows, the formation and use of budgets at national and regional levels, financial and economic activity sectors and enterprises, financial investment processes stock price formation on the different nature of assets, equity prices, currencies and bonds and other processes.

Urgency. The structural shift in the global system associated with the separation of the financial sector and the real economy globalization of economic processes has led to a sharp increase in the volatility of currency and financial system of the global economy. Such a large amount of currency and financial crises that have occurred in the last quarter of the last century, there was no period in the history of capitalism. And while it is not actually invented

in order to make monetary and financial system more stable.

The purpose of the article – to explore the possibilities of mathematical modeling and forecasting financial and economic processes and the construction of the basis of effective governance dynamic processes at the macro level.

Our task was to study – to build mathematical models of the dynamics of the financial and economic processes at the national level that are relevant to the real economy.

Summary. Today the rapid development of mathematical modeling of both local and global financial and economic processes. This simulation involves forecasting future developments that may be caused by the influence of the set of structures and processes of different nature, each of which operates in close collaboration and integration with other processes and systems. The process of determining financial or economic problem is the starting point in addressing the problem of constructing an adequate mathematical model selected process. This is followed by the process of identifying basic or essential features of the phenomenon. This process schematic or idealization plays an important role as a financial and real economic process involves a lot of object and subject parameters, variables, etc.

After determining the essential factors and variables necessary to establish the nature relations between them, if any, and to translate these relations the language of mathematical concepts and values. After building a model to determine the degree of adequacy real process. Adequacy continuously monitored during model building by comparing the mathematical equations or expressions with the original situation. But the final stage of inspection takes place after the construction of the model.

Mathematical models used in economics and finance at the state level can be classified as follows: for the purpose, the method of mapping internal and external conditions of the process, with the ability to control the process, the type of disturbances acting on the process

(deterministic and stochastic), the level of detail of description, according to the types of relationships between parameters and variables, and other parameters.

Conclusion and outcomes. This article explores approaches to mathematical description and modeling, and forecasting financial and macro economic processes presented statistical data. The possibilities of applying mathematical modeling to analyze the asymptotic behavior of economic and financial processes at the national level and further short - and medium-term forecasting of the dynamics of their development.