

## КОМПЛЕКСНІ МАКРОМОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

*Статтю присвячено дослідженню методологічних підходів щодо формування комплексних макромоделей прогнозування економічного розвитку. Розроблено комплекс інтегрованих макроекономічних моделей середньо- та довгострокового прогнозування за структурою «зіркового» симплекс-комплексу у складі: секторальних моделей економічного розвитку, моделей міжгалузевих потоків, моделей розвитку інфляційних процесів, моделей оцінки потенційного ВВП, моделі переходу до ендогенно орієнтованої стратегії розвитку, міжкраїнних моделей економічного розвитку, сценаріїв імітаційного прогнозування щодо оцінки макроекономічної політики ефективного розвитку.*

### Вступ

Посилення вимог комплексності та ефективності економічного прогнозування при аналізі економічної політики потребує розроблення відповідного інструментального забезпечення необхідних досліджень. Економіко-математичне моделювання як ефективний метод аналізу та прогнозування економічних процесів дає змогу за рахунок експериментального варіювання можливих умов та параметрів економічного розвитку підвищити точність й обґрунтованість оцінки економічної динаміки через концентрований вираз у математичній формі істотних взаємозв'язків і закономірностей функціонування економічної системи. Серед принципів обмежень, що накладають на модель зовнішні вимоги, є достовірність використовуваної при моделюванні інформації. Саме тому найважливіше уникнути, з одного боку, невиправданого спрощення моделі, що може зробити її неадекватною об'єкту дослідження, і, з іншого - надмірної деталізації, коли основні чинники можуть виявитися прихованими за частковостями [1].

Розроблюючи економічну модель, насамперед слід чітко виявити причинні зв'язки між змінними процесу моделювання та надати їм відповідну економічну характеристику й оцінку, а також виразити їх за можливості відповідними функціональними залежностями між параметрами й змінними, що характеризують поведінку об'єкта моделювання. При цьому потрібно враховувати специфіку труднощів, що виникають при моделюванні економічних систем і полягають у наявності множини складних перехресних та зворотних зв'язків, за якими чіткі й однозначні залежності встановити буває досить

важко. Крім того, зазначені причинно-наслідкові залежності дуже часто мають не детермінований, а стохастичний характер, що також ускладнює їх кількісну оцінку й виявлення ефективного механізму тих чи інших взаємодій. Ці особливості аналізу процесів в економічних системах обумовлені недостатньою визначеністю, неповнотою функціональних зв'язків між явищами.

### Постановка проблеми

Сучасний розвиток економічних досліджень із застосуванням математичних методів супроводжується появою нових типів економіко-математичних моделей, модифікацією ознак їх класифікації й інтеграції. Одним з найважливіших напрямів для досягнення цілей ефективного прогнозування є розробка методології комплексних модельних оцінок для аналізу економічної динаміки і комплексних інтегрованих макромоделей прогнозування економічного розвитку (КІМПР).

Сутність КІМПР полягає у формалізованому дослідженні макrorівневого об'єкта національної економіки як динамічного комплексу, що складається з множини симплексів (елементів), що функціонують у взаємодії. При цьому функціонування комплексних інтегрованих макромоделей підпорядковується певній меті розвитку економічного об'єкта і, відповідно, зміни, що відбуваються в окремих симплексах, можуть відобразитися на ефективності всього комплексу.

В економічному аналізі поняття економічного комплексу надзвичайно схоже з поняттям складної економічної системи, у цій роботі акцент зроблено на дослідженні саме «комплексних макромоделей», а не «системи моделей», вихо-

дячи з практичного досвіду об'єднання певних економіко-математичних моделей для розроблення ефективних комплексних макропрогнозів економічного розвитку та створення інтегрованої системи середньо- і довгострокового прогнозування.

Категорія комплексу бере початок з математичного аналізу. У математичній енциклопедії *комплекс* визначається як частково впорядковане транзитивним відношенням  $<$  множина  $K = \{t\}$  будь-яких елементів  $t$ , разом із цілочисловою функцією  $\dim t$ , яка називається розмірністю елемента  $t$ , та  $[t : t']$  - коефіцієнтом інцидентності елементів  $t$  й  $t'$ , які задовольняють умовам [2]:

1) із  $t' < t$  виходить, що  $\dim t' < \dim t$ ; 2)  $[t : t'] = [t' : t]$ ; 3)  $\exists [t : t'] = 0$  виходить, що або  $t' < t$ , або  $t < t'$ , і  $|\dim t - \dim t'| = 1$ ; 4) для будь-якої пари елементів  $t, t'' \in K$ , розмірності яких відрізняються на дві одиниці, у  $K$  знайдеться не більше, ніж кінцеве число таких елементів  $t'$ , що

$$[t : t'] [t : t''] \text{ або } \sum [t : t'] [t : t''] = 0.$$

Найважливішим типом комплексу є симплиціальний. При цьому симплекс визначається як  $n$ -мірний багатогранник, що є опуклою оболонкою  $n + 1$  точок (вершин симплекса), які не лежать в  $n - 1$  площині. Тобто симплекс є найпростіший опуклий багатогранник даної кількості елементів або вимірювань (при  $n = 0$  симплексом є точка, при  $n = 1$  - відрізок, при  $n = 2$  - трикутник і т.п.). Будь-якій точці симплекса відповідає єдиний спосіб розподілу одиничної маси (елементів) так, щоб центр тяжіння був саме у даній точці симплекса [3].

В економічній теорії найчастіше застосовується поняття  $n$ -мірного комплексу, якщо  $n$  є максимальна розмірність симплексів у комплексі  $K$  (якщо ж у  $K$  не існує симплекса максимальної розмірності, то комплекс  $K$  називається нескінченно мірним).

Симплиціальний комплекс вважається визначеним, якщо відомі множина його вершин і система, так звана схема всіх тих кінцевих підмножин цієї множини, що прийняті за симплекси. При цьому потрібно, щоб кожна вершина належала хоча б одному елементу системи і щоб з кожним вхідним у систему елементом їй належали й усі підмножини цього елемента.

В економічному сенсі існує багато визначень категорій комплексу і системи.

Так, у [4] комплекс (від латинського *complex* - зв'язок, сполучення) визначається як сукупність предметів або явищ, що становлять єдине ціле. На відміну від комплексу, система

(від грецького *systema* - ціле, складене із частин; сполучення) - множина елементів, що знаходяться у відношеннях і зв'язках між собою та створюють певну цілісність, єдність, у [5] комплекс має визначення як сукупність предметів, пристроїв, програм, явищ, дій, властивостей, що становлять одне ціле. У [6] комплексом називається сукупність компонентів, що становлять у певному сенсі єдине ціле, а системою - сукупність об'єктів і відносин між ними, що створюють єдине ціле.

Варто розрізнити поняття «система моделей» і «комплекс моделей». Так, у [7] система моделей визначається як сукупність взаємно пов'язаних моделей для опису складних економічних систем, які неможливо відобразити в одній моделі, достатньо деталізованій для практичних цілей, оскільки вона була б занадто громіздкою. Для прогнозування розвитку національної економіки часто розробляються системи моделей, побудовані зазвичай за системним підходом за ієрархічним принципом дерева цілей у кілька рівнів [1]. Система моделей створює можливість для самостійного рішення окремих завдань та їх подальшого узгодження. Розрахунки (зазвичай ітераційні) провадяться так, що результати (виходи) розрахунків за однією моделлю виявляються входами для інших і т. д. Є два основні способи зв'язку моделей у системі - алгоритмічний і неформальний, коли процес узгодження результатів виконується експертними групами.

Відповідно комплекс економіко-математичних моделей у [7] визначається як сукупність моделей, призначених для розв'язування одного складного завдання, кожне з яких описує ту чи іншу сторону об'єкта або процесу на своїй, що відповідає цьому об'єкту моделювання, «мові» через групування відповідних показників (наприклад, трудові, фінансові, матеріальні потоки), але централізовано зв'язаних так, щоб з їх рішення можна було одержати загальний цілеспрямований результат.

Якщо ж моделі сполучено таким чином, що для одержання загального результату результати одних моделей виявляються вихідними даними для інших, або у формалізованих співвідношеннях моделей наявні зворотні зв'язки, коли факторні складові виступають як ендогенні змінні, то комплекс перетворюється у систему моделей [7].

Цілеспрямоване узгодження й упорядкування за змістом складових макромоделей комплексу дає змогу одержати початковий набір вихідних завдань щодо оцінки середньо- та довгостроко-

вих економічних перспектив. Саме тому у цій роботі пропонуються комплексні моделі прогнозування макроекономічних процесів з певним відхиленням від вимог загальної системності. Для цього застосовуються спеціальні математичні прийоми, зокрема нижченаведений підхід «зіркової інтеграції макромоделей» із визначенням «зірки» певного комплексу симплексів (елементів).

Зіркою елемента  $t$  комплексу  $K$  називають множину всіх таких елементів  $t'$  з  $K$ , що  $t' > t$ , і комплекс  $K$  називається зірково кінцевим, або замкнуто кінцевим, якщо зірка (відповідно замикання кожного його елемента) складається з кінцевого числа елементів. Нарис. 1 показано структуру симпліціального комплексу моделей розвитку економічного об'єкта.

Зазначений комплекс - зірково кінцевий

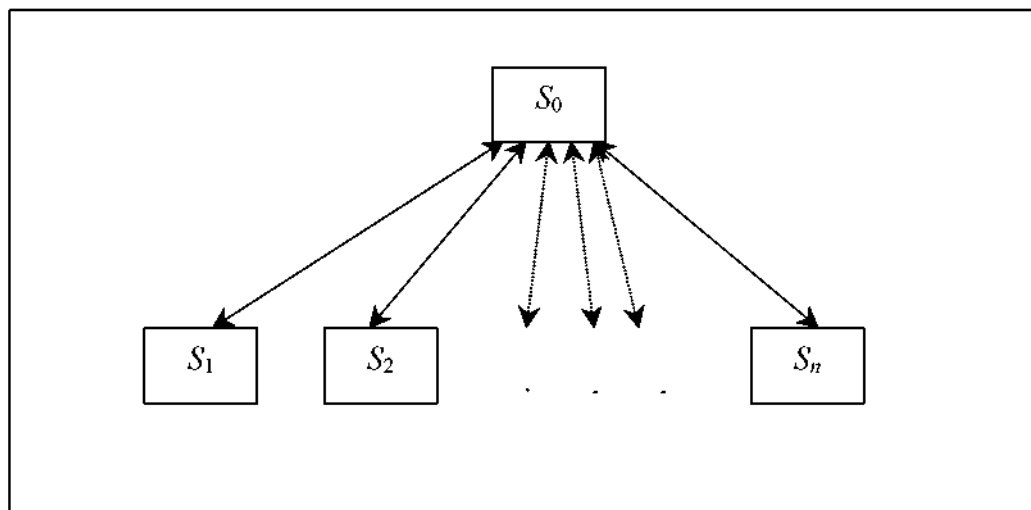


Рис. 1. Структурна схема симпліціального комплексу

з визначеним центральним симплекс-блоком ( $S_0$ ), якому змістовно підпорядковано інші симплекси комплексу  $S_i, i = \overline{1, \dots, n}$ . При цьому припускається, що при інтеграції макромоделей такого комплексу центральний блок може визначитися пріоритетно, виходячи із завдань дослідження, а інші симплекси (макромоделі) приєднуються до центральної групи симплексів як сателітні.

### Результати

У цьому дослідженні комплексні інтегровані економіко-математичні моделі (КІМПР) становлять рухому і гнучку сукупність логічно, інформаційно і алгоритмічно об'єднаних моделей, що відображають економічні, організаційні й технологічні процеси відтворення в їх об'єктивно існуючій єдності. При цьому певна макромодель визначається як відповідний симплекс інтегрованого комплексу, а факторні змінні макромоделей - як відповідні елементи цього симплекса. У певному взаємозв'язку визначених макромоделей забезпечуються комплексне рішення завдань управління та оцінка напрямів економічної політики. До комплексу за цільовою ознакою включаються різні моделі, що відображають певні аспекти відтворення економічного об'єкта.

До КІМПР можна віднести моделі секторів економіки, макроструктурні, ціноутворення, моделі фінансування й кредитування, оподаткування та ін. Комплексне і багатоваріантне прогнозування має здійснюватися на основі комплексу інтегрованих статистичних, балансових і оптимізаційних економіко-математичних моделей, а також окремих систем моделей, що містять макроекономічні міжсекторальні моделі розвитку, моделі оцінки потенційного ВВП (моделі економічного зростання), модель «витрати-випуск», інтегровані міжкраїнні економіко-математичні моделі.

Інтегрування макромоделей у комплекси підпорядковується певним методологічним принципам, на яких має базуватися економічне прогнозування [8, 9]. Це загальнометодологічні принципи цілеспрямованості, ієрархічності, розвитку, єдності, відносної автономності, адаптації, зовнішнього доповнення, гнучкості та специфічні принципи централізації зіркового комплексу макромоделей, орієнтації на цільові показники, необхідної різноманітності структури комплексу макромоделей та ув'язування моделей. Вищезазначені загальні й специфічні принципи якісно і змістовно пов'язані між собою. З урахуванням цих принципів будуються комплексні інтегровані макромоделі за типом зірки, використання яких

доцільно для ефективного прогнозування і регулювання національної економіки.

Виходячи з авторського досвіду економіко-математичного моделювання у роботі подано комплекс інтегрованих макромоделей для аналізу та оцінки розвитку економіки України, які реалізовані і працюють у реальному часовому режимі за вищезазначеними методологічними підходами. При цьому макромоделі, що розглядаються, можуть функціонувати самостійно й інтегруватися у комплекси за зірковим підходом (спеціальним відомим математичним прийомом «зіркового» симплекс-комплексу), який в інтерпретації економіко-математичного моделювання та прогнозування отримав назву «зіркової інтеграції макромоделей» (рис. 2).

Макромоделі (симплекси) можна об'єднувати за певними пріоритетами і комбінаціями, виходячи із завдань центрального блоку (макроекономічної політики ефективного розвитку). До них належать: секторальні моделі економічного розвитку, моделі розвитку інфляційних процесів та оцінки потенціалу економічного зростання, моделі міжгалузевих потоків та міжкраїнні моделі економічного розвитку. Особливо виділено особливості розробки якісної аналітичної моделі переходу від екзогенно залежної до ендогенно орієнтованої стратегії економічного розвитку та сценаріїв макроекономічної ситуації на середньо- та довгострокову перспективу [10].

КІМПР орієнтовано на їх практичну реалізацію в умовах нестійкої економічної кон'юнктури. Особливість комплексних макромоделей полягає у способі інтеграції (об'єднання) макромо-

делей і систем моделей - за структурою «зіркового» комплексу, де визначаються централізований блок симпліціального комплексу (наприклад, блок економічної політики) та симплекси-макромоделі, підпорядковані йому як відповідні «зіркові промені», або у разі потреби оцінки впливу та наслідків складових економічної політики відповідно одна з моделей комплексу стає центральною, а інші приєднуються до неї як променеві або сателітні [11]. Це дає змогу дотримання вимог системної стійкості, а саме: динамічною є структура центральної моделі, де визначаються факторні взаємозалежності, сценарії перспективного розвитку і, відповідно, варіанти «входів та виходів» окремих підпорядкованих моделей. Запропонований спосіб інтеграції дає можливість об'єднувати різнофункціональні моделі, що розширює аналітичний «горизонт» модельних розрахунків і посилює оперативність щодо практичної реалізації всього модельного комплексу.

## Висновки

Виходячи із завдань економічного прогнозування щодо оперативної оцінки макроіндикаторів та обґрунтування комплексу заходів реалізації однієї або декількох цілей і підцілей розвитку національного господарства, пропонується на макrorівні застосувати об'єднання локалізованих моделей, підпорядкованих цим цілям і необтяжених надмірною кількістю взаємозв'язків між моделями. Саме тому в цій роботі для формування комплексних моделей прогнозування макроекономічних процесів власне і застосо-

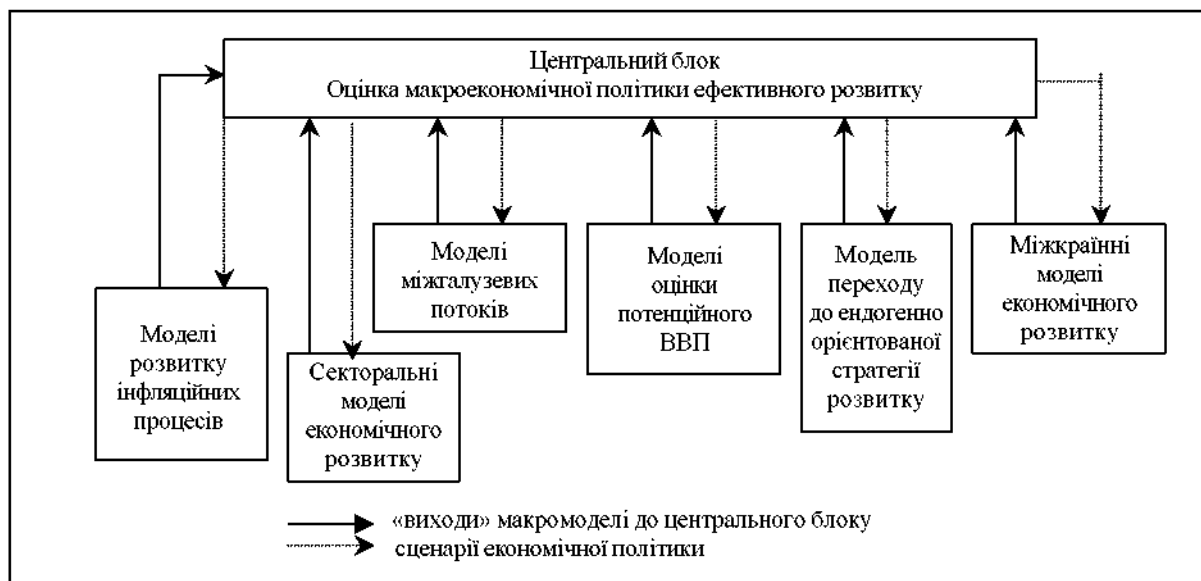


Рис. 2. Блок-схема інтеграції макромоделей прогнозування у симплекс-комплекс

ується спеціальний математичний тдхд «зіркової інтеграції макромоделей», який є певним відхиленням від вимог загальної системності, однак дає змогу посилити оперативність практичних модельних розрахунків.

Комплексні макромоделі цілеспрямовано узгоджені й упорядковані за змістом, реалізовані і працюють в реальному часовому режимі за вищезазначеними методологічними підходами. Крім того, при побудові саме комплексних інтегрованих макромоделей дотримується необхідний принцип цілеспрямованості у центральному блоці зірки комплексу з підпорядкуванням основній

меті інших симплексів - макромоделей. До того ж у зірковому комплексі легше реалізується принцип адаптивності завдяки дещо спрощеним факторним зв'язкам між моделями, що розглядаються, а також структура зіркового комплексу передбачає більшу гнучкість взаємозв'язків між макромоделями - симплексами щодо їх швидкої та оперативної перебудови відповідно до цілеспрямованої ситуативної оцінки наслідків економічної політики та виходу на цільові прогностичні показники у порівнянні зі складними системами макромоделей.

1. Крайзмер Л. П. Кібернетика: Учебное пособие для студ. с.-х. вузов по экон. спец.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Агронормиздат, 1985.-255 с.
2. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И. М. Виноградов.- М.: Советская энциклопедия.- Т. 2, 1979.- 1104 с.
3. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И. М. Виноградов.- М.: Советская энциклопедия.- Т. 4, 1984.- 1216 с.
4. Большой энциклопедический словарь.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Большая Российская энциклопедия; СПб.: Норинт, 2001.- 1456 с.
5. Великий тлумачний словник сучасної української мови / Укла., і голов. ред. В. Т. Бусел.- К., Ірпінь: ВТФ «Перун», 2003.- 1440 с.
6. Першиков В. И., Савинков В. М. Толковый словарь по информатике.- М.: Финансы и статистика, 1991.- 543 с.
7. Лопатников Л. И. Краткий экономико-математический словарь. М.: Паука, 1976.- 359 с.
8. Науменко В. І. Панасюк Б. О. Впровадження методів прогнозування і планування в умовах ринкової економіки.- К.:Глобус, 1995.- 196 с
9. Экономико-математические методы и модели: Учебное пособие / П. И. Холод, А. В. Кузнецов, Я. П. Жихар и др.; Под общ. ред. А. В. Кузнецова. 2-е изд.- Минск: БГЭУ, 2000.-412 с.
10. Скрипниченко М. І. Секторальні та міжкраїнні моделі економічного розвитку.- К., 2004.- 256 с.
11. Миксюк С. Ф. Комплексная макромодель анализа и прогнозирования экономики Беларуси: особенности построения и использования // Математическое моделирование экономических процессов переходного периода.- Минск: БГЭУ, 2003.- С. 151-155.

*М. Skrypnychenko*

## COMPREHENSIVE MACRO-MODELS FOR ECONOMIC FORECASTING

*The paper investigates methodological approaches to the formation of comprehensive macro-models for the forecasting of economic development. The author has developed a complex of integrated macro-economic models for medium- and long-term forecasting according to the structure of «star» simplex-complex comprising the following elements: sectoral models of economic development, models of inter-sectoral flows, models of the development of inflationary processes, models for assessing the potential GDP, a model of transition to endogenously oriented development strategy inter-country models of economic development, scenarios of simulation-based forecasting for assessing the macro-economic policy of efficient development.*