

Світлана Сергіївна Турлакова

д-р екон. наук, доцент

ORCID 0000-0002-3954-8503

e-mail: svetlana.turlakova@gmail.com,

Інститут економіки промисловості НАН України, м. Київ,

Роман Борисович Резніков

д-р філос. з економіки

ORCID 0000-0001-5581-5651

e-mail: 4724622@gmail.com,

ТЗОВ «ІТ «Intellias», м. Львів,

Савелій Васильович Балабанов

студент

e-mail: balabanov02003@gmail.com,

Національний університет біоресурсів
і природокористування України, м. Київ

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІСКАЛЬНОГО СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

Актуальність. Смарт-промисловість являє собою нову парадигму промислового розвитку, що виникла в результаті цифровізації, автоматизації та інновацій у виробничому секторі. Ці процеси підвищують ефективність, конкурентоспроможність та екологічність виробництва, а також сприяють створенню нових видів продукції та послуг, які відповідають потребам та очікуванням сучасного суспільства.

У світовому масштабі смарт-промисловість вважається одним з ключових факторів Четвертої промислової революції, яка змінює умови та правила глобальної економіки. Багато країн активно розробляють та реалізують національні стратегії та програми підтримки смарт-промисловості з метою збереження та посилення своїх конкурентних переваг. Наприклад, Німеччина має ініціативу «Індустрія 4.0», США – «Промисловий інтернет», Китай – «Маде ін Чайна 2025» тощо [1].

На сьогодні в Україні розвиток смарт-промисловості відбувається у надскладних умовах. З одного боку, Україна стикається з викликами, пов'язаними з втратою частини своєї території у 2014 р., веденням повномасштабної війни з Російською Федерацією (2022-дотепер), політичної нестабільності і корупції. При цьому наслідки війни за період 2022-2023 рр. наступні:

– за даними Держстату, реальний ВВП України скоротився на 29,2% у 2022 році та на 15,8% у першому кварталі 2023 року. Основними чинниками зниження ВВП були зростання витрат на оборону, зменшення обсягу промислового виробництва та сільськогосподарської продукції, порушення транспортних і енергетичних зв'язків, падіння експорту та імпорту, зростання інфляції та девальвація гривні [38];

– за даними МВФ, інфляція в Україні досягла 47,8% у 2022 році та 32,4% у першому кварталі 2023 року [39]. Головними причинами інфляційного тиску були падіння валютного курсу гривні, зростання цін на енергоносії та продовольство на світових ринках, збитки сектора смарт-промисловості через кібер-

атаки Росії, а також недосконала фіскальна та монетарна політика;

– за даними ООН, близько 13,5 млн осіб були вимушено переміщені через конфлікт у 2022-2023 роках. Близько 7 млн осіб опинилися за межею бідності. Серед них близько 4 млн осіб потребують гуманітарної допомоги. ООН також оцінила загальний обсяг гуманітарних потреб України у 2023 році на суму 1,5 млрд доларів [40].

З другого боку, Україна має значний промисловий потенціал і науково-технічну базу, які можуть бути використані для модернізації і інновації в промисловості. Тому розвиток смарт-промисловості є дуже важливим для підвищення економічної безпеки, енергонезалежності і інтеграції України в світову економіку.

Для підтримки та розвитку смарт-промисловості необхідне застосування ефективних інструментів державної політики, серед яких одним із ключових є фіскальне стимулювання. Фіскальне стимулювання включає в себе різноманітні заходи з оподаткування, бюджетних видатків, державних інвестицій та боргового фінансування, які спрямовані на залучення інвестицій для розвитку смарт-виробництва та впровадження інновацій у смарт-промисловість.

Для аналізу впливу фіскальних стимулів на різні аспекти розвитку смарт-промисловості, а також для визначення оптимального рівня та структури фіскального стимулювання з огляду на обмеження та цілі держави необхідним є використання економіко-математичних моделей. Економіко-математичні моделі дають змогу формалізувати та кількісно оцінити ступінь впливу тих чи інших фіскальних стимулів щодо розвитку смарт-промисловості на такі важливі економічні параметри як обсяг виробництва, споживання, структуру зайнятості, інвестицій, інновацій, економічне зростання та добробут.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню економіко-математичного моделювання фіскального стимулювання розвитку смарт-промисло-



вості присвячено роботи провідних вітчизняних та зарубіжних вчених, як: І. Кораблінов [2-4], О. Степаненко [2-4], О. Кораблінова [3], В. Савчук [4], У. Позднякова, А. Боговиз, С. Лобова, Ю. Рагуліна, Е. Попова [5].

Вчені виявили основні проблеми податкового стимулювання Industry 4.0 і розробили рекомендації для їх вирішення, базуючись на світовому досвіді та сучасних викликах. Вони також проаналізували основні чинники, що впливають на формування смарт-промисловості, і розробили концептуальну модель системи фінансового стимулювання для її подальшого розвитку. Надали рекомендації, щодо покращення фінансового забезпечення смарт-промисловості в Україні, включаючи оптимізацію податкового навантаження, залучення іноземних інвестицій, та розвиток фондового ринку.

Проте, розглянуті роботи науковців в повній мірі не вирішують завдання визначення оптимальних механізмів та інструментів функціонування системи фіскального стимулювання розвитку смарт-промисловості, яка б найкращим чином враховувала особливості вітчизняної економіки і сучасні виклики глобалізації, цифрової трансформації.

Мета і завдання дослідження. Метою статті є дослідження сучасних економіко-математичних моделей фіскального стимулювання розвитку смарт-промисловості, а також надання рекомендацій щодо покращення цих моделей для забезпечення можливості їх застосування в сучасних умовах розвитку національної економіки.

Виклад основного матеріалу. Смарт-промисловість – це новий напрямок розвитку промисловості, який базується на використанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, штучного інтелекту, великих даних, інтернету речей та інших інноваційних рішень [7]. Смарт-промисловість має потенціал покращити продуктивність, якість, ефективність

та конкурентоспроможність промислових підприємств, а також зменшити їх екологічний вплив та енергоспоживання. Смарт-промисловість також сприяє створенню нових ринків, продуктів, послуг та бізнес-моделей, які вимагають високої кваліфікації та креативності працівників.

Смарт-промисловість є одним з ключових факторів переходу до четвертої промислової революції (Industry 4.0), яка характеризується цифровою трансформацією та глобалізацією промислового сектору необхідно стимулювати розвиток смарт-промисловості на регуляторному, інституційному та функціональному рівнях. У цьому контексті можна виділити два основних напрями стимулювання: монетарний та фіскальний. Монетарне стимулювання передбачає забезпечення доступності кредитних ресурсів для промислових підприємств шляхом зниження процентних ставок, збільшення грошової маси, надання гарантій тощо. Фіскальне стимулювання полягає в застосуванні податкових інструментів, що сприяють інвестиціям, інноваціям, енергоефективності та конкурентоспроможності промислових підприємств. Фіскальне стимулювання може мати різні форми, такі як податкові пільги, податкові канікули, спеціальні податкові режими, податкові кредити тощо. У цій статті було зосереджено увагу на функціональному напрямку стимулювання смарт-промисловості, а зокрема на фіскальному стимулюванні, оскільки воно має значний вплив на інвестиційний клімат і конкурентоспроможність промислового сектору. Також воно дозволяє прямо впливати на податкове навантаження та економічну атрактивність промислових підприємств, а також тому що в Україні існує значний потенціал для оптимізації податкової системи з урахуванням потреб смарт-промисловості.

Фіскальне стимулювання має свої переваги та недоліки, які детально розглянуті у табл. 1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки фіскального стимулювання смарт-промисловості

Переваги	Недоліки
Сприяє економічному зростанню та створенню робочих місць	Може призвести до збільшення дефіциту бюджету та державного боргу
Стимулює інноваційність та конкурентоспроможність промислового сектору	Може викликати інфляційний тиск та підвищення процентних ставок
Підвищує продуктивність та ефективність використання ресурсів	Може вимагати координації з іншими країнами та регіонами
Покращує якість та доступність інфраструктури, освіти та навчання	Може стикатися з інституційними та політичними перешкодами
Зменшує екологічний вплив промисловості та сприяє енергоефективності	Може порушити баланс між попитом і пропозицією на ринку праці
Забезпечує соціальну захищеність та покращення якості життя населення	Може спричинити негативні наслідки для інших секторів економіки

Фіскальне стимулювання смарт-промисловості може підштовхнути економічний розвиток, стимулювати інновації та покращити соціальне благополуччя, хоча такий підхід також може призвести і до бюджетних труднощів, інфляційного тиску, інституційних викликів та можливих перешкод для інших економічних секторів. Незважаючи на можливі ризики, фіскальне стимулювання широко використовується багатьма

країнами з розвинутою або перехідною економікою, такими як Німеччина, Китай, США, Японія, Польща тощо [7]. Це свідчить про його ефективність у забезпеченні конкурентних переваг на глобальному ринку.

Щоб проводити якісне фіскальне стимулювання та прогнозувати його наслідки для смарт-промисловості потрібно використовувати економіко-матема-

тичні моделі, при цьому слід розуміти, що вони залежать від специфіки економіки окремої країни.

Розглянемо економіко-математичні моделі фіскального стимулювання, які використовуються для оцінки впливу впровадження тих чи інших стимулів на економіку держав.

Першою моделлю буде розглянуто двовимірну макроекономічну модель IS-LM, яка була розроблена британським економістом Джоном Хіксом у 1937 році як математичне представлення кейнсіанської макроекономічної теорії [8]. Пізніше модель була розширена американським економістом Елвіном Гансенем [10; 11].

Модель IS-LM показує взаємозв'язок між виробництвом та процентними ставками на ринку грошей та ринку товарів і послуг. Модель складається з двох кривих: IS (investment-saving) і LM (liquidity preference-money supply). Крива IS відображає набір всіх рівнів процентних ставок і виробництва, при яких загальні інвестиції дорівнюють загальним заощадженням. Крива LM відображає набір всіх рівнів виробництва і процентних ставок, при яких грошова пропозиція дорівнює попиту на грошову ліквідність. Точка перетину кривих IS і LM показує рівновагу між ринком грошей та реальною економікою.

Модель може бути використана для аналізу ефектів різних політик на рівень виробництва та процентної ставки. Наприклад, модель може показати, як зміна державних витрат або грошової пропозиції вплине на точку рівноваги IS-LM і, отже, на обсяг економічної активності.

Модель включає в себе два рівняння:

IS крива є комбінацією всіх точок рівноваги на ринку товарів (IS означає "Investment-Saving" – "Інвестиції-Заощадження"). Рівняння для IS кривої виглядає наступним чином:

$$IS: Y = C(Y - T) + I(r) + G, \quad (1)$$

де Y – це агрегатний дохід;

$C(Y - T)$ – це споживчі витрати, які залежать від обсягу доходу після оподаткування ($Y - T$);

$I(r)$ – інвестиції, які залежать від відсоткової ставки (r);

G – державні витрати;

T – податки.

LM крива представляє ринок грошей (LM означає "Liquidity preference-Money supply" – "Попит на гроші-Постачання грошей"). Рівняння для LM кривої виглядає наступним чином:

$$\frac{M}{P} = L(r, Y), \quad (2)$$

де M/P – реальна грошова маса (номінальна грошова маса M , поділена на рівень цін P),

$L(r, Y)$ – попит на гроші, який залежить від відсоткової ставки (r) та обсягу доходу (Y).

Модель IS-LM, хоча і є корисним інструментом для аналізу макроекономічних явищ, має декілька обмежень:

– Лінійність: Модель IS-LM, як правило, використовує лінійні рівняння для опису взаємозв'язків між різними змінними. Проте, в реальному світі ці взаємозв'язки можуть бути нелінійними. Так, наприклад, відношення між виробництвом і ставками про-

цента може змінюватися в залежності від стану економіки, і це не завжди може бути відображено лінійною функцією.

– Стаціонарність: Модель IS-LM припускає, що структура економіки залишається незмінною в часі. Проте, в реальному світі економічні структури постійно змінюються, наприклад, через технологічний прогрес, зміни в населенні, і т.д.

– Рівновага: Модель IS-LM фокусується на визначенні рівноважних станів, де попит дорівнює пропозиції на товарному і грошовому ринках. Проте, в реальному світі економіка може бути далеко від рівноваги протягом тривалого часу, і динаміка поза рівновагою може бути дуже важливою.

– Абстракція від деталей: Модель IS-LM є досить агрегованою і не враховує багато деталей реальної економіки. Наприклад, вона не розглядає окремі сектори економіки, різні типи товарів або послуг, різні види господарських агентів тощо.

Модель IS-LM використовується для аналізу різних сценаріїв макроекономічної політики і економічних шоків. Ось деякі приклади очікуваних результатів використання моделі IS-LM:

– Вплив фіскальної політики: Збільшення державних витрат (G) змістить криву IS вправо, що призведе до зростання доходу (Y) і відсоткових ставок (r). Такий результат є основою кейнсіанської концепції спонукання економічного зростання через збільшення державних витрат.

– Вплив грошової політики: Збільшення грошової маси (M) змістить криву LM праворуч, що призведе до зниження відсоткової ставки (r) і зростання доходу (Y). Це підтверджує концепцію монетаризму, що грошова політика може бути ефективною для стимулювання економічного зростання.

– Вплив економічних шоків: Несприятливі шоки, такі як зростання цін на нафту або фінансова криза, можуть змістити криві IS або LM, змінюючи рівноважну відсоткову ставку і дохід. Модель IS-LM може допомогти аналізувати, як ці шоки впливають на економіку і які політичні заходи можуть бути ефективними для стабілізації економіки.

Модель IS-LM має декілька переваг і недоліків. Серед переваг моделі IS-LM слід відзначити наступне:

– Простота і наглядність: Модель IS-LM є досить простою і дозволяє наглядно демонструвати взаємозв'язки між ключовими макроекономічними змінними.

– Аналіз економічної політики: Модель IS-LM дозволяє аналізувати вплив різних видів економічної політики (грошової і фіскальної) на обсяг виробництва і відсоткові ставки.

– Вивчення економічних шоків: Модель допомагає розуміти, як різні економічні шоки впливають на макроекономіку.

Серед недоліків моделі IS-LM:

– Закрита економіка: Модель IS-LM базується на припущенні, що ми розглядаємо закриту економіку без міжнародної торгівлі та капітальних потоків, що є неадекватним для більшості сучасних економік.

– Статична модель: Модель IS-LM статична та не враховує динаміку або затримки в адаптації господарських агентів до змін у економічній політиці чи умовах ринку.

– Жорсткість цін і зарплат: Модель припускає жорсткість цін і зарплат, що може бути неадекватним

у багатьох ситуаціях, особливо в довгостроковій перспективі.

– Відсутність невизначеності: Модель IS-LM не враховує невизначеність, яка може значно впливати на поведінку господарських агентів.

– Лінійність: Модель IS-LM в основному використовує лінійні функції, що можуть не відображати реальні нелінійні взаємозв'язки.

Фіскальне стимулювання смарт-промисловості в моделі IS-LM може бути відображено як збільшення державних витрат, виглядає це наступним чином:

– Збільшення державних витрат на інфраструктуру, інновації, підтримку малого та середнього бізнесу, освіти та навчання, що сприяють розвитку смарт-промисловості, призведе до зрушення кривої IS праворуч – це спричинить підвищення процентної ставки та виробництва.

– Збільшення державних витрат збільшує грошовий попит (L), що призведе до зрушення кривої LM ліворуч – це спричинить подальше підвищення процентної ставки та зниження виробництва.

– Якщо монетарна політика є гнучкою та грошова пропозиція (M) збільшується для підтримки фіскального стимулювання – крива LM може зрушитися праворуч, що спричинить зниження процентної ставки та збільшення виробництва.

Враховуючи викладені особливості, можна представити наступні рекомендації щодо покращення моделі IS-LM для застосування в сучасних умовах розвитку національної смарт-промисловості:

1. Врахування особливостей смарт-промисловості

Смарт-промисловість вимагає врахування таких особливостей, як:

– Високий ступінь інноваційності та динамічності, що потребує постійного оновлення технологій, навичок та знань.

– Велика залежність від цифрової інфраструктури, що забезпечує зв'язок між фізичними та віртуальними компонентами виробництва.

– Сильна міжнародна конкуренція та співпраця, що вимагає адаптації до глобальних стандартів та ринків.

2. Модифікації

– Крива IS повинна враховувати не тільки інвестиції та заощадження, але й інноваційний попит та пропозицію, які залежать від рівня технологічного розвитку, науково-дослідної діяльності, патентної активності тощо.

– Крива LM повинна враховувати не тільки грошову пропозицію та попит, але й цифрову пропозицію та попит, які залежать від розподілу цифрових активів, доступності широкосмугового інтернету, кібербезпеки тощо.

– Модель повинна включати додатковий параметр – обмінний курс, який впливає на експортно-імпортну діяльність смарт-промисловості та її конкурентоспроможність на світових ринках.

3. Застосування її до регіонального розвитку смарт-промисловості

Україна має значну територіальну неоднорідність у розвитку смарт-промисловості, що потребує диференційованого підходу до формування фіскальної політики. Тому модель IS-LM повинна бути застосована до регіонального розвитку, враховуючи специфіку кожного регіону:

– Для регіонів з високим потенціалом смарт-промисловості (таких як Київська, Львівська, Харківська області) фіскальне стимулювання повинно бути спрямоване на підтримку існуючих та нових інноваційних проектів, залучення іноземних інвестицій, розвитку цифрової інфраструктури та міжнародної співпраці.

– Для регіонів з середнім потенціалом смарт-промисловості (таких як Одеська, Дніпропетровська, Запорізька області) фіскальне стимулювання повинно бути спрямоване на модернізацію традиційних галузей промисловості, підвищення кваліфікації робочої сили, створення регіональних інноваційних екосистем.

– Для регіонів з низьким потенціалом смарт-промисловості (таких як Луганська, Донецька, Чернігів-

ська області) фіскальне стимулювання повинно бути спрямоване на вирішення соціально-економічних проблем, забезпечення базових умов для розвитку смарт-промисловості, залучення державних та міжнародних програм допомоги.

Наступною в межах дослідження економіко-математичних моделей фіскального стимулювання розвитку вітчизняної смарт-промисловості розглянемо модель CGE (Computable General Equilibrium). Немає одного автора або групи авторів, які б створили концепцію CGE моделі. Це загальний термін, який використовується в економічній теорії та практиці. Однак одним з перших дослідників, який розвинув ідею CGE моделювання, був Лейф Йохансен, норвезький економіст, який опублікував свою роботу про це в 1960 році [20].

CGE модель складається з наступних рівнянь:

Рівняння балансу бюджету: це рівняння встановлює умову, що сума державних доходів (податків, мит, грантів тощо) має дорівнювати сумі державних витрат (трансфертів, субсидій, закупок товарів і послуг тощо). Це рівняння може бути записане так:

$$G_t = T_t + TR_t + B_t, \quad (3)$$

де G_t – державні витрати в період t ;

T_t – податкові надходження в період t ;

TR_t – трансферти в період t ;

B_t – баланс бюджету в період t .

Рівняння податкових функцій: це ряд рівнянь, які описують, як обчислюються податки на основі баз податку (доходи, продажі, імпорт тощо). Наприклад, податок на доходи може бути записаний так:

$$TINC_{h,t} = \tau_{inc,t} \cdot INC_{h,t}, \quad (4)$$

де $TINC_{h,t}$ – податок на доходи господарства h в період t ;

$\tau_{inc,t}$ – ставка податку на доходи в період t ;

$INC_{h,t}$ – дохід господарства h в період t .

Рівняння трансфертних функцій: це ряд рівнянь, які описують, як обчислюються трансферти між урядом та іншими агентами (господарствами, підприємствами, іншими країнами тощо). Наприклад, трансферт до господарства може бути записаний так:

$$TRH_{h,t} = \theta_{h,t} \cdot G_t, \quad (5)$$

де $TRH_{h,t}$ – трансферт до господарства h в період t ;

$\theta_{h,t}$ – частка трансферту до господарства h в період t .

Відмінність моделей CGE від більш простих моделей макроекономічного аналізу (таких як модель IS-LM) полягає в тому, що вони враховують взаємозв'язок між різними секторами економіки та взаємодію між різними групами агентів, такими як домогосподарства, фірми та уряд. Таким чином, вони надають більш детальний і реалістичний опис економічних процесів.

Показники, які входять до CGE моделі, можна поділити на дві групи: екзогенні та ендогенні. Екзогенні показники – це ті, які задаються ззовні і не визначаються в рамках моделі. Ендогенні показники – це ті, які визначаються в рамках моделі і залежать від екзогенних показників і параметрів моделі. В табл. 2 наведено деякі з показників, які можуть входити в CGE модель (в залежності від обраного напрямку):

Таблиця 2

Показники CGE моделі

Показник	Екзогенний/Ендогенний	Опис
ВВП	Ендогенний	Сума доданої вартості всіх секторів
Індекс цін на споживчі товари	Ендогенний	Зважене середнє цін на товари та послуги, що споживаються домогосподарствами
Імпорт	Ендогенний	Сума імпортованих товарів та послуг за всіма секторами
Експорт	Ендогенний	Сума експортованих товарів та послуг за всіма секторами
Мита	Екзогенний	Ставки мит на імпорт за всіма товарами та послугами
Субсидії	Екзогенний	Ставки субсидій на виробництво або споживання за всіма товарами та послугами
Податки на додану вартість	Екзогенний	Ставки податку на додану вартість за всіма товарами та послугами
Податки на доходи домогосподарств	Екзогенний	Ставки податку на доходи домогосподарств за всіма типами домогосподарств
Податки на доходи факторів виробництва	Екзогенний	Ставки податку на доходи факторів виробництва (праці, капіталу, землі) за всіма секторами
Рівень зайнятості	Екзогенний або ендогенний	Кількість працюючих за всіма секторами та типами домогосподарств. Може бути заданий ззовні або визначатися в рамках моделі залежно від припущень про ринок праці
Рівень інвестицій	Екзогенний або ендогенний	Кількість капіталу, що придбавається за всіма секторами. Може бути заданий ззовні або визначатися в рамках моделі залежно від припущень про ринок капіталу

Цільовою функцією моделі CGE є:

- Для домогосподарств: Зазвичай цільова функція представляє собою максимізацію корисності від споживання товарів і послуг. Корисність може залежати від кількості споживаних товарів, їх якості, споживання в різний час (у випадку динамічних моделей) та інших факторів.

- Для підприємств: Цільова функція є максимізація прибутку. Прибуток залежить від виробничих витрат, цін на товари, які виробляє підприємство, та від технологій, які воно використовує.

- Для уряду: Цільова функція може включати збалансованість бюджету, максимізацію соціального блага, стабілізацію економіки або інші цілі залежно від політичних цілей уряду.

У цих цільових функціях враховуються обмеження, які відображають економічні закономірності, такі як бюджетні обмеження для домогосподарств, технологічні обмеження для підприємств, та бюджетні обмеження для уряду.

Цільова функція моделі як цілого зазвичай представляє собою досягнення загального рівноваги, де немає надлишку або дефіциту пропозиції та попиту на всі ринки

CGE модель має низку обмежень, які мають враховуватись для досягнення рівноваги в економіці:

- Баланс ринку: попит на кожен товар чи послугу має дорівнювати пропозиції.

- Баланс бюджету: витрати кожного агента (виробника, домогосподарства, уряду) мають дорівнювати доходам.

- Баланс торговельного балансу: сума імпорту має дорівнювати сумі експорту плюс нетто-трансфери з-за кордону.

- Баланс капіталу: сума інвестицій має дорівнювати сумі заощаджень плюс нетто приплив капіталу з-за кордону.

CGE модель дає змогу отримувати різні результати залежно від мети аналізу та сценаріїв, які розглядаються:

- Рівень і структура ВВП за секторами та регіонами

- Рівень і структура споживання за товарами і послугами та типами домогосподарств

- Рівень і структура виробництва за товарами і послугами та факторами виробництва

- Рівень і структура торгівлі за товарами і послугами та партнерами

- Рівень і структура цін за товарами і послугами та ринками

- Рівень і структура доходів за факторами виробництва і типами домогосподарств

- Рівень і структура податків за товарами і послугами та агентами

- Рівень і структура емісії парникових газів за секторами та регіонами

Модель CGE має декілька переваг і недоліків. Серед переваг слід відзначити наступне:

- CGE модель заснована на теорії загальної рівноваги, яка враховує міжгалузеві та міжрегіональні зв'язки в економіці.

– CGE модель використовує реальні економічні дані, які відображають структуру економіки та поведінку агентів.

– CGE модель дає змогу проводити контрфактичний аналіз, тобто порівнювати базовий сценарій без змін з альтернативними сценаріями зі змінами в політиці, технології або інших факторах.

– CGE модель дає змогу оцінювати не тільки прямі, а й опосередковані ефекти змін в економіці, такі як мультиплікаторні ефекти, перерозподільні ефекти, ефекти заміщення та доповнення.

Недоліками ж цієї моделі є:

– CGE модель ґрунтується на низці припущень, які можуть не відповідати реальності, як-от: досконала конкуренція, однорідність товарів і послуг, відсутність недосконалостей ринку та зовнішніх ефектів.

– CGE модель залежить від вибору параметрів, які можуть бути невідомими або невизначеними, як-от еластичності попиту та пропозиції, технологічні коефіцієнти, уподобання домогосподарств.

– CGE модель може бути складною для розуміння і розв'язання, оскільки вона включає безліч рівнянь і змінних, які можуть бути нелінійними, дискретними або стохастичними.

– CGE модель може давати різні результати залежно від специфікації моделі, бази даних, сценаріїв і методів розв'язання.

CGE модель може бути використана для оцінки ефектів фіскального стимулювання на рівень та склад ВВП, продуктивність, конкурентоспроможність, інноваційну активність, зайнятість тощо. Фіскальне стимулювання в даному контексті полягає в наданні публічних витрат, дотацій, податкових пільг або інших заходів, спрямованих на підтримку розвитку смарт-промислового сектору та його інтеграції з іншими секторами економіки. Прикладом такого дослідження є робота Diukanova (2019), яка оцінила вплив фіскального стимулювання інноваційної діяльності в ЄС на економічне зростання та регіональну конвергенцію за допомогою мультирегіональної CGE моделі RHOMOLO.

У контексті зеленої перебудови економіки, фіскальне стимулювання смарт-промисловості також може оцінюватись за допомогою CGE моделі. Це стосується ефектів на екологічні показники, такі як викиди парникових газів, споживання енергії, використання природних ресурсів. Тут стимулювання полягає в наданні публічних витрат, дотацій, податкових пільг або інших заходів, спрямованих на популяризацію та поширення зелених технологій у смарт-промисловому секторі. Прикладом є дослідження Vühringer та Rutherford (2009), які оцінили вплив різних політик зменшення викидів на ефективність і розподіл навантаження між країнами за допомогою інтегрованої CGE моделі.

Крім того, фіскальне стимулювання смарт-промисловості впливає на бюджетні показники, такі як доходи, витрати, дефіцит, борг, податкове навантаження, що робить його важливим фактором фіскальної децентралізації та регіональної рівноваги. Це стимулювання полягає в наданні публічних витрат, дотацій, податкових пільг або інших заходів, спрямованих на підтримку розвитку смарт-промислового сектору на регіональному рівні. Прикладом цього є дослідження Madden (2017), який оцінив вплив різних схем фіскальної рівноваги на регіональну економіку США

за допомогою мультирегіональної CGE моделі USAGE-TERM.

Враховуючи вищезазначене, можна представити наступні рекомендації щодо покращення моделі CGE:

– Використовувати найновіші та найточніші дані про смарт-промисловість України та її торговельних партнерів, якщо такі є.

– Вибирати параметри моделі, які відповідають специфіці смарт-промисловості, наприклад, високу еластичність попиту на інноваційну продукцію, низьку еластичність пропозиції через високі фіксовані витрати на дослідження та розробку, високу частку інтелектуальної власності у виробництві тощо.

– Враховувати можливий зв'язок між смарт-промисловістю та іншими секторами економіки, наприклад, як смарт-продукти можуть покращувати продуктивність та якість інших товарів та послуг, або як інші сектори можуть забезпечувати необхідну інфраструктуру та ресурси для смарт-промисловості.

– Враховувати можливий вплив політики на динаміку смарт-промисловості, наприклад, як зміна мита може стимулювати або гальмувати інноваційну активність, як покращення інвестиційного клімату може привертати більше іноземних інвесторів та технологій, як покращення доступу до експортних ринків може розширювати ринковий потенціал смарт-продуктів тощо.

Впроваджуючи у наш аналіз додаткові моделі, перейдемо до вивчення моделі NK-DSGE. Вона допоможе нам дослідити динаміку смарт-промисловості під впливом фіскального стимулювання з більш узагальненими позицій. Немає одного автора або групи авторів, які б створили NK-DSGE модель. Це широка класифікація моделей, які базуються на спільних припущеннях і характеристиках. Деякі з найбільш впливових дослідників, які розвивали та застосовували NK-DSGE моделі, це: Майкл Вудфорд, Олів'є Бланшар, Хорді Галі, Лоуренс Крістіано, Мартін Ейхенбаум, Мартін Ейхенбаум, Чарльз Еванс, Френк Сметс, Рафаель Воутерс

NK-DSGE модель – це макроекономічна модель, яка описує поведінку репрезентативних агентів (домогосподарств, фірм, уряду, центрального банку) в умовах невизначеності та неринкових імперфекцій. Модель використовує метод динамічної оптимізації та механізм ринкової рівноваги для аналізу впливу різних шоків та політик на макроекономічні змінні, такі як виробництво, споживання, інвестиції, інфляція, процентна ставка тощо.

NK-DSGE модель поєднує характеристики RBC (Real Business Cycle) моделей з фрикціями, такими як монополістична конкуренція (коли фірми виробляють диференційовані товари і встановлюють ціни замість валразіанського визначення цін) та номінальні жорсткості (коли фірми стикаються з обмеженнями на частоту, з якою вони можуть змінювати свої ціни).

NK-DSGE модель належить до класу DSGE моделей, які є сучасним стандартом для макроекономічного аналізу. DSGE моделі базуються на поведінці окремих агентів.

Залежно від специфікації моделі, можуть входити наступні показники:

- Виробництво (Y)
- Споживання (C)
- Інвестиції (I)
- Капітал (K)

- Праця (N)
- Ціна (P)
- Заробітна плата (W)
- Процентна ставка r
- Інфляція (π)
- Витрати уряду (G)
- Податки (T)
- Борг (B)

Цільова функція моделі зазвичай включає дисконтовану суму корисності репрезентативного домогосподарства від споживання та праці, а також від інших факторів, таких як інфляція, борг або нерівність:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(C_t, N_t), \quad (6)$$

де E_0 – це математичне очікування за умови інформації в період 0;

β – це коефіцієнт дисконтування;

u – це функція корисності.

У табл. 3 було розглянуто ряд обмежень моделі NK-DSGE, які визначають поведінку агентів та ринкову рівновагу.

Після того, як ми розглянули обмеження моделі і визначили їх основні характеристики, перейдемо до розгляду результатів, які можна досягти за допомогою цієї моделі. За допомогою NK-DSGE моделі можна отримати інформацію щодо динаміки макроекономічних змінних під впливом різних шоків та політик. Наприклад, можна дослідити, як відреагує виробництво, інфляція, процентна ставка та інші показники на шоки технології, попиту, податків, витрат уряду тощо. Також можна аналізувати ефективність та оптимальність різних правил монетарної та фінансової політики. За допомогою калібрування або оцінювання параметрів моделі можна адаптувати модель до конкретної країни або регіону.

Таблиця 3

Обмеження моделі NK-DSGE

Обмеження	Рівняння
Бюджетне обмеження домогосподарства:	$C_t + B_t + I_t \leq W_t N_t + R_{t-1} B_{t-1} + \Pi_t - T_t$
Бюджетне обмеження уряду:	$G_t + R_{t-1} B_{t-1} \leq B_t + T_t$
Бюджетне обмеження фірми:	$Y_t = C_t + I_t + G_t$
Функція виробництва фірми:	$Y_t = A_t F(K_{t-1}, N_t)$
Функція інвестицій:	$K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + \phi(I_t, I_{t-1})$
Функція ціни:	$P_t = \theta P_{t-1} + (1 - \theta) P_t^*$
Функція заробітної плати:	$W_t = \gamma W_{t-1} + (1 - \gamma) W_t^*$
Правило монетарної політики:	$R_t = \rho R_{t-1} + (1 - \rho)(\phi_\pi \pi_t + \phi_y y_t) + \epsilon_t$

Модель NK-DSGE є дуже корисним інструментом в аналізі фінансового стимулювання, але як і у всіх моделях в неї є переваги та недоліки:

Перевагами цієї моделі буде:

– Вона базується на мікроекономічних основах і враховує оптимальну поведінку агентів.

– Вона дозволяє включати різні фрикції та нестандартні припущення, що збільшують її реалізм та гнучкість.

– Вона дозволяє проводити контрфактичний аналіз та порівняння різних сценаріїв.

– Вона дозволяє використовувати сучасні методи чисельного розв'язання та економетричного оцінювання.

До недоліків можна віднести наступне:

– Вона залежить від багатьох припущень і параметрів, які можуть бути спростовані або невідомі.

– Вона може не враховувати деякі важливі аспекти реальної економіки, такі як неоднорідність агентів, нелінійність, фінансова нестабільність тощо.

– Вона може мати проблеми з ідентифікацією, переобумовленням та передбаченням.

Таким чином, NK-DSGE, може бути корисною для аналізу ефектів фінансового стимулювання смарт-промисловості, що включає державні витрати та податкові ініціативи, спрямовані на стимулювання розвитку інновацій та технологій у промисловості.

▪ Аналіз макроекономічного впливу: Модель NK-DSGE може допомогти аналізувати, як фінансове стимулювання впливає на ключові макроекономічні показники, такі як загальний обсяг виробництва, зайнятість, інфляцію та інвестиції.

▪ Розподільчі ефекти: Модель може допомогти аналізувати, як стимулювання смарт-промисловості впливає на розподіл багатства та доходів в економіці.

▪ Ефекти на довгострокове зростання: Фінансове стимулювання смарт-промисловості може мати ефект на довгостроковий потенційний зростання економіки. Модель NK-DSGE може допомогти аналізувати ці ефекти, включаючи те, як вони впливають на динаміку капіталу, продуктивності та інновацій.

▪ Ефекти на бюджет: Модель також може аналізувати, як фінансове стимулювання впливає на державні фінанси, включаючи дефіцит бюджету та державний борг.

▪ Вплив на монетарну політику: Залежно від конкретної моделі, NK-DSGE також може аналізувати, як стимулювання смарт-промисловості впливає на монетарну політику, включаючи ставки процента та інфляцію.

▪ Стійкість до шоків: Модель може допомогти аналізувати, як фінансове стимулювання смарт-промисловості може вплинути на стійкість економіки до різних видів економічних шоків.

Враховуючи зазначені особливості, можна запропонувати наступні рекомендації щодо покращення моделі NK-DSGE для адаптації її до потреб національної смарт-промисловості.

▪ Оцінити параметри моделі за допомогою байєсівських методів, використовуючи дані з України та інших країн з подібною структурою економіки. Це дозволить калібрувати модель до українських реалій та перевірити її збіжність та робастність.

▪ Врахувати специфіку смарт-промислового сектору в Україні, таку як його розмір, склад, продуктив-

ність, конкурентоспроможність, інтенсивність використання нових технологій тощо. Це дозволить краще описати його функціонування та взаємодію з іншими секторами економіки.

- Включити в модель можливість зміни структури економіки внаслідок фіскального стимулювання смарт-промисловості, таку як перехід ресурсів (капіталу, праці) з традиційного промислового сектору до смарт-промислового сектору, а також можливий вплив на інші сектори (послуги, сільське господарство тощо). Це дозволить оцінити довгостроковий ефект фіскального стимулювання на економічний розвиток та структурну трансформацію.

- Врахувати можливий вплив фіскального стимулювання на зовнішній борг, дефіцит бюджету, податкове навантаження та макроекономічну стабільність. Це дозволить оцінити фіскальну стійкість та потенційні ризики для інфляції, процентної ставки, обмінного курсу тощо.

- Врахувати можливий вплив фіскального стимулювання на зовнішню торгівлю, імпорт та експорт смарт-продуктів та послуг, а також на міжнародні співробітництво та конкуренцію в галузі смарт-промисловості. Це дозволить оцінити зовнішньоекономічний баланс та можливості для інтеграції в глобальні ланцюги доданої вартості.

На розширення розуміння механізмів фіскального стимулювання, звернемося до моделі Кобба-Дугласа. Авторами цієї моделі є Чарльз Кобб та Пол Дуглас, американські економісти, які запропонували її у 1928 році.

Модель Кобба-Дугласа – це виробнича функція, яка відображає зв'язок між зміною обсягів двох задіяних у процесі виробництва типів ресурсів (праця та капітал) та результатами цієї взаємодії (обсяг виробництва). Модель також дозволяє аналізувати вплив факторів, таких як технологічний прогрес, еластичність заміщення, масштаби виробництва та інтенсивність використання ресурсів, на продуктивність та ефективність виробництва.

Рівняння, яке направлено на аналіз фіскального стимулювання:

$$Q = AK^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (7)$$

де Q – обсяг виробництва;

A – коефіцієнт технологічного прогресу;

K – обсяг капіталу;

L – обсяг праці;

α – коефіцієнт еластичності продукції по капіталу.

Це рівняння можна використовувати для аналізу фіскального стимулювання підприємств, наприклад, шляхом дослідження впливу зміни податкових ставок на капітал та працю на обсяг виробництва та прибутковості підприємств.

Залежно від задачі, цільовою функцією може бути максимізація обсягу виробництва, максимізація прибутку, максимізація соціальної корисності.

Основними обмеженнями моделі Кобба-Дугласа є наступні:

- необхідність дотримання закону збереження ресурсів, тобто сума витрат на капітал і працю не повинна перевищувати загального бюджету підприємства;

- необхідність дотримання закону зменшення граничної продуктивності ресурсів, тобто при збільшенні використання одного ресурсу при незмінному

іншому, гранична продуктивність цього ресурсу зменшується;

- необхідність дотримання умови однорідності виробничої функції, тобто при пропорційному збільшенні всіх ресурсів, обсяг виробництва збільшується у тій же пропорції;

- необхідність дотримання умови позитивності виробничої функції, тобто при додатних значеннях ресурсів, обсяг виробництва також є додатним.

За допомогою моделі Кобба-Дугласа можна отримати такі результати:

- визначити оптимальний розподіл ресурсів між капіталом і працею для досягнення максимального обсягу виробництва або максимального прибутку;

- визначити ступінь еластичності продукції по капіталу і праці, тобто чутливість обсягу виробництва до зміни кожного з ресурсів;

- визначити ступінь еластичності заміщення між капіталом і працею, тобто чутливість коефіцієнта технологічного заміщення до зміни співвідношення між ресурсами;

- визначити ступінь повернення до масштабу, тобто чутливість обсягу виробництва до пропорційної зміни всіх ресурсів;

- визначити вплив технологічного прогресу на продуктивність і ефективність виробництва.

Розглянемо її переваги та недоліки. До переваг моделі Кобба-Дугласа можна віднести наступне:

- Дозволяє аналізувати вплив факторів виробництва на обсяг випуску продукції, а також на розподіл доходу між працею та капіталом.

- Демонструє, що зростання продуктивності праці та капіталу сприяє економічному зростанню, а також покращенню соціального благополуччя.

- Показує, що фіскальне стимулювання може бути ефективним інструментом для підтримки або стимулювання економічної активності, оскільки воно збільшує попит на товари та послуги, а також спонукає до інвестицій у капітал.

До недоліків же відноситься:

- Припускає, що функція виробництва має постійну масштабну вигоду, тобто подвоєння всіх факторів виробництва призводить до подвоєння обсягу випуску продукції. Це може бути нереалістичним припущенням, оскільки існують обмеження ресурсів, технологій та ефективності.

- Не враховує інші фактори, які можуть впливати на економічне зростання, такі як інновації, освіта, інституційна якість, демографічна ситуація тощо.

- Може бути погано адаптованою до реальних даних, оскільки вона базується на логарифмованих значеннях змінних. Це може призводити до неправильної оцінки параметрів моделі та їх статистичної значущості.

Модель Кобба-Дугласа може допомагати аналізувати фіскальне стимулювання смарт-промисловості шляхом дослідження впливу різних податкових заходів на продуктивність і ефективність використання ресурсів у секторі смарт-промисловості. Наприклад, можна оцінити, як зміна податку на прибуток або податку на доходи фізичних осіб впливає на обсяг і структуру капіталовкладень і працевлаштування у смарт-промисловості, а також на обсяг і якість продукції, що випускається. Також можна аналізувати, як зміна податку на додану вартість або акцизного податку впливає на попит і пропозицію продукції смарт-

промисловості, а також на конкурентоспроможність і рентабельність підприємств цього сектору. За допомогою моделі Кобба-Дугласа можна також врахувати роль технологічного прогресу у смарт-промисловості, який може бути стимульований фіскальною політикою, наприклад, шляхом надання податкових пільг або субсидій на інноваційну діяльність.

Спираючись на викладений матеріал, можна дати декілька рекомендацій, щодо покращення аналізу фіскального стимулювання смарт-промисловості за допомогою цієї моделі. Для покращення аналізу моделі фіскального стимулювання можна врахувати наступні аспекти:

- Використовувати більш гнучкі та реалістичні форми виробничої функції, такі як функція Леонтьєва, функція транслогарифму тощо.

- Враховувати багатофакторну природу виробництва, включаючи не тільки працю та капітал, але й інші ресурси, такі як земля, природні ресурси, енергія тощо.

- Враховувати зміни у якості факторів виробництва, наприклад рівень освіти та кваліфікації працюючих, ступінь зносу капіталу, ступінь екологічності технологій тощо.

- Враховувати динамічну природу виробництва та фактори, що впливають на нього в часовому аспекті, наприклад накопичення капіталу, навчання за досвідом, інновації тощо.

- Враховувати специфіку смарт-промисловості та її особливостей, таких як цифрова трансформація, інтеграція розумних систем, мережева кооперація тощо.

Продовжуючи наше дослідження, перейдемо до моделі Солоу. Ця модель є основою для розуміння довготривалих динамік в розвитку вітчизняної смарт-промисловості.

Авторами цієї моделі є Роберт Мертон Солоу і Тревор Свон, які незалежно один від одного запропонували цю модель у 1956 році.

Модель Солоу – це модель екзогенного економічного росту, основана на екзогенній нормі заощаджень і неокласичній виробничій функції. Модель аналізує динаміку капіталу, виробництва і доходу на душу населення в довгостроковому періоді, враховуючи вплив технологічного прогресу і народонаселення. Модель показує, що економіка прагне до стаціонарного стану, де темпи зростання капіталу і виробництва дорівнюють темпам зростання населення і технології. Модель також досліджує оптимальний рівень норми заощаджень, який максимізує споживання на душу населення в стаціонарному стані, і конвергенцію доходу між країнами з різним початковим рівнем капіталу.

Модель Солоу не розглядає фіскальну політику як фактор економічного росту, а тому не має спеціальних рівнянь для аналізу фіскального стимулювання підприємств. Однак, можна використовувати загальні рівняння моделі Солоу для оцінки впливу фіскальної політики на накопичення капіталу і виробництва:

Рівняння виробництва в моделі Солоу – це виробничі функція Кобба-Дугласа:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}, \quad (8)$$

де Y_t – виробництво в час t ;

K_t – капітал в час t ;

A_t – рівень технологій в час t ;

L_t – працездатне населення в час t ;

α – показник еластичності;

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t, \quad (9)$$

де \dot{K}_t – швидкість зміни капіталу в час t ;

s – норма заощаджень;

δ – норма амортизації;

$$\dot{A}_t = gA_t, \quad (10)$$

де \dot{A}_t – швидкість зміни технологій в час t ;

g – стала темпу технологічного прогресу;

$$\dot{L}_t = nL_t, \quad (11)$$

де \dot{L}_t – швидкість зміни працездатного населення в час t ;

n – стала темпу приросту населення.

Фіскальна політика може впливати на норму заощаджень s , яка є екзогенною у моделі Солоу. Наприклад, зменшення податків може збільшити норму заощаджень, а збільшення державних витрат може зменшити норму заощаджень. Зміна норми заощаджень в свою чергу впливає на накопичення капіталу, виробництва і споживання. Однак, фіскальна політика не може змінити довгостроковий темп економічного росту, який визначається технологічним прогресом і приростом населення.

Цільовою функцією моделі є максимізація споживання на душу населення в довгостроковій перспективі.

Для того, щоб ефективно працювати з цією моделлю, слід зазначити її деякі обмеження:

- Неокласична виробничі функція з постійним ефектом від масштабу, убуваючою віддачею факторів і позитивною еластичністю заміни факторів.

- Екзогенна норма заощаджень, яка не залежить від ставки процента, доходу і часових переваг.

- Екзогенний темп технологічного прогресу, який не залежить від накопичення капіталу, освіти і досліджень і розробок.

- Закрита економіка без міжнародної торгівлі і капітальних рухів.

- Однорідний капітал і праця без розбиття на сектори або галузі.

- Відсутність зовнішніх ефектів і недосконалостей ринку.

Спираючись на обмеження модель демонструє наступні результати. Модель Солоу передбачає, що економіка досягає стаціонарного стану, коли швидкість зміни капіталу на одиницю ефективної праці дорівнює нулю. У стаціонарному стані економіка росте за рахунок технологічного прогресу і приросту населення. Темп економічного росту залежить від темпу технологічного прогресу, який є екзогенним. Економіки з різними нормами заощаджень і початковими умовами можуть конвергувати до однакового темпу росту, але не до однакового рівня виробництва на душу населення. Норма заощаджень впливає на рівень виробництва і споживання на душу населення. Існує оптимальна норма заощаджень, яка максимізує споживання на душу населення у стаціонарному стані. Ця норма називається золотим правилом Солоу. Модель Солоу пояснює, чому країни з високим рівнем капіталу на працівника мають нижчий темп економічного росту, ніж країни з низьким рівнем капіталу на

працівника. Це пов'язано з убуючою віддачею капіталу, яка призводить до зменшення маржинальної продуктивності капіталу при його накопиченні.

Як і у всіх раніше розглянутих моделей, модель Солоу також має свої переваги та недоліки. Серед переваг можна виділити:

- Вона базується на неокласичних передумовах, які враховують поведінку фірм і ринковий механізм ціноутворення.

- Вона використовує простий і зручний математичний апарат, який дозволяє аналізувати динаміку економічного росту і порівнювати різні сценарії.

- Вона показує, як економіка досягає стаціонарного стану і як цей стан залежить від параметрів моделі, таких як норма заощаджень, норма амортизації, темп технологічного прогресу і темп приросту населення.

- Вона пояснює феномен конвергенції, коли багатші країни ростуть повільніше, ніж бідніші країни, і коли країни зближуються до однакового темпу росту у довгостроковому перспективі.

Недоліками буде:

- Вона не враховує оптимізаційної поведінки споживачів, які могли б вибирати норму заощаджень в залежності від своїх переваг і очікувань.

- Вона не пояснює джерело технологічного прогресу, який є екзогенним і не залежить від інших факторів, таких як освіта, дослідження і розробки, інновації тощо.

- Вона не включає міжнародну торгівлю і капітальні рухи, які можуть впливати на економічний ріст через трансфер технологій, конкуренцію, спеціалізацію тощо.

- Вона припускає однорідність капіталу і праці, не враховуючи розбиття на сектори або галузі, що можуть мати різну продуктивність і структуру.

- Вона ігнорує зовнішні ефекти і недосконалість ринку, які можуть порушувати неокласичні передумови і викликати нерівновагу.

Як модель Солоу може допомогти аналізувати ефекти фіскального стимулювання смарт-промисловості?

Модель Солоу може бути використана для аналізу ефектів фіскальної політики на економічний ріст і розподіл доходу в контексті смарт-промисловості. Фіскальне стимулювання смарт-промисловості може полягати в збільшенні державних витрат на інфраструктуру, освіту, наукові дослідження і розвиток, підтримку малого і середнього бізнесу, податкових пільгах і субсидіях для інноваційних проектів та ін. За допомогою моделі Солоу можна оцінити, як таке фіскальне стимулювання впливає на накопичення капіталу, технологічний прогрес, продуктивність праці, виробництво і споживання на душу населення, а також на розподіл доходу між капіталом і працею. Наприклад, за допомогою моделі Солоу можна показати, що фіскальне стимулювання смарт-промисловості може збільшити темп приросту технології і норму заощаджень, що призведе до збільшення стаціонарного стану капіталоемності, виробництва на душу населення і споживання на душу населення, а також до збільшення темпів зростання капіталу, виробництва і споживання в перехідному періоді. Однак, таке фіскальне стимулювання також може мати негативні наслідки, такі як збільшення дефіциту бюджету, інфляції, боргового навантаження, нерівності доходу тощо,

які можуть погіршити економічну ситуацію в довгостроковому періоді. Тому, потрібно знайти оптимальний баланс між фіскальним стимулюванням і фіскальною стабілізацією, який забезпечить максимальний розвиток смарт-промисловості при мінімальних соціальних втратах.

Враховуючи особливості цієї моделі можна дати декілька рекомендацій щодо її покращення для застосування її в реаліях української економіки:

- Врахування ендегенного характеру технологічного прогресу і його залежності від накопичення капіталу, освіти, наукових досліджень і розвитку, інновацій, патентів та ін. Це можна зробити за допомогою моделей ендегенного росту, таких як модель Ромера або модель Агхион-Хауїтта.

- Врахування ролі інституцій, культури, географії, торгівлі, політики і інших факторів, які можуть впливати на продуктивність і розподіл ресурсів між країнами. Це можна зробити за допомогою моделей нової економічної географії, таких як модель Кругмана або модель Фуджити-Кругмана-Венаблеса.

- Врахування ролі поведінкових факторів, очікувань, невизначеності, податків і інших мотивацій для заощаджень або споживання. Це можна зробити за допомогою моделей поведінкової економіки, таких як модель Лаїбсона або модель Талера. *

- Врахування ролі якості капіталу і праці, структурних змін у складі виробництва і споживання, неринкових обмежень на мобільність факторів виробництва. Це можна зробити за допомогою моделей гетерогенного капіталу і праці, таких як модель Манкью-Ромера-Вайль або модель Асемоглу-Рестрепо.

Висновки. Таким чином, проведено дослідження економіко-математичних моделей впливу фіскального стимулювання розвитку національної смарт-промисловості дозволило порівняти моделі IS-LM, NK-DSGE, CGE, Кобба-Дугласа та Солоу за рядом критеріїв, включаючи мікроекономічну обґрунтованість, динамічність, складність, ступінь генералізації та адекватність.

Кожна модель має свої переваги та недоліки, а також потребує певних модифікацій для врахування особливостей економіки України та смарт-промислового сектору. Так, модель IS-LM зосереджується на аналізі впливу фіскальної політики на рівновагу товарного та грошового ринків. Але для її застосування щодо аналізу впливу фіскальних стимулів в процесі розвитку смарт-промисловості необхідно врахувати особливості цього сектору, такі як висока інноваційність, залежність від цифрової інфраструктури та міжнародна конкуренція. Крім того, криві IS та LM потрібно модифікувати, щоб врахувати попит та пропозицію на інновації та цифровізацію, а також обмінний курс. Це дозволить застосувати модель до регіонального розвитку смарт-промисловості, враховуючи територіальну неоднорідність України.

Модель CGE дозволяє аналізувати вплив фіскальної політики на загальну рівновагу економіки, зокрема міжсекторальну взаємодію, межі продуктивних можливостей та бюджетні обмеження. Для застосування моделі в процесі аналізу відповідних фіскальних стимулів на розвиток вітчизняної смарт-промисловості, необхідно мати доступ до актуальних даних про цей сектор в Україні та її торговельних партнерів. Також важливо враховувати параметри моделі, що відображають специфіку галузі, такі як висока

еластичність попиту на інноваційну продукцію та високі витрати на дослідження та розробку. Важливо також урахувати можливий вплив смарт-промисловості на інші сектори економіки, а також зворотний зв'язок між ними.

Модель NK-DSGE зосереджується на аналізі впливу фіскальної політики на динаміку економіки з урахуванням мікроекономічного обґрунтування поведінки агентів, стохастичних шоків та очікувань. Для її застосування в процесі аналізу впливу відповідних фіскальних стимулів на розвиток смарт-промисловості, потрібно оцінити параметри моделі на основі найновіших даних з України та інших країн з подібною структурою економіки. Також необхідно врахувати специфіку смарт-промислового сектору, таку як його розмір, продуктивність та конкурентоспроможність, і можливий перехід ресурсів з традиційного промислового сектору до смарт-промисловості. Крім того, важливо розглянути можливий вплив фіскального стимулювання на зовнішню торгівлю та міжнародну конкуренцію в галузі смарт-промисловості.

Модель Кобба-Дугласа дозволяє аналізувати вплив фіскальної політики на продуктивність факторів виробництва та функцію виробничих можливостей у багатофакторній економіці. Для її застосування щодо розвитку смарт-промисловості потрібно врахувати не лише працю та капітал, але й інші ресурси, такі як земля, природні ресурси, енергія, які впливають на виробництво смарт-технологій та продукції. Також важливо врахувати зміни у якості факторів виробництва, такі як рівень освіти та кваліфікації працівників, ступінь зносу капіталу, ступінь екологічності технологій та інші параметри, які впливають на продуктивність смарт-промисловості.

Модель Солоу, зі свого боку, зосереджується на аналізі довгострокового економічного росту, зокрема впливу технологічного прогресу, заощаджень, народонаселення та інших факторів. Але в процесі аналізу впливу відповідних фіскальних стимулів на розвиток смарт-промисловості за допомогою моделі Солоу необхідно врахувати ендогенний характер технологічного прогресу і його залежність від накопичення капіталу, освіти, наукових досліджень, інновацій та ін. Важливо також врахувати роль інституцій, культури, географії, торгівлі, політики та інших факторів, які можуть впливати на продуктивність і розподіл ресурсів між країнами. Крім того, необхідно врахувати роль поведінкових факторів, очікувань, невизначеності, податків та інших мотивацій для заощаджень або споживання.

З усіх моделей, що розглянуті, модель NK-DSGE є найбільш відповідною для аналізу економіки України. Ця модель дозволяє врахувати мікроекономічну обумовленість поведінки агентів, стохастичні шоки та очікування. Вона уможливіє урахування потенційного впливу фіскального стимулювання на зовнішній борг, дефіцит бюджету, податковий тягар, макроекономічну стабільність, а також на зовнішню торгівлю, імпорт-експорт смарт-продуктів та послуг. На додачу, ця модель враховує міжнародну співпрацю та конкуренцію в сфері смарт-промисловості, а також допомагає оцінити довгостроковий ефект фіскального стимулу на економічний розвиток та структурну трансформацію.

Оскільки модель NK-DSGE має високий ступінь деталізації і дозволяє урахувати багато факторів,

вона може бути дуже корисною для дослідження економічного впливу на розвиток смарт-промисловості в Україні. Однак, для успішного застосування цієї моделі необхідно мати якісні та актуальні дані про смарт-промисловий сектор в Україні і провести належний аналіз параметрів моделі, що є достатньо складною процедурою.

Тож, вибір моделі для аналізу впливу фіскального стимулювання на смарт-промисловість в Україні в значній мірі залежить від конкретних цілей та гіпотез дослідження. Для короткострокового аналізу може бути достатньо моделі IS-LM, для довгострокового – Кобба-Дугласа та моделі Солоу, а для всебічного аналізу впливу фіскального стимулювання на всю економіку – моделі CGE і NK-DSGE.

У свою чергу, модель Кобба-Дугласа може допомагати аналізувати фіскальне стимулювання смарт-промисловості в довгострокових сценаріях шляхом дослідження впливу різних податкових заходів на продуктивність і ефективність використання ресурсів у секторі смарт-промисловості. Наприклад, можна оцінити, як зміна податку на прибуток або податку на доходи фізичних осіб впливає на обсяг і структуру капіталовкладень і працевлаштування у смарт-промисловості, а також на обсяг і якість продукції, що випускається підприємствами смарт-промисловості. Також можна аналізувати, як зміна податку на додану вартість або акцизного податку впливає на попит і пропозицію продукції смарт-промисловості, а також на конкурентоспроможність і рентабельність підприємств цього сектору. Окрім того, за допомогою моделі Кобба-Дугласа можна також враховувати роль технологічного прогресу у смарт-промисловості, який може бути стимульований фіскальною політикою, наприклад, шляхом надання податкових пільг або субсидій на інноваційну діяльність у довгостроковій перспективі.

Таким чином, використання економіко-математичних моделей становить важливий інструмент для дослідження впливу фіскального стимулювання на смарт-промисловість в Україні. Різні моделі можуть бути використані залежно від конкретних цілей дослідження, що дозволяє гнучко підходити до вирішення поставлених завдань та отримувати найбільш об'єктивні результати.

Перспективним напрямком досліджень може бути порівняльний аналіз ефективності різних моделей фіскального стимулювання смарт-промисловості в Україні та інших країнах, які мають схожі економічні умови та цілі. Такий аналіз допоможе виявити сильні та слабкі сторони кожної моделі, а також врахувати можливі ризики та негативні наслідки фіскальних заходів.

Список використаних джерел

1. Вишневський В. П., Вієцька О. В., Вієцький О. А., Воргач О. А., Гаркушенко О. М., Дасів А. Ф. та ін. Смарт-промисловість: напрями становлення, проблеми і рішення: монографія. Київ: Ін-т економіки пром-сті НАН України, 2019.
2. Кораблінов І. М., Степаненко О. В. Фінансово-економічне стимулювання розвитку смарт-промисловості в Україні: проблеми та перспективи. *Економіка промисловості*. 2020. № 1(89). С. 5-25. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.005>.

3. Кораблінов І. М., Степаненко О. В., Кораблінова О. І. Формування системи фінансового стимулювання розвитку смарт-промисловості в Україні: теоретико-методологічний аспект. *Економіка і організація управління*. 2020. № 3(35). С. 5-15.
4. Савчук В. С., Кораблінов І. М., Степаненко О. В. Фінансове забезпечення розвитку смарт-промисловості в Україні. *Економіка і регіон*. 2020. № 2(77). С. 5-12. DOI: [https://doi.org/10.26906/EER.2020.2\(77\).2069](https://doi.org/10.26906/EER.2020.2(77).2069).
5. Позднякова У. А., Боговиз А. В., Лобова С. В., Рагуліна Ю. В., Попова Е. В. Механізм податкового стимулювання Індустрії 4.0 в сучасній Росії. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*. 2020. № 13(2). С. 125-134.
6. Турлакова С. С., Шуміло Я. М., Логвіненко Б. І. Особливості моделювання складових системи фінансово-економічного стимулювання впровадження передових технологій смарт-промислового розвитку. *Економіка промисловості*. 2023. №2 (102). С. 24-26. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2023.02.024>.
7. Вишневецький В. П., Вієцька О. В., Гаркушенко О. М., Князев С. І., Лях О. В., Чекіна В. Д., Череватський Д. Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку. Київ: Ін-т економіки пром-сті НАН України, 2018.
8. Hicks J. R. Mr. Keynes and the "Classics"; A Suggested Interpretation. *Econometrica*. 1937. Vol. 5(2). P. 147-159. URL: <https://www.jstor.org/stable/1907242>.
9. Hansen A. H. A Guide to Keynes. New York: McGraw-Hill, 1953.
10. IS-LM Model. *Investopedia*. 2023. URL: <https://www.investopedia.com/terms/i/islmmodel.asp>.
11. IS-LM model. *Wikipedia*. 2021. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/IS%E2%80%93LM_model.
12. IS-LM Model. *WallStreetMojo*. 2021. URL: <https://www.wallstreetmojo.com/is-lm-model/>.
13. Smart Industry Readiness Index. *World Economic Forum*. 2019. URL: <https://www.weforum.org/whitepapers/smart-industry-readiness-index-accelerating-the-transformation-of-manufacturing>.
14. The great balancing act. McKinsey & Company, 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-great-balancing-act-managing-the-coming-30-trillion-dollar-deficit-while-restoring-economic-growth>.
15. Policy Basics: Fiscal Stimulus. *Center on Budget and Policy Priorities*. 2020. URL: <https://www.cbpp.org/research/economy/fiscal-stimulus>.
16. The effectiveness of infrastructure investment as a fiscal stimulus: What we've learned. *World Bank*. 2018. URL: <https://blogs.worldbank.org/ppps/effectiveness-infrastructure-investment-fiscal-stimulus-what-weve-learned>.
17. Kahn R. The relation of home investment to unemployment. *The Economic Journal*. 1931. Vol. 41(162). P. 173-198. URL: <https://www.jstor.org/stable/2223697>. DOI: <https://doi.org/10.2307/2223697>.
18. Ramey V. A. Ten years after the financial crisis: What have we learned from the renaissance in fiscal research? *Journal of Economic Perspectives*. 2019. Vol. 33(2). P. 89-114. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.89>.
19. Spilimbergo A., Symansky S., Schindler M. Fiscal multipliers (No. 09-11). International Monetary Fund, 2009. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Fiscal-Multipliers-22849>.
20. Burfisher M. E. Introduction to Computable General Equilibrium Models. Cambridge University Press, 2011.
21. Fujimori S., Masui T., Matsuoka Y. AIM/CGE V2.0 Model Formula. In: Post-2020 Climate Action. Springer, 2017.
22. Hertel T. W. Global Trade Analysis: Modeling and Applications. Cambridge University Press, 1997.
23. Lofgren H., Harris R. L., Robinson S. A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS. International Food Policy Research Institute, 2002.
24. Wing I. S. Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy-Wide Policy Analysis. Massachusetts Institute of Technology, 2004.
25. AIM/CGE V2.0 Model Formula | SpringerLink. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-3869-3_12.
26. Computable general equilibrium. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Computable_general_equilibrium.
27. Woodford M. Interest and prices: Foundations of a theory of monetary policy. Princeton University Press, 2003. URL: <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691010496/interest-and-prices>.
28. Galí, J. Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework and its applications. Princeton University Press, 2008. URL: <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691164786/monetary-policy-inflation-and-the-business-cycle>.
29. Christiano L., Eichenbaum M., Evans C. Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*. 2005. Vol. 113(1). P. 1-45. URL: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/426038>. DOI: <https://doi.org/10.1086/426038>.
30. Smets F., Wouters R. Shocks and frictions in US business cycles: A Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*. 2007. Vol. 97(3). P. 586-606. URL: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.3.586>. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586>.
31. Sims E. R. A New Keynesian Model with Price Stickiness [Course notes]. 2017. URL: https://www3.nd.edu/~esims1/new_keynesian_model.pdf.
32. Кобб Ч., Дуглас П. A Theory of Production. *The American Economic Review*. 1928. Vol. 18(1). P. 139-165.
33. Соловьев А. К. Экономическая теория: учебник. Москва: ИНФРА-М, 2007.
34. Барро Р., Сала-и-Мартин К. Экономический рост. Москва: Бином, 2004.
35. Robinson J. The Production Function and the Theory of Capital. *The Review of Economic Studies*. 1953. Vol. 21(2). P. 81-106. DOI: <https://doi.org/10.2307/2296002>.
36. Solow R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. 1956. Vol. 70, No. 1. P. 65-94. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884513>.
37. Swan T. W. Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*. 1956. Vol. 32(2). P. 334-361. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>.

38. BBC News Україна. Економічні наслідки війни в Україні відчують далеко за її межами. 2022. Березень, 4. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/news-60619288>
39. Богдан Т. Фінансово-економічні наслідки війни. *LB.ua*. 2023. URL: https://lb.ua/blog/tetiana_bohdan/550614_finansovoeconomichni_naslidki.html.
40. Салліван А., Ржеутська Л. Як війна вплинула на економіку України. *DW*. 2022. Вересень, 12. URL: <https://www.dw.com/uk/ak-vijna-vplnula-na-ekonomiku-ukraini/a-63093916>.

References

1. Vishnevskiy, V. P., Vietska, O. V., Vietskiy, O. A., Vorgach, O. A., Harkushenko, O. M., Dasiv, A. F., Zanizdra, M. Yu., Zbarazska, L. O., Knyazev, S. I. et al. (2019). Smart-promyslovist: napriamy stanovlennia, problemy i rishennia [Smart industry: directions of formation, problems and solutions]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
2. Korablinov, I. M., Stepanenko, O. V. (2020). Finansovo-ekonomichne stymulivannia rozvytku smart-promyslovosti v Ukraini: problemy ta perspektyvy [Financial and economic stimulation of smart industry development in Ukraine: problems and prospects]. *Econ. promisl.*, 1(89), pp. 5-25. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.005> [in Ukrainian].
3. Korablinov, I. M., Stepanenko, O. V., Koronova, O. I. (2020). Formation of a system of financial incentives for the development of smart industry in Ukraine: theoretical and methodological aspects. *Economics and organization of management*, 3(35), pp. 5-15.
4. Savchuk, V. S., Korablinov, I. M., Stepanenko, O. V. (2020). Finansove zabezpechennia rozvytku smart-promyslovosti v Ukraini [Financial support for the development of smart industry in Ukraine]. *Ekonomika i rehion – Economy and Region*, 2(77), pp. 5-12. DOI: [https://doi.org/10.26906/EER.2020.2\(77\).2069](https://doi.org/10.26906/EER.2020.2(77).2069) [in Ukrainian].
5. Pozdnyakova, U. A., Bogoviz, A. V., Lobova, S. V., Ragulina, Yu. V., Popova, E. V. (2020). The mechanism of tax stimulation of the industry 4.0 in modern Russia. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*, 13(2), pp. 125-134.
6. Turlakova, S. S., Shumilo, J. M., Logvinenko, B. I. (2023). Osoblyvosti modelivannia skladovykh systemy finansovo-ekonomichnoho stymulivannia vprovadzhennia peredovykh tekhnolohii smart-promyslovoho rozvytku [Peculiarities of modeling the components of the system of financial and economic stimulation of introduction of advanced technologies of smart industrial development]. *Econ. promisl.*, 2(102), pp. 24-26. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2023.02.024> [in Ukrainian].
7. Vishnevskiy, V. P., Vietska, O. V., Harkushenko, O. M., Knyazev, S. I., Liakh, O. V., Chekina, V. D., Cherevatskiy, D. Yu. (2018). Smart-promyslovist v epokhu tsyfrovoy ekonomiky: perspektyvy, napriamy i mekhanizmy rozvytku [Smart industry in the era of digital economy: prospects, directions and mechanisms of development]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
8. Hicks, J. R. (1937). Mr. Keynes and the “Classics”; A Suggested Interpretation. *Econometrica*, 5(2), pp. 147-159. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/1907242>.
9. Hansen, A. H. (1953). A Guide to Keynes. New York, McGraw-Hill.
10. IS-LM Model. (2023). *Investopedia*. Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/i/islmmodel.asp>.
11. IS-LM model. (2021). *Wikipedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/IS%E2%80%93LM_model.
12. IS-LM Model. (2021). *WallStreetMojo*. Retrieved from <https://www.wallstreetmojo.com/is-lm-model/>.
13. Smart Industry Readiness Index: Accelerating the transformation of manufacturing. (2019). *World Economic Forum*. Retrieved from <https://www.weforum.org/white-papers/smart-industry-readiness-index-accelerating-the-transformation-of-manufacturing>.
14. The great balancing act: Managing the coming \$30 trillion deficit while restoring economic growth. (2020). *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-great-balancing-act-managing-the-coming-30-trillion-dollar-deficit-while-restoring-economic-growth>.
15. Policy Basics: Fiscal Stimulus. (2020). *Center on Budget and Policy Priorities*. Retrieved from <https://www.cbpp.org/research/economy/fiscal-stimulus>.
16. The effectiveness of infrastructure investment as a fiscal stimulus: What we’ve learned. (2018). *World Bank*. Retrieved from <https://blogs.worldbank.org/ppps/effectiveness-infrastructure-investment-fiscal-stimulus-what-weve-learned>.
17. Kahn, R. (1931). The relation of home investment to unemployment. *The Economic Journal*, 41(162), pp. 173-198. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2223697>. DOI: <https://doi.org/10.2307/2223697>.
18. Ramey, V. A. (2019). Ten years after the financial crisis: What have we learned from the renaissance in fiscal research? *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), pp. 89-114. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.33.2.89>.
19. Spilimbergo, A., Symansky, S., Schindler, M. (2009). Fiscal multipliers (No. 09-11). *International Monetary Fund*. Retrieved from <https://www.imf.org/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Fiscal-Multipliers-22849>.
20. Burfisher, M. E. (2011). Introduction to Computable General Equilibrium Models. Cambridge University Press.
21. Fujimori, S., Masui, T., Matsuoka, Y. (2017). AIM/CGE V2.0 Model Formula. In: Post-2020 Climate Action. Springer.
22. Hertel, T. W. (1997). Global Trade Analysis: Modeling and Applications. Cambridge University Press.
23. Lofgren, H., Harris, R. L., Robinson, S. (2002). A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS. International Food Policy Research Institute.
24. Wing, I. S. (2004). Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy-Wide Policy Analysis. Massachusetts Institute of Technology.
25. AIM/CGE V2.0 Model Formula. *SpringerLink*. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-3869-3_12.
26. Computable general equilibrium. *Wikipedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Computable_general_equilibrium.
27. Woodford, M. (2003). Interest and prices: Foundations of a theory of monetary policy. Princeton University Press. Retrieved from <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691010496/interest-and-prices>.

28. Galí, J. (2008). Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework and its applications. Princeton University Press. Retrieved from <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691164786/monetary-policy-inflation-and-the-business-cycle>.
29. Christiano, L., Eichenbaum, M., Evans, C. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), pp. 1-45. Retrieved from <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/426038>. DOI: <https://doi.org/10.1086/426038>.
30. Smets, F., Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: A Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, 97(3), pp. 586-606. Retrieved from <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.3.586>. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586>.
31. Sims, E. R. (2017). A New Keynesian Model with Price Stickiness [Course notes]. Retrieved from https://www3.nd.edu/~esims1/new_keynesian_model.pdf.
32. Cobb, C., Douglas, P. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), pp. 139-165.
33. Soloviev, A. K. (2007). Ekonomicheskaya teoriya [Economic theory]. Moscow, INFRA-M [in Russian].
34. Barro, R., Sala-i-Martin, X. (2004). Ekonomicheskij rost [Economic growth]. Moscow, Binom [in Russian].
35. Robinson, J. (1953). The Production Function and the Theory of Capital. *The Review of Economic Studies*, 21(2), pp. 81-106. DOI: <https://doi.org/10.2307/2296002>.
36. Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp. 65-94. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884513>.
37. Swan, T. W. (1956). Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*, 32(2), pp. 334-361. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>.
38. Ekonomichni naslidky viiny v Ukraini vidchuiut daleko za yii mezhamy [Economic consequences of the war in Ukraine will be felt far beyond its borders]. (2022, March 4). *BBC News Ukraine*. Retrieved from <https://www.bbc.com/ukrainian/news-60619288> [in Ukrainian].
39. Bogdan, T. (2023, March 31). Finansovo-ekonomichni naslidky viiny [Financial and economic consequences of the war]. *LB.ua*. Retrieved from https://lb.ua/blog/tetiana_bohdan/550614_finansovoeconomichni_naslidki.html [in Ukrainian].
40. Sullivan, A., Rzhetska, L. (2022, September 12). Yak viina vplynula na ekonomiku Ukrainy [How the war affected Ukraine's economy]. *DW*. Retrieved from <https://www.dw.com/uk/ak-vijna-vplynula-na-ekonomiku-ukraini/a-63093916> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 30.11.2023

Формат цитування:

Турлакова С. С., Резніков Р. Б., Балабанов С. В. Економіко-математичне моделювання фіскального стимулювання розвитку смарт-промисловості. *Вісник економічної науки України*. 2023. № 2 (45). С. 49-62. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2\(45\).49-62](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2(45).49-62)

Turlakova S. S., Reznikov, R. B., Balabanov S. V. (2023). Economic and Mathematical Modeling of Fiscal Stimulation of the Development of Smart-Industry. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2 (45), pp. 49-62. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2\(45\).49-62](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2(45).49-62)