Олексій ВАСИЛЬЄВ[1],
доктор фізико-математичних наук, професор
ORCID ID: 0000-0001-7862-7792

[1] *Київський національний університетту імені Тараса Шевченка*

Прийняття: 18/12/2025
Рецензія: 22/12/2025
Публікація: 30/12/2025

JEL Класифікатор:
C02, C60, J20

DOI: https://doi.org/10.53920/ES-2025-4-6

МОДЕЛЬ ТОРГОВОЇ ВІЙНИ

У статті пропонується модель, яка описує торгову війну між двома економічними агентами. В основі моделі — система з двох нелінійних диференціальних рівнянь першого порядку. При цьому економічний стан кожного з агентів описується за допомогою параметра, який визначає його загальний економічний потенціал і здатність до економічного розвитку та ведення торгової війни з конкурентом. Рівняння моделі є описовими і визначають як зміну параметрів, які описують стан агентів, що залежить від поточних значень цих параметрів і специфіки «взаємодії» агентів у рамках торгової війни. Зокрема модель враховує фактор економічного зростання, а також зменшення економічних можливостей внаслідок дій конкурента. Економічне зростання для кожного агента дається законом логістичного типу. Взаємний вплив агентів в рамках торгової війни враховується через доданок, який пропорційний до добутку значень параметрів, які визначають економічний стан агентів.

Для визначення ключових властивостей запропонованої моделі ми знаходимо її стаціонарні розв'язки, а також досліджуємо їхню стійкість. Зазначено, що залежно від керуючих параметрів моделі, можлива реалізація одного з двох сценаріїв. За першого сценарію — один з агентів досягає своєї мети, а саме: виходить на оптимальний рівень економічного розв'язку та унеможливлює економічний розвиток свого опонента, діяльність якого фактично припиняється. За другого сценарію — обидва агенти в результаті торгової війни опиняються не в оптимальному економічному стані, і жоден з них не досягає поставленої мети. Теоретичні висновки в рамках моделі підтверджено аналітичними математичними оцінками та числовими розрахунками.

Ключові слова: *самоорганізація, модель, торгова війна, економічний агент, стаціонарний стан, стійкість.*

Oleksii VASYLIEV

A TRADE WAR MODEL

In this article, we propose a model that describes a trade war between two economic agents. The model is based on a system of two nonlinear differential equations of the first order. In this case, the economic state of each agent is described by a parameter that determines its overall economic potential and its ability to develop and wage a trade war with a competitor. The equations deployed within the model are descriptive and determine how changes in the parameters describing the agents' state depend on the current values of these parameters and the specifics of agents' "interaction" within the trade war framework. In particular, we account in the model the possibility for economic growth as well as a reduction in economic opportunities due to the actions of the competitor. Economic growth for each agent is given by a logistic-type law. The mutual influence of agents within the framework of the trade war is taken into account through a term that is proportional to the product of the values of the parameters that determine the economic state of the agents.

To obtain the crucial properties of the proposed model, we determine its stationary solutions and investigate their stability. We show that, depending on the model's controlling parameters, one of two scenarios is possible. In the first scenario, one of the agents achieves its goal. Namely, the agent reaches the optimal economic state and makes the economic development of its opponent impossible, thereby terminating its opponent's activities. In the second scenario, both agents, as a result of the trade war, find themselves in a suboptimal economic state, and neither of them achieves the set goal. We use analytical mathematical estimates and numerical calculations to confirm the theoretical conclusions derived from the model.

Keywords: *self-organization, model, trade war, economic agent, stationary state, stability.*

Постановка проблеми. Питання конкуренції на ринку та, у радикальнішій формі, торгових війн, має давню історію і досліджувалось різними авторами в різних контекстах, зокрема з використанням математичних моделей (див., наприклад, [1, 2] та посилання, що містяться там). У певному сенсі це класична задача, витоки якої, якщо брати математичний бік питання, пов'язані з відомою задачею Курно про конкуренцію фірм у випадку олігополії [3, 4]. Водночас більшість запропонованих моделей є статичними, що значно звужує їхню сферу застосування [5 – 7]. Ба більше, тут є ще й певна методологічна проблема, оскільки для вивчення питання про рівноважні стани та дослідження різних сценаріїв, які можуть реалізуватись, використовуються фундаментально різні підходи. Якщо питання встановлення рівноваги належить радше до царини теорії виробництва, попиту та пропозиції [5 — 7], а також математичних моделей оптимізаційного типу [8 — 10], то проблема визначення потенційних сценаріїв розвитку ситуації стосується зазвичай теорії ігор [11]. Занадто різна методологія досліджень та форма подання результатів іноді унеможливлює їхнє поєднання та співставлення. А специфіка деяких задач взагалі така, що надзвичайно складно обрати методику дослідження, яка би повною мірою розкривала всі аспекти досліджуваної проблеми.

У цій статті пропонується модель, яка описує торгову війну між двома економічними агентами. На відміну від підходів, які традиційно використовуються в таких випадках, основу запропонованої в статті моделі складає система нелінійних диференціальних рівнянь, яка описує зміну з часом параметрів, що визначають стан агентів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що методологія дослідження, задіяна для створення моделі та проведення її аналізу, реалізується в рамках синергетичного підходу [12 — 15] і є продовженням низки робіт, в яких економічні системи в різних аспектах досліджувались методами синергетики [16 — 20]. Характерною ознакою такого підходу є те, що математичні моделі використовуються, в першу чергу, для якісного (а не кількісного) аналізу поведінки системи. Такий якісний аналіз стає можливим завдяки тому, що дослідження концентрується, в першу чергу, не на математичному розв'язку як такому, а на аналізі його найзагальніших властивостей, які є визначальними для розуміння характеру процесів, що відбуваються в системі. Якщо мова йде про моделі на основі систем нелінійних диференціальних рівнянь, то тут першочерговим є питання про стаціонарні розв'язки і їхню стійкість. Справа в тому, що з одного боку, задача визначення стаціонарних розв'язків є, по своїй суті, алгебраїчною і значно простішою, ніж розв'язання диференціальних рівнянь. З іншого боку, відповідь на питання про стаціонарні розв'язки системи має надзвичайне практичне значення, оскільки за умови стійкості таких розв'язків саме вони визначають стан, до якого переходить система з часом, причому незалежно від початкових умов. Ба більше, такий аналіз має досить високий рівень універсальності, що було неоднаразово підтверджено і перевірено на різних системах (див., наприклад, [13, 14]).

Метою статті є створення синергетичної моделі, яка пояснює наслідки торгової війни між двома економічними агентами та визначає сценарії, які можуть при цьому реалізуватись, та обставин, за яких кожен зі сценаріїв реалізується.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо модель, що описує процес взаємодії між двома економічними агентами, який можна було би назвати торговою війною. Фактично йдеться про те, що існує два агенти, стан кожного з яких описується певним показником, який називатимемо сукупним економічним потенціалом. Між агентами існує «взаємодія», яка полягає в тому, що частина потенціалу агента витрачається на те, щоб зменшити потенціал конкурента. Модель доволі абстрактна та узагальнена, однак, як зазначалося вище, такий підхід є стандартним для феноменологічних моделей синергетичного типу [12 – 20]. Він видається цілком прийнятним, оскільки наша основна задача полягає не в тому, щоб отримати конкретні числові оцінки, а, використовуючи результати моделі, з'ясувати потенційні сценарії розвитку подій та умови, за яких той або інший сценарій може бути реалізовано.

Отже, стани двох агентів описуватимемо їхнім економічним потенціалом, який позначимо відповідно x та y для першого та другого агенту. Цей показник може змінюватись з часом, тому означені параметри x та y насправді є функціями часу t. У рамках моделі формулюються правила, відповідно до яких змінюються згадані параметри. А саме, ми виходитимемо зі стандартного положення, що характеристикою зміни параметра з часом є похідна від цього параметра по часу, тобто відповідно $\frac{dx}{dt}$ та $\frac{dy}{dt}$. Для створення моделі необхідно визначити чинники, які впливають на зміну похідної. Ми припускатимемо зростання економічного потенціалу відповідно до законів логістичної моделі та врахуємо фактор торгової війни між агентами. Зокрема використаємо таку систему диференціальних рівнянь:

$$\frac{dx}{dt} = k_1(a-x)x - k_2xy, \qquad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = k_1(a-y)y - k_3xy. \qquad (2)$$

Перший доданок в правій частині рівняння (1) описує зростання потенціалу першого агента. Це зростання пропорційне до поточного значення x, однак зі збільшенням x економічна система втрачає ефективність, завдяки чому у першому доданку з'являється ще й множник $(a-x)$. Це доволі стандартне припущення, яке означає, що оптимальний потенціал для відповідного економічного агента має значення a, і ця характеристика є параметром моделі. Другий доданок зі знаком «мінус», пропорційний до добутку x та y, визначає втрати агента внаслідок агресивних дій контрагента. Друге рівняння є аналогічним до першого і визначає зміну економічного потенціалу другого агента. Обидва агенти вважаються еквівалентними в плані можливостей економічного розвитку, однак мають різну ефективність щодо агресивних дій щодо конкурента. Тому в перших доданках у правих частинах рівнянь (1) — (2) коефіцієнти k_1 та a однакові в обох рівняннях, а коефіцієнти k_2 та k_3 в других доданках у правій частині цих рівнянь назагал є різними.

Система рівнянь (1) — (2) є суттєво нелінійною і для її якісного аналізу (та пошуку числового розв'язку) є сенс знерозмірити параметри. Зокрема, якщо зробити заміни $u = ax$, $v = ay$ та перейти до безрозмірного часу $\tau = k_1 at$, позначивши $\alpha = \frac{k_2}{k_1}$ й $\beta = \frac{k_3}{k_1}$, отримаємо таку знерозмірену систему рівнянь:

$$\frac{du}{d\tau} = (1-u)u - \alpha uv, \tag{3}$$

$$\frac{dv}{d\tau} = (1-v)v - \beta uv. \tag{4}$$

Розв'язок цієї системи можливий лише у числовому вигляді. Однак це насправді питання другорядне. Як зазначалось вище, поведінка системи визначається набором і стійкістю стаціонарних станів, оскільки саме до стаціонарного стану система, зрештою, еволюціонує з часом. Тому визначення стаціонарних станів та дослідження їх на стійкість має першочергове значення.

Для дослідження питання про стійкість стаціонарних станів покладемо $u(\tau) = u^{(s)} + \xi(\tau)$ та $v(\tau) = v^{(s)} + \eta(\tau)$. При цьому стаціонарні розв'язки $u^{(s)}$ та $v^{(s)}$ визначаються з умов $\frac{dx}{dt} \equiv 0$ та $\frac{dy}{dt} \equiv 0$. Розв'язуючи відповідну систему алгебраїчних рівнянь, отримуємо значення $u^{(s)}$ та $v^{(s)}$. Таких розв'язків декілька. А саме, система (3) — (4) має очевидний стаціонарний розв'язок $u^{(s)} = v^{(s)} = 0$. Однак цей тривіальний розв'язок є нестійким, оскільки в лінійному наближенні система (3) — (4) фактично розпадається на два окремих рівняння:

$$\frac{d\xi}{d\tau} \approx \xi, \tag{5}$$

$$\frac{d\eta}{d\tau} \approx \eta. \tag{6}$$

Для розв'язків цих рівнянь мають місце оцінки $\xi(\tau) \sim \exp(\tau)$ та $\eta(\tau) \sim \exp(\tau)$, що означає експоненційне зростання значень параметрів ξ та η з часом. Отже, будь-яке незначне відхилення від стаціонарного стану з часом підсилюватиметься і система до початкового нульового стаціонарного стану не повернеться.

Ще один стаціонарний розв'язок визначається співвідношеннями $u^{(s)} = 1$ та $v^{(s)} = 0$. У такому разі маємо систему наближених рівнянь:

$$\frac{d\xi}{d\tau} \approx -\xi - \alpha\eta, \quad (7)$$

$$\frac{d\eta}{d\tau} \approx (1-\beta)\eta. \quad (8)$$

Розв'язки цієї системи є лінійними комбінаціями експонент $\exp(-\tau)$ та $\exp\left((1-\beta)\tau\right)$. Як наслідок, відповідний стаціонарний розв'язок є стійким за умови $\beta > 1$.

Аналогічний стаціонарний розв'язок визначається співвідношеннями $u^{(s)} = 0$ та $v^{(s)} = 1$. Для цього стаціонарного розв'язку система рівнянь в лінійному наближенні має вигляд:

$$\frac{d\xi}{d\tau} \approx (1-\alpha)\xi, \quad (9)$$

$$\frac{d\eta}{d\tau} \approx -\beta\xi - \eta. \quad (10)$$

Розв'язки системи визначається лінійними комбінаціями експонент $\exp(-\tau)$ та $\exp((1-\alpha)\tau)$. Це дає умову стійкості $\alpha > 1$.

Нарешті, у системи (3) – (4) існує стаціонарний розв'язок $u^{(s)} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha\beta}$ та $v^{(s)} = \frac{1-\beta}{1-\alpha\beta}$. Цей розв'язок має сенс лише для додатних значень стаціонарних параметрів $u^{(s)}$ та $v^{(s)}$, тобто мають виконуватись умови $u^{(s)} > 0$ та $v^{(s)} > 0$. Звідси отримуємо обмеження $\alpha < 1$ та $\beta < 1$, або $\alpha > 1$ та $\beta > 1$. Лінійне наближення для системи (3) – (4) матиме такий вигляд:

$$\frac{d\xi}{d\tau} \approx -\frac{1-\alpha}{1-\alpha\beta}(\xi + \alpha\eta), \quad (11)$$

$$\frac{d\eta}{d\tau} \approx - -\frac{1-\beta}{1-\alpha\beta}(\beta\xi + \eta). \quad (12)$$

Розв'язок системи (11) – (12) є лінійною комбінацією експонент $\exp(-\tau)$ та $\exp\left(-\frac{(1-\alpha)(1-\beta)}{1-\alpha\beta}\tau\right)$. З урахуванням умови існування розв'язку $u^{(s)} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha\beta}$ та $v^{(s)} = \frac{1-\beta}{1-\alpha\beta}$, дійдемо висновку, що він є стійким, якщо $\alpha < 1$ та $\beta < 1$.

Отже, система має чотири стаціонарних розв'язки, один з яких (тривіальний $u^{(s)} = v^{(s)} = 0$) завжди є нестійким, тому він на практиці не реалізується. Що стосується інших трьох стаціонарних розв'язків, то вони можуть бути стійкими чи нестійкими залежно від значень параметрів α та β. Ситуацію ілюструє рис. 1.

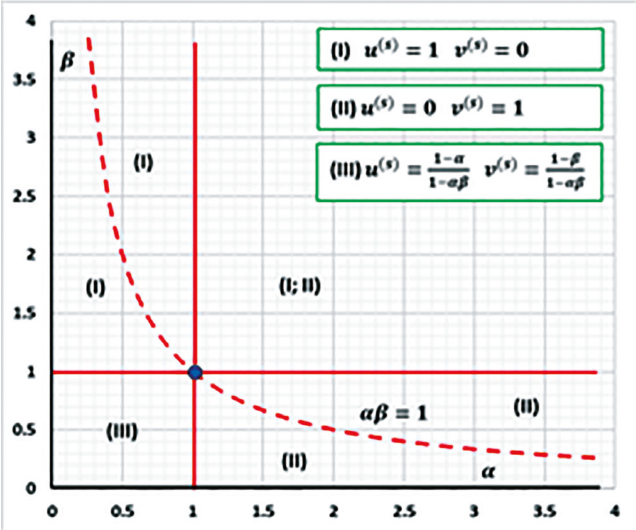

Рис. 1. Стійкі стаціонарні розв'язки системи залежно від значень параметрів α та β моделі

Джерело: власні розрахунки автора

Ситуацію можна резюмувати так:

- Якщо обидва параметри α та β більші за одиницю (має місце умова $\alpha > 1$ та $\beta > 1$), то в системі є два стійких стаціонарних розв'язки (перший $u^{(s)} = 1$, $v^{(s)} = 0$ та другий $u^{(s)} = 0$, $v^{(s)} = 1$). Який з них реалізується на практиці – залежить від початкових умов.
- Якщо хоча б один з параметрів α чи β є меншим за одиницю, в системі лише один стійкий стаціонарний розв'язок – але який саме, залежить від додаткових обставин. Отже, якщо $\alpha < 1$ та $\beta < 1$, то стійким є стаціонарний розв'язок $u^{(s)} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha\beta} < 1$ та $v^{(s)} = \frac{1-\beta}{1-\alpha\beta} < 1$.
- Якщо $\alpha < 1$ та $\beta > 1$, то стійким є стаціонарний розв'язок $u^{(s)} = 1$ та $v^{(s)} = 0$. Якщо $\alpha > 1$ та $\beta < 1$, то стійким є стаціонарний розв'язок $u^{(s)} = 0$ та $v^{(s)} = 1$. Незалежно від початкових умов, система переходить у відповідний стаціонарний розв'язок після того, як її виведено зі стану рівноваги.

На рис. 2 проілюстровано динаміку системи за умови, коли значення параметрів $\alpha < 1$ та $\beta < 1$. У цьому випадку система має ненульовий стаціонарний стан, в який система з часом і переходить.

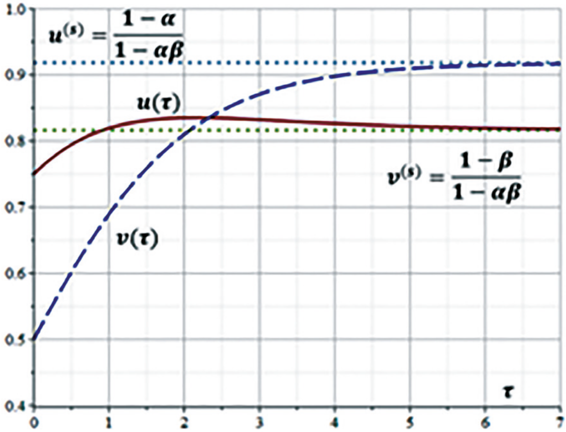

Рис. 2. Перехід системи в стаціонарний стан за значень параметрів $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$ та початковим станом $u(0) = 0.75$ та $v(0) = 0.5$

Джерело: власні розрахунки автора

Ситуацію, коли значення параметра $\alpha < 1$ та значення $\beta > 1$, проілюстровано на рис. 3.

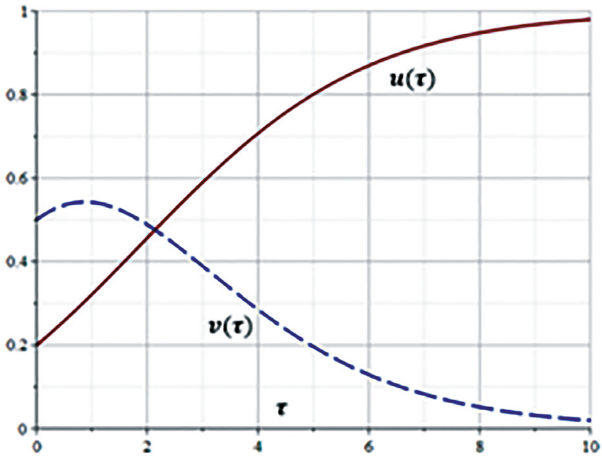

Рис. 3. Перехід системи в стаціонарний стан за значень параметрів $\alpha = 0.5$, $\beta = 1.5$ та початковим станом $u(0) = 0.2$ та $v(0) = 0.5$

Джерело: власні розрахунки автора

У цьому випадку параметр $u(\tau)$ з часом переходить до стаціонарного одиничного стану, а параметр $v(\tau)$ з часом прямує до нульового значення.

Ще одну ситуацію проілюстровано на рис. 4. У цьому випадку $\alpha > 1$ та $\beta > 1$. Але тут можливі два варіанти, оскільки система має два стійких стаціонарних стани і переходить в один з них залежно від початкових умов. А саме, за початкових значень $u(0) = 0.9$ та $v(0) = 0.6$ параметр $u(\tau)$ з часом прямує до нульового стаціонарного значення, а параметр $v(\tau)$ прямує до стаціонарного одиничного значення.

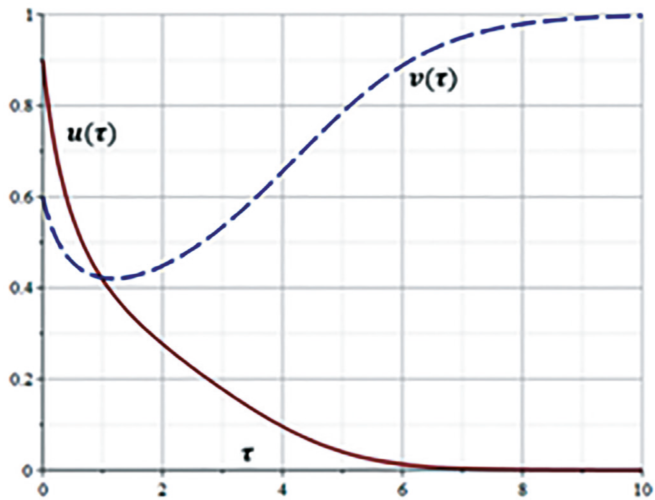

Рис. 4. Перехід системи в стаціонарний стан за значень параметрів $\alpha = 2.5$, $\beta = 1.5$ та початковим станом $u(0) = 0.9$ та $v(0) = 0.6$

Джерело: власні розрахунки автора

Якщо початкове значення для $v(\tau)$ змінити з $v(0) = 0.6$ на $v(0) = 0.25$, за незмінних інших параметрів та початкової умови, отримаємо результат, як на рис. 5.

У цьому випадку параметр $u(\tau)$ прямує до одиничного стаціонарного значення, а параметр $v(\tau)$ прямує до нуля.

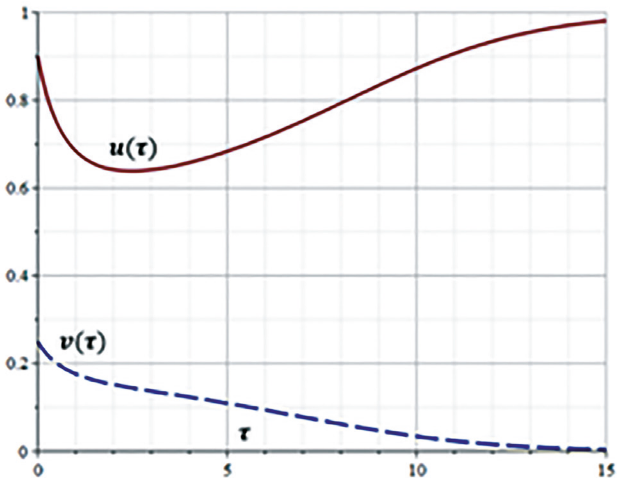

Рис. 5. Перехід системи в стаціонарний стан за значень параметрів $\alpha = 2.5$, $\beta = 1.5$ та початковим станом $u(0) = 0.9$ та $v(0) = 0.25$

Джерело: власні розрахунки автора

Висновки та пропозиції. Запропонована в статті модель демонструє наявність декількох стаціонарних станів, стійкість яких визначається параметрами моделі. На якісному рівні варте уваги декілька моментів.

По-перше, два стаціонарних стани, які можуть бути стійкими за відповідних умов, передбачають, що один з агентів у результаті торгової війни виходить на оптимальний, з економічної точки зору, рівень, а інший переходить в нульовий стан, що з економічної точки зору означає його колапс. З точки зору стратегії торгової війни, такий стан речей означає, що один з агентів досягає мети, в той час як інший зазнає поразки.

По-друге, ще один стаціонарний стан відповідає ситуації, коли потенціали обох агентів ненульові (тобто вони не зазнають поразки), однак це також не відповідає оптимальному економічному стану для кожного з агентів. Фактично, жоден з агентів не досягає поставленої мети щодо перемоги над конкурентом.

Підсумовуючи, можна зазначити, що можливі лише два сценарії залежно від значень параметрів моделі. Відповідно до першого сценарію, один з агентів перемагає у торговій війні, знищуючи свого конкурента. Відповідно до другого сценарію, перемоги не отримує жоден з агентів і кожен з них перебуває не в оптимальному, з економічної точки зору, стані.

Що стосується практичного застосування моделі, то в першу чергу воно лежить у площині методів прогнозування, управління та прийняття рішень. Причому, у порівнянні з відповідними методами теорії ігор, запропонована модель уможливлює ґрунтовніший аналіз сценаріїв з урахуванням їхньої можливої трансформації при зміні керуючих параметрів системи. Тому тут можна говорити ще й певну методологічну користь моделі.

Також природно виникає питання щодо того, за яких обставин можливо застосовувати модель та як зміниться ситуація, коли на ринку в режимі торгової війни «взаємодіють» більше ніж два агенти. Щодо другої частини цього питання, то цілком зрозуміло, що поява додаткових агентів значно ускладнює ситуацію і може мати наслідком зміну як кількості стаціонарних станів, так і загальних сценаріїв динаміки системи. Стосовно запропонованої в статті моделі можна зазначити — вона є цілком придатною у випадках, коли на ринку існує два домінуючих агенти, які конкурують один з одним, а впливом інших агентів можна знехтувати. Така ситуація є цілком реальною і часто реалізується на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chun-Hung Chen. Modelling trade war between two countries under the international division of Labour. *Heliyon*. 2024. V. 10, №3, P. e24633.

2. Almazan-Gomez M.A., Khatabi F.E., Llano C., Perez H. Modelling regional exposure to new trade wars. *Journal of Policy Modeling*. 2025. V. 47, №5, P. 919.

3. Friedman J. (2009). Oligopoly Theory, Cambridge: Cambridge University Press. 240 p.

4. Daughety A.F. (2005). Cournot Oligopoly. Characterization and Applications, Cambridge: Cambridge University Press. 452 p.

5. Blanchard O.J., Johnson D.R. (2013). Macroeconomics. New York: Pearson. 553 p.

6. Romer D. Advanced Macroeconomics (2019). New York: McGraw-Hill India, 736 p.

7. Samuelson P.A. (1983). Foundations of Economic Analysis. Harvard: Harvard University Press. 604 p.

8. Вітлінський В.В. (2007). Моделювання економіки. К.: КНЕУ. 408 с.

9. Chiang A.C., Wainwright K. (2005). Fundamental Methods of Mathematical Economics. New York: McGraw-Hill. 701 p.

10. Melkumian A. (2011) Mathematical Economics. Oxfordshire: Routledge. 224 p.

11. Gibbons R. (1992). Game Theory for Applied Economists. Princeton: Princeton University Press. 267 p.

12. Wei-Bin Zhang (1991). Synergetic Economics. Time and Change in Nonlinear Economics, Berlin: Springer. 246 p.

13. Haken H. (2012). Synergetics: Introduction and Advanced Topics. Berlin: Springer. 764 p.

14. Сугаков В. Й. (2001). Основи синергетики. Київ: Обереги. 287 с.

15. Prigogine I., Stengers I. (1984). Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. New York: Bantam. 448 p.

16. Васильєв О.М. Синергетичні підходи в економічній теорії. *Економіка України*. 2007. №5, С. 75.

17. Васильєв О.М. Синергетична модель саморегулювання ринку праці в умовах кризи. *Банківська справа*. 2013. № 6, С. 91.

18. Васильєв О.М. Синергетичні підходи в антикризовому регулюванні. *Економіка України*. 2010. №9, С. 34.

19. Васильєв О.М., Чалий О.В. Моделювання макроекономічної динаміки методами еконофізики. *Журнал фізичних досліджень*. 2013. т.17 , №4, С. 4801.

20. Васильєв О.М. Моделювання встановлення рівноваги на ринку праці. *Economic Synergy*. 2025. Вип. 3, №17, С. 36.

REFERENCES

1. Chun-Hung Chen. Modelling trade war between two countries under the international division of Labour. *Heliyon*. 2024. V. 10, №3, P. e24633.

2. Almazan-Gomez M.A., Khatabi F.E., Llano C., Perez H. Modelling regional exposure to new trade wars. *Journal of Policy Modeling*. 2025. V. 47, №5, P. 919.

3. Friedman J. (2009). Oligopoly Theory, Cambridge: Cambridge University Press. 240 p.

4. Daughety A.F. (2005). Cournot Oligopoly. Characterization and Applications, Cambridge: Cambridge University Press. 452 p.

5. Blanchard O.J., Johnson D.R. (2013). Macroeconomics. New York: Pearson. 553 p.

6. Romer D. Advanced Macroeconomics (2019). New York: McGraw-Hill India, 736 p.

7. Samuelson P.A. (1983). Foundations of Economic Analysis. Harvard: Harvard University Press. 604 p.

8. Vitlinskyi V.V. (2007). Modeling of the economy, Kyiv: KNEU. 408 p.

9. Chiang A.C., Wainwright K. (2005). Fundamental Methods of Mathematical Economics. New York: McGraw-Hill. 701 p.

10. Melkumian A. (2011) Mathematical Economics. Oxfordshire: Routledge. 224 p.

11. Gibbons R. (1992). Game Theory for Applied Economists. Princeton: Princeton University Press. 267

12. Wei-Bin Zhang (1991). Synergetic Economics. Time and Change in Nonlinear Economics, Berlin: Springer. 246 p.

13. Haken H. (2012). Synergetics: Introduction and Advanced Topics. Berlin: Springer. 764 p.

14. Sugakov V. Y. (2001). Fundamentals of Synergetics. Kyiv: Oberegi. 287 p.

15. Prigogine I., Stengers I. (1984). Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature. New York: Bantam. 448 p.

16. Vasyliev O.M. Synergetic approaches in economic theory. *Economy of Ukraine*. 2007. No 5, P. 75.

17. Vasiliev O.M. Synergetic model of self-regulation of the labor market in times of crisis. *Banking*. 2013. No. 6, P. 91.

18. Vasyliev O.M. Synergetic approaches in anti-crisis regulation. *Economy of Ukraine*. 2010. No 9, P. 34.

19. Vasiliev O.M., Chaly O.V. Modeling macroeconomic dynamics using econophysics methods. *Journal of Physical Studies*. 2013. V. 17, No 4, P. 4801.

20. Vasyliev O.M. Modeling the process of establishing equilibrium on the labor market. *Economic Synergy. 2025*. V. 3, No 17, P. 36.