

МОДЕЛЮВАННЯ ДЕРЖАВНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ

У статті представлено модель державного сектору економіки, розроблену за допомогою методу системної динаміки, що дозволяє відтворити складні нелінійні взаємозв'язки між показниками цього сектору та зовнішнім середовищем у динаміці, а також проводити сценарний аналіз впливу окремих чинників на поведінку всієї системи та її стійкість до системних ризиків. Розроблена модель відтворює не тільки дійсні причинно-наслідкові зв'язки між елементами економічної системи, але й поглиблює розуміння умов функціонування державного сектору в цілому в умовах нестабільного внутрішнього та зовнішнього середовища.

Ключові слова: складна система, доходи державного бюджету, видатки державного бюджету, державний борг, нестабільність, ризики, моделювання, методи системної динаміки.

Актуальність та аналіз попередніх досліджень. Проблеми державного регулювання, визначення його переваг, недоліків, напрямів та обмежень були й залишаються об'єктами дослідження та дискусій провідних українських і західних учених протягом багатьох років. Особливої актуальності вони набувають на сучасному етапі глобалізації та світової фінансової нестабільності. Дійсно, оскільки на державу покладається перелік обов'язків із забезпечення соціальних гарантій населення та стійкого економічного розвитку загалом, то в умовах підвищеної загрози дії дестабілізуючих чинників і зростання державного боргу надзвичайно важливим стає пошук нової моделі державного регулювання, зокрема ефективних інструментів регулювання доходів і видатків державного бюджету, дефіциту державного бюджету та державного боргу для забезпечення макроекономічної стабільності України як у середньостроковій, так і довгостроковій перспективі. Визначення таких інструментів, аналіз їх адекватності та ефективності в умовах дії дестабілізуючих чинників і підвищених ризиків неможливо здійснити без застосування сучасних економіко-математичних методів і моделей, а також побудови загальної макромоделі державного сектору національної економіки.

Зауважимо, що проблемами моделювання державного сектору загалом, а також моделювання його окремих складових займалось доволі широке коло українських і західних учених. Зокрема, проблеми формування бюджету та накопичення боргу досліджували К. Базилевич, Ю. Матвеева, Т. Меркулова, О. Немець, О. Царук, Р. Барро, Д. Елмендорф, Г. Манків, Е. Прескотт та інші [1; 4; 5; 7; 9]. Дослідження багатьох учених

базуються в основному на застосуванні багатofакторних регресійних моделей, які не дають змоги проведення системного аналізу взаємовпливу основних макроекономічних індикаторів в умовах структурних зрушень і нестабільності взаємозв'язків економічної системи загалом [1; 2; 3; 4; 5; 6]. Відповідно, залишається актуальною розробка макромоделі державного сектору економіки України, яка б давала змогу формалізувати складні нелінійні взаємозв'язки між її елементами, відтворювала б динамічну поведінку її основних параметрів і дозволяла аналізувати ефективність державних регуляторних інструментів для забезпечення її стабільності та протидії внутрішнім і зовнішнім ризикам як у середньостроковій, так і довгостроковій перспективі.

Мета і завдання. Метою цього дослідження є розробка макромоделі державного сектору економіки України на основі методів системної динаміки, що дозволяє формалізувати складні нелінійні взаємозв'язки між основними її елементами, а також досліджувати та кількісно оцінювати вплив основних регулюючих інструментів в умовах дії дестабілізуючих факторів і підвищених ризиків. Завданнями, виконання яких передбачає досягнення мети, є виявлення основних причинно-наслідкових зв'язків між елементами державного сектору української економіки; представлення їх через апарат системної динаміки; оцінка невідомих параметрів макромоделі державного сектору та перевірка її на адекватність, а також проведення на основі розробленої моделі сценарного аналізу стійкості державного сектору до основних дестабілізуючих факторів та пошук регуляторних інструментів протидії зовнішнім і внутрішнім ризикам і

шокам для забезпечення стабільного економічного розвитку української економіки.

Результати дослідження. До основних елементів державного сектору економіки, які визначають не тільки напрями та стабільність економічного розвитку, а й є основними його регуляторами в умовах підвищених ризиків і шоків, можна віднести державні доходи, видатки, дефіцит державного бюджету та рівень державного боргу.

Проведений статистичний аналіз показує, що доходи держави зростали протягом усього обраного нами періоду дослідження, а саме з 2002 р. по 2012 р. включно. Причому загальний темп зростання доходів становить близько 22,7 % щорічно. Слід зазначити, що починаючи з 2002 р. доходи держави зросли від 61 984 млн грн до 445 525 млн грн, або на 619 %. Оскільки надходження до державного бюджету здійснюються через два основні джерела: податкові та неподаткові, то проведений статистичний аналіз цих складових показує, що загальна частка податкових надходжень зростає протягом 2002–2012 рр. з 45 392 млн грн до 360 567 млн грн у абсолютних показниках та у відсотковому співвідношенні до загальних доходів від 73,3 % до 80,9 %. Хоча загальна тенденція виявляє зростання частки державних доходів, що отримані від податків, одночасно з тим відбувається і перерозподіл основних джерел усередині цієї категорії. Так, найбільшу частку протягом усього періоду дослідження становив податок на додану вартість – від 26,9 % у 2002 р. до 38,5 % у 2012 р. Одночасно два інші найпоширеніші податки забезпечують усе меншу частку доходів. Так, наприклад, частка податку на доходи фізичних осіб зменшилася з 23,8 % до 18,9 %, а податку на прибуток підприємств – від 20,7 % до 15,5 % [11].

Видатки державного бюджету розраховуються відповідно до декількох основних критеріїв: поперше, їх здійснення має забезпечити виконання передбачених програм; по-друге, їх розмір має співвідноситися з наявними джерелами коштів. Відтак видатки теж зростають разом з доходами. Загальне зростання протягом досліджуваного періоду становило від 60 490 млн грн у 2002 р. до 492 455 млн грн у 2012 р., або 714 %. При цьому середній щорічний темп приросту дорівнював 23,9 %. У той же час необхідний мінімальний розмір видатків перевищує доходи, що призводить до дефіциту державного бюджету. Розмір дефіциту коливається протягом періоду дослідження. Мінімального рівня він досяг у 2002 р., коли спостерігався профіцит бюджету, а максимального рівня – у 2010 р., коли перевищення державних видатків над державними доходами становило 20,14 %.

Відповідно до дефіциту державного бюджету відбувається і ріст обсягу державного боргу. Критичні показники його збільшення припали на 2009 р. і 2010 р., коли зростання становило 83,3 % та 130,6 % до попереднього періоду відповідно [11].

Адекватне моделювання економічних процесів, притаманних державному сектору економіки, крім дослідження динаміки розвитку основних макроекономічних показників, передбачає детальний аналіз і коректну формалізацію їх взаємозв'язків. У формалізованому вигляді узагальнена структура державного сектору української економіки представлена на рис. 1. При цьому введено такі позначення: *GDP* – внутрішній валовий продукт (ВВП), *Governmental Budget* – державний бюджет, *Governmental Debt* – державний борг, *Governmental Income* – доходи державного бюджету, *VAT* – податок на додану вартість, *Income Tax* – податок на доходи фізичних осіб, *Profit Tax* – податок на прибуток підприємств, *Fraction of Other Income* – частка іншого доходу державного бюджету, *Governmental Purchases* – державні закупівлі, *Governmental Transfers* – державні трансферти, *Paying Off Debt* – сума виплат за державним боргом, *Governmental Spending* – видатки державного бюджету, *Deficit* – дефіцит державного бюджету, *Interest Payments* – відсоткові виплати за державним боргом, *Nominal Tax Rate* – номінальна ставка податку, *Tax Rate Effectiveness* – ефективність номінальної ставки податку (розрахована як частка надходжень до державного бюджету у відношенні до потенційного розміру доходів від номінальної ставки).

Як можна побачити з рис. 1, зважаючи на розмір номінальних ставок (*Nominal Tax Rate*) та ефективність стягнення податків (*Tax Rate Effectiveness*), розраховується загальний обсяг податкових надходжень до бюджету (*Taxes*). З урахуванням інших джерел доходу (*Other Income*) та допустимого рівня дефіциту по відношенню до ВВП (*Deficit Rate*) формується державний бюджет (*Governmental Budget*), у рамках якого відбуваються коригування до запланованих державних видатків (*Governmental Spending*). Причому враховується, що прямим обмеженням через недостатність коштів у бюджеті підлягає лише частина державних закупівель (*Governmental Purchases*), тоді як трансферти (*Governmental Transfers*) та виплати боргу (*Paying Off Debt*) відбуваються по захищених статтях. Отриманий профіцит направляється до заощаджень (*Governmental Savings*) з метою подальшого використання в бюджетному процесі, дефіцит же покривається або за рахунок власне заощаджень

попередніх періодів, або через позики (*Borrowings*), які формують державний борг (*Governmental Debt*). Виплати боргу збільшують видаткову частину бюджету, що створює ефект підсилення та провокує подальше зростання боргу. Разом з тим при досягненні критичних показників боргу до ВВП (*Debt to GDP*) держава змушена використовувати механізми регулювання ставок податку та збільшувати доходи бюджету, що забезпечить зменшення дефіциту і боргу внаслідок цього. Такий причинно-наслідковий зв'язок стримує зростання боргу і протидіє попередньо визначеному ефекту постійного його примноження [8; 10].

З огляду на виявлену причинно-наслідкову залежність між основними показниками державного сектору економіки, розроблено макромодель цього сектору, яка складається з ряду рівнянь, основними з яких є ті, що описують динаміку накопичення ключових складових: бюджету та боргу, які за допомогою інструментарію системної динаміки можуть бути представлені в такому узагальненому вигляді:

$$\text{Governmental_Budget}(t) = \text{Governmental_Budget}(t-dt) + (\text{Changes_in_Budget}) * dt \quad (1)$$

$$\text{Changes_in_Budget}(t) = \text{Budget_Gap}(t) / \text{Time_to_Adjust_Budget} \quad (2)$$

$$\text{Governmental_Debt}(t) = \text{Governmental_Debt}(t-dt) + (\text{Borrowings} - \text{Repayments}) * dt \quad (3)$$

$$\text{Borrowings}(t) = \text{if Deficit} > 0 \text{ then Deficit}(t) \text{ else } 0 \quad (4)$$

$$\text{Repayments}(t) = \text{Governmental_Debt}(t) / \text{Maturity_Time}, \quad (5)$$

де $dt \approx \Delta t$ – проміжок часу, через який відбувається перерахунок моделі;

Budget_Gap – різниця між наявним та визначеним за мету розміром державного бюджету;

Time_to_Adjust_Budget – час для пристосування бюджету до визначеного розміру (років);

Maturity_Time – середній строк погашення державного боргу (років).

Взаємозв'язки між основними складовими державного сектору економіки, що впливають на зміну таких двох його показників, як державний бюджет та борг, відображено у таких рівняннях:

$$\text{Governmental_Income}(t) = (\text{Taxes}(t) / (1 - \text{Fraction_of_Other_Income}(t))) \quad (6)$$

$$\text{Taxes}(t) = \text{VAT_Income}(t) + \text{Income_Tax_Income}(t) + \text{Profit_Tax_Income}(t) \quad (7)$$

$$\text{Governmental_Purchases}(t) = \max(\min(\text{Governmental_Budget}(t) - \text{Governmental_Transfers}(t) - \text{Paying_Off_External_Debt}(t), \text{Indicated_Purchases}(t)), 0) \quad (8)$$

$$\text{Governmental_Spending}(t) = \text{Governmental_Purchases}(t) + \text{Governmental_Transfers}(t) + \text{Paying_Off_External_Debt}(t) \quad (9)$$

$$\text{Deficit}(t) = \text{Governmental_Spending}(t) - \text{Governmental_Income}(t) \quad (10)$$

$$\text{Interest_Payments}(t) = \text{Governmental_Debt}(t) * \text{Avg_Interest_Rate}(t) \quad (11)$$

$$\text{Paying_off_Debt}(t) = \text{Repayments}(t) + \text{Interest_Payments}(t) \quad (12)$$

$$\text{Debt_to_GDP}(t) = \text{Governmental_Debt}(t) / \text{GDP}(t) \quad (13)$$

$$\text{VAT_Tax_Effective_Rate}(t) = \text{VAT_Nominal_Tax_Rate}(t) * \text{VAT_Rate_Effectiveness}(t) \quad (14)$$

$$\text{Income_Tax_Effective_Rate}(t) = \text{Income_Nominal_Tax_Rate}(t) * \text{Income_Rate_Effectiveness}(t) \quad (15)$$

$$\text{Profit_Tax_Effective_Rate}(t) = \text{Profit_Nominal_Tax_Rate}(t) * \text{Profit_Tax_Rate_Effectiveness}(t), \quad (16)$$

де *Paying_Off_External_Debt* – виплати за зовнішнім державним боргом;

Avg_Interest_Rate – середній розмір відсоткової ставки по державному боргу у річному вимірі.

Формування боргу описано системою рівнянь (1–16). Як було зазначено, цей процес діє за принципом підсилення та нарощення боргу через послідовне збільшення витрат і дефіциту через збільшення боргу. Одночасно наявний механізм стримування (*Policy_Switcher*) або застосовується урядом за потреби, або автоматично вступає в дію, коли досягає критичної межі у 60 % розміру боргу до ВВП. Основою цієї політики є пристосування рівня доходів державного бюджету до необхідного рівня витрат, відповідно визначається оптимальний рівень доходів (*Indicated_Income*) та дефіциту. Рівень доходів регулюється через поступове збільшення номінальної ставки одного з податків (*VAT*, *Income Tax*, *Profit Tax*) або через збільшення ефективності системи збору податку (*VAT*, *Income Tax*, *Profit Tax*) [10], що може бути записано у вигляді рівняння (17):

$$\text{Indicated_Income}(t) = \text{if Policy_Switcher}(t) = 1 \text{ then Governmental_Spending}(t) \text{ else Governmental_Income}(t). \quad (17)$$

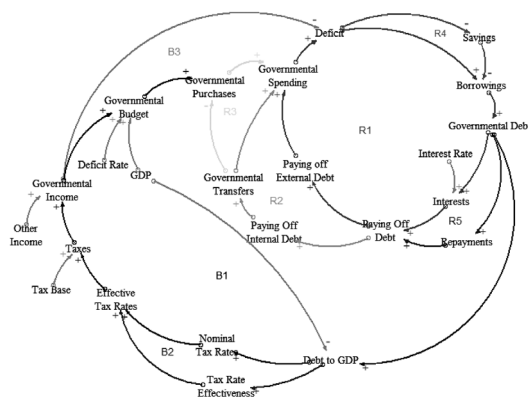


Рис. 1. Узагальнена схема взаємозв'язків між основними елементами державного сектору економіки

Оцінка невідомих параметрів моделі державного сектору економіки, що описується системою рівнянь (1–14), дозволяє дослідити динаміку зміни видатків та доходів державного бюджету, комбінація яких продукує державний борг та дає змогу визначити політику виплат по ньому протягом заданого періоду часу.

У результаті реалізації розробленої моделі було відтворено поведінку основних складових державного сектору економіки, зокрема доходів та видатків державного бюджету, а також накопичення державного боргу через постійний дефіцит бюджету. Як можна побачити з графіків, наведених на рис. 2 і 3, розраховані значення показників максимально наближені до своїх фактичних значень, що свідчить про достатньо високий ступінь адекватності розробленої моделі та її прогнозної якості. Аналогічні висновки підтверджуються і на основі розрахунку значень критеріїв прогнозної якості.

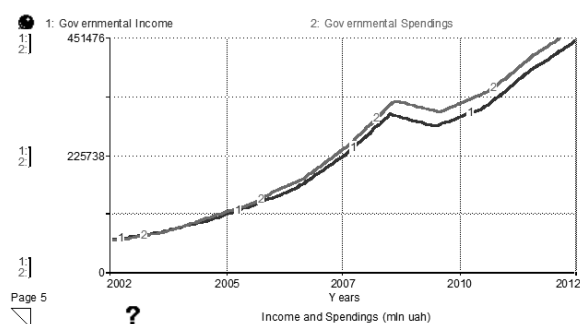


Рис. 2. Розрахована динаміка доходів (Governmental Income) та видатків державного бюджету (Governmental Spending) протягом 2002–2012 рр.

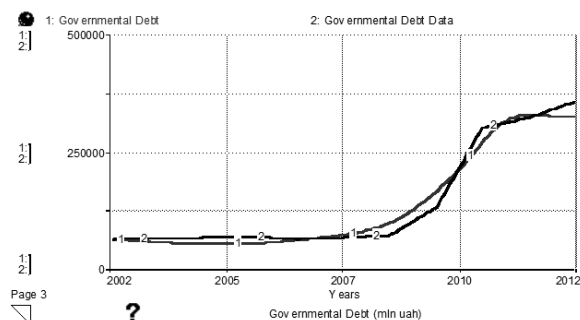


Рис. 3. Порівняння динаміки обсягу державного боргу (Governmental Debt) протягом 2002–2012 рр. за результатами моделювання та фактичними даними (Governmental Debt Data)

Висновок. Особливості державного сектору економіки України, зокрема чутливість до дії зовнішніх і внутрішніх чинників, визнача-

ють необхідність системного підходу до його аналізу. Загальною методологічною базою попередніх досліджень слугували кореляційно-регресійний підхід до визначення напряму та кількісної оцінки взаємозв'язків показників цього сектору, який передбачає низку обмежень та значно спрощує ступінь відтворення реальних процесів, особливо в умовах макроекономічної нестабільності та підвищених ризиків. Використання методів системної динаміки дає змогу відтворити не лише лінійні, а й більш складні взаємозалежності між макроекономічними показниками як усередині державного сектору, так і з елементами зовнішнього середовища, а також визначити особливості їх поведінки в динаміці під дією різноманітних чинників та шоків. Проведено детальний статистичний аналіз зміни основних елементів державного бюджету: доходів та видатків, формування на основі їх взаємодії бюджетного дефіциту, нарощення боргу для фінансування наявного дефіциту. Протягом останніх десяти років наочно продемонстровано високий темп зростання частки перевищення видатків над доходами та відповідно швидке збільшення державного боргу. Цей феномен підтверджено і результатами розрахунків на основі розробленої динамічної імітаційної моделі державного сектору економіки України. Аналіз розрахунків на реальній інформації протягом 2002–2012 рр. дозволяє зробити висновок і про досить високу релевантність і прогнозну якість розробленої моделі, оскільки вона достатньо точно відтворює як динаміку основних показників, так і основні поворотні точки, що дозволяє використовувати її для ґрунтовного якісного та кількісного аналізу основних причинно-наслідкових зв'язків між елементами державного сектору української економіки; оцінки його стійкості до дії дестабілізуючих факторів; прогнозу його основних показників у середньостроковій і довгостроковій перспективі, а також визначення регуляторних інструментів протидії зовнішнім та внутрішнім ризикам і шокам для забезпечення стабільного економічного розвитку української економіки.

Проведені дослідження та результати моделювання підтверджують перспективність використання методів системної динаміки для побудови моделей економічних та фінансових систем різного рівня складності, зокрема для подальшого удосконалення моделей державного сектору України та національної економіки загалом.

Список літератури

1. Базилевич К. Моделювання взаємозв'язків дефіциту державного бюджету України з показниками макроекономічної динаміки / К. Базилевич, О. Царук // Банківська справа. – 2002. – № 3. – С. 24–29.
2. Лук'яненко І. Г. Динамічні макроеконометричні моделі. Новий концептуальний підхід / І. Г. Лук'яненко. – К. : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2003. – 50 с.
3. Лук'яненко І. Г. Системне моделювання показників бюджетної системи України: Принципи та інструменти : монографія / І. Г. Лук'яненко. – К. : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2004. – 584 с.
4. Матвєєва Ю. Аналіз зовнішнього державного боргу та макроекономічних показників за допомогою багатofакторного моделювання / Ю. Матвєєва // Екон.-мат. моделювання соц.-екон. систем : зб. наук. пр. – К. : МННЦІТС НАН та МОН України, 2012. – № 17. – С. 143–159.
5. Меркулова Т. Моделювання динаміки державного боргу / Т. Меркулова, О. Немець // Часопис соціально-економічної географії. – 2008. – № 4. – С. 167–172.
6. Султан К. Методологічні аспекти розробки та практичного застосування макроеконометричної моделі України : монографія / К. Султан, І. Г. Лук'яненко, Ю. О. Городніченко. – К. : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2000. – 204 с.
7. Elmendorf D. W. Government Debt [Електронний ресурс] / Douglas W. Elmendorf, N. Gregory Mankiw // NBER Working Papers 6470, National Bureau of Economic Research. – 1998. – Режим доступу: <http://www.nber.org/papers/w6470.pdf>
8. Homer J. B. Partial model testing as a validation tool for system dynamics / Jack B. Homer // System Dynamics Review. – 2012. – Vol. 28, Issue 3. – P. 281–294.
9. Kydland F. Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plan / F. Kydland, E. Prescott // Journal of Political Economy. – 1977. – Vol. 85. – P. 473–490.
10. Models of Public Budgeting and Accounting Reform / Richard Allen, Tom Allen, Aad Bac, James Chan at al. // Organization for Economic Co-operation and Development Journal on Budgeting, 2002. – Vol. 2, Supplement 1. – P. 81–106.
11. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua

I. Lukyanenko, P. Dadashova

MODELING OF GOVERNMENTAL SECTOR OF UKRAINE WITH METHODS OF SYSTEM DYNAMICS

This paper presents the model of public sector developed with the method of system dynamics, which allows reproducing complex nonlinear dependence between indicators in sector, and conducting scenario analysis of the impact of individual factors on the behavior of the whole system and its resistance to systemic risks. The developed model reproduces not only the actual causal relationships between elements of economic system, but also deepens understanding of the conditions of functioning of the governmental sector as a whole in circumstances of an unstable internal and external environment.

Keywords: complex system, income of governmental budget, spending of governmental budget, governmental debt, instability, risks, modeling, methods of system dynamics.

Матеріал надійшов 03.02.2014