

МЕНЕДЖМЕНТ І МАРКЕТИНГ

УДК 330.4

DOI 10.32342/2074-5354-2023-2-59-12

*В.Є. МОМОТ,*

*доктор економічних наук, професор, професор кафедри інноваційного менеджменту та фінансової аналітики*

*Університету імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро (Україна)*

*<https://orcid.org/0000-0002-7512-8979>*

*О.М. ЛИТВИНЕНКО,*

*кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інноваційного менеджменту та фінансової аналітики*

*Університету імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро (Україна)*

*<https://orcid.org/0000-0003-3297-8479>*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН АКТИВНОСТІ ВІТЧИЗНЯНОГО БІЗНЕСУ ЗА УМОВ ВІЙНИ**

У статті досліджуються ефекти зміни активності вітчизняного бізнесу під час війни як наслідок дії системи несприятливих факторів. Проведено аналіз можливостей застосування різних типів математичних моделей для відтворення динаміки бізнес-активності на рівні окремої країни, обрано найбільш вдалу. Запропоновано феноменологічну модель, яка описує динаміку процесу, що використовує індекс бізнес-активності як головної змінної та базується на звичайному неоднорідному диференційному рівнянні другого порядку з джерельним членом. З використанням трикомпонентної виробничої функції здійснено перехід до системи диференціальних рівнянь, що описують динаміку різних компонентів індексу бізнес-активності, яка за відсутності джерельного члена, що відповідає за вплив зовнішніх збуджуючих факторів, є консервативною. Проведене порівняння результатів моделювання з емпіричними даними, яке свідчить про хорошу здатність моделі відтворювати реальні процеси в економіці, що перебуває під впливом надпотужних негативних факторів, включаючи відновлення оптимізму представників бізнесу, спричинене повернення територій у вересні – жовтні 2022 р. та подоланням наслідків атак на енергетичну інфраструктуру у листопаді 2022 – січні 2023 рр. Показано, що залучення до системи інших рівнянь, які описують динаміку бізнес-активності, призводить до втрати консервативності. Частотний та фазо-частотний аналіз динаміки активності українського бізнесу під час війни дає змогу зробити висновок про досить швидке відновлення бізнес-активності після зупинення дії негативних пригнічуючих факторів. На основі описових даних проведено кластеризацію негативних чинників, що пригнічують вітчизняний бізнес під час бойових дій, а також зіставлення з параметрами, які визначають легкість ведення бізнесу – міжнародно визнаний показник, що дозволяє оцінити перешкоди на шляху бізнес-активності. На основі досліджень визнаних закордонних експертів здійснено ретроспективний аналіз перешкод розвитку українського бізнесу. Проведено емпіричне дослідження низки підприємств з Дніпропетровського регіону, що належать до різних сфер бізнесу, яке доводить, що головні проблеми, які виникли під час війни, не є набагато потужнішими за проблеми, які вітчизняний бізнес відчував до початку агресії. «Класичні» фактори, що пов'язані з бойовими діями, зводяться до забезпечення безперебійного постачання елек-

тричної енергії та попередження відтоку людських ресурсів завдяки призову та вимушеній міграції. Зроблено висновок про те, що цікавим напрямом подальших досліджень вказаної проблеми є застосування моделі Грейнера, що дозволить спільно аналізувати часові ряди та враховувати приховані взаємозв'язки.

**Ключові слова:** *військовий стан, агресія проти України, феноменологічне моделювання, консервативність системи рівнянь, індекс легкості ведення бізнесу, індекс активності бізнесу UBI, трикомпонентна виробнича функція*

**JEL classification:** *E610; F200; C310*

**Обґрунтування актуальності дослідження.** Аналіз динаміки змін бізнес-активності українського бізнесу під час війни має високу актуальність з кількох причин:

- *Економічні наслідки війни.* Війна в Україні мала серйозний економічний вплив на країну, що може вплинути на бізнес-активність і фінансові результати компаній. Аналіз цих змін допоможе бізнес-лідерам та інвесторам розуміти, як війна вплинула на окремі сектори економіки та яким чином вони можуть пристосуватися до нової ситуації.

- *Підвищений ризик для бізнесу.* Під час війни бізнес стикається з підвищеним ризиком, що може негативно вплинути на його активність і фінансові показники. Аналіз змін у бізнес-активності допоможе бізнес-лідерам оцінити ризики та розробити відповідні стратегії та плани дій.

- *Можливості для бізнесу.* Водночас у період війни виникають нові можливості для бізнесу, пов'язані з підвищеним попитом на певні товари та послуги, а також зі зміною кон'юнктури ринку. Аналіз цих змін може допомогти бізнес-лідерам та інвесторам визначити нові можливості та розробити відповідні стратегії.

- *Вплив на міжнародні відносини:* конфлікт в Україні мав серйозні наслідки для міжнародних відносин. Це може вплинути на міжнародну торгівлю та інвестиції в Україну. Аналіз змін у бізнес-активності допоможе оцінити ці наслідки та розробити відповідні стратегії для роботи з міжнародними партнерами.

Таким чином, аналіз динаміки змін бізнес-активності українського бізнесу під час війни є важливим інструментом для розуміння економічних, ризикових та можливих аспектів, пов'язаних із кон-

фліктом, і може допомогти бізнес-лідерам та інвесторам розробити відповідні стратегії для успішної роботи в умовах воєнного конфлікту. З цього питання вже існує багато українських та закордонних досліджень, що розпочалися вже 2016 р., тобто до повномасштабного конфлікту. Як приклад наведемо дослідження (GfK, 2016), (НІСД, 2019), (Kochnev, 2020) (IMF, 2022). Разом з тим, на думку авторів, цим дослідженням бракує системних кількісних уявлень, що дозволило б розглядати сценарні варіанти розвитку бізнесу під кумулятивним впливом несприятливих факторів та обирати найкращий. Примусові переселення, введення додаткових мит та обмежень на торгівлю і пересування товарів, руйнування транспортної та енергетичної інфраструктури – це тільки деякі з проблем, з якими зазвичай зіштовхується бізнес в умовах війни. Однак підприємства, які можуть адаптуватися до умов війни та пропонувати товари і послуги, які потрібні для проживання у таких умовах, все ж таки можуть здійснювати успішну діяльність, що наочно довів бізнес від лютого 2022 р. Зрозуміло, що Україна має відстояти власну свободу та незалежність, повернути втрачені території й відновити економічну діяльність відповідно до Конституційного ладу та законності, але, на превеликий жаль, наразі не тільки класичні фактори, що пов'язані з воєнним станом, впливають на економічний розвиток. Дуже значний негативний вплив продовжується з боку держави, що стримує розвиток бізнесу через численні обмеження, надмірну централізацію, жорстку та неадаптивну фіскальну політику тощо.

Цей прикрий факт дуже показово проявився під час дослідження стану та проблем бізнесу в Україні (Дія. Бізнес,

2022, December 5), яке у період з 24 лютого 2022 р. проводилося щонайменше 5 разів національним проектом Дія. Бізнес спільно з Advanter Group за підтримки Міністерства цифрової трансформації, Міністерства економіки, Міністерства фінансів, Міністерства розвитку громад та територій, Коаліції бізнес-спільнот за модернізацію України та Програми USAID «Конкурентоспроможна економіка України».

Тому кількісний аналіз та моделювання процесів, що пов'язані з розвитком вітчизняного бізнесу під час війни з врахуванням множини чинників, які мають різне походження, є надактуальним й надважливим завданням.

#### **Постановка завдання дослідження.**

Виходячи з вищенаведеного, до завдань дослідження, яке присвячене проблемам українського бізнесу під час бойових дій та його реакції на сукупність несприятливих чинників, пов'язаних з агресією, необхідно віднести:

- пошук системи змінних, що відображають динаміку бізнес-середовища, яке перебуває під суттєвим впливом зовнішніх та внутрішніх факторів;

- побудова феноменологічної моделі впливу воєнного стану та бойових дій на економічні процеси в Україні, що пов'язує параметри активності ведення бізнесу з дією несприятливих факторів;

- розгляд сценарних варіантів розвитку бізнесу під кумулятивним впливом несприятливих факторів;

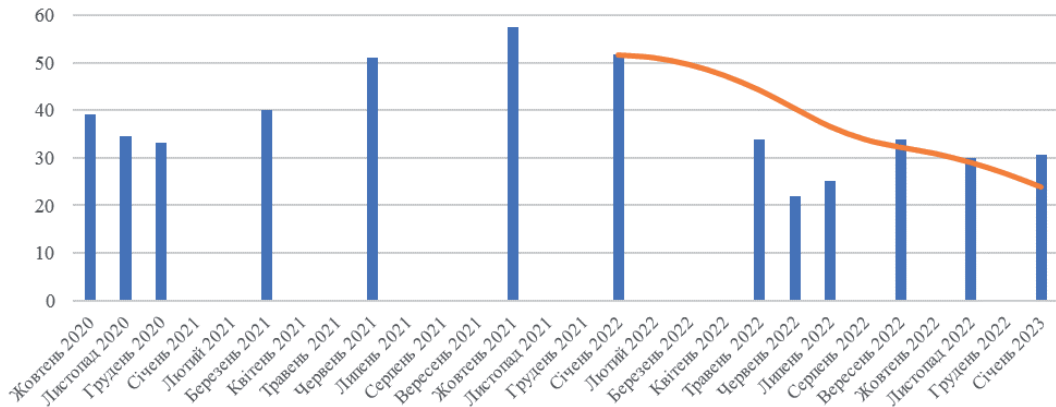
- емпіричний аналіз впливу пріоритетних чинників, що є найбільш загрозливими для здійснення бізнес-активності під час бойових дій, та ретроспективний аналіз.

**Методологія дослідження.** Для вирішення першого завдання було застосовано логічно-структурний аналіз та описовий метод. Для вирішення другого та третього завдань використовувалася кількісна феноменологічна модель на основі звичайних диференціальних рівнянь другого порядку з коефіцієнтами, що визначаються на основі емпіричних даних. Для замикання вказаної моделі було викорис-

тане трикомпонентну виробничу функцію. Для вирішення четвертого завдання використовувався метод експертних оцінок (суджень).

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Як уже зазначалося, в Україні, починаючи з осені 2020 р., проводилися системні дослідження активності вітчизняного бізнесу. Визначення індексу UBI, котрий характеризує бізнес-активність, що наведено на рис. 1, за даними (Дія. Бізнес, 2021, February 19), (Дія. Бізнес, 2022, December 5) та (Центр розвитку інновацій, 2023, February 28), впроваджувалося з різною періодичністю (про що свідчить різна густина стовпчиків діаграми) та є найбільш щільним восени 2020 р., коли вивчалися ефекти виходу з пандемії, та у період з травня 2022 р. по січень 2023 р., коли головною метою цих досліджень стало визначення стану та потреб бізнесу в умовах війни. Станом на вересень 2022 р. оприлюднені також докладні секторальні данні щодо UBI за різними сферами господарської діяльності (Дія. Бізнес, 2022, October 5). Цікавою особливістю результатів вимірювання є те, що восени 2020 р. попри очікування відносно відродження економічної активності після карантину спостерігалося її зниження, що, напевне, призвело до політичного рішення щодо переходу до менш «щільного» розрахунку індексу на кварталному базисі у 2021 р. Й навпаки, восени 2022 р., коли варто було б очікувати подальше (й навіть – катастрофічне) зниження індексу завдяки кумулятивному накопиченню наслідків війни, відтоку робочої сили, руйнування інфраструктури, досить несподівано спостерігається зворотна тенденція. UBI у вересні 2022 р. (тобто безпосередньо перед початком руйнування інфраструктури) досяг значення 33,9% (Дія. Бізнес, 2022, October 5), що навіть вище, ніж у грудні 2020 р., коли очікувалося поживлення економіки після пандемії.

У листопаді 2022 р. респонденти в черговий раз формували перелік головних проблем, що заважають відновлювати та розвивати бізнес (Дія. Бізнес, 2022,



**Рис. 1. Порівняння емпіричних даних щодо індексу бізнес-активності за результатами моделювання на основі агрегованої моделі бізнес-активності**

Джерело: дані (Дія. Бізнес, 2021, February 19), (Дія. Бізнес, 2022, December 5) та (Центр розвитку інновацій, 2023, February 28) та розрахунки авторів за моделлю (1) – (3) (див. нижче).

December 5). У цілому в опитуванні взяли участь 504 підприємства. Загальна широта спектра проблем, що озвучувалися респондентам, складала 24 позиції. Ієрархічна кластеризація підсумкового переліку ключових проблем (результати наведено в табл. 1) свідчить, що до першого кластеру (множини найпотужніших чинників) входять непрогнозованість ситуації та недостатній платоспроможний попит на внутрішньому ринку з характерною вагою біля 40%, а до другого входять проблеми, так чи інакше пов'язані з непередбачуваними діями держави, що можуть погіршити стан бізнесу з вагою у 28% (див. табл. 1). Досить красномовним є той факт, що перелік проблем, які наведено у табл. 1, принципово не змінився з початком війни. Тобто можна зробити висновок, що, незважаючи на воєнний стан, вимушену релокацію виробничих потужностей, негативні тренди у міграції робочої сили, підприємці продовжують побоюватися негативного впливу держави помітно більшою мірою. Це є дуже небезпечним фактом, тому що високий «рейтинг» таких чинників свідчить, що негативна роль держави сприймається підприємцями майже такою ж загрозою, як війна.

Досить цікавим є зіставлення цих даних з індексом легкості ведення бізне-

су, що розраховувався для України експертами Світового банку з 2008 до 2020 рр. Україна здійснила досить показовий прогрес у цьому аспекті, піднявшись зі 146-ї на 64-ту позицію (див. (WorldBank, 2019 та WorldBank, 2022)) зі 190 країн, що були включені до рейтингу. Разом з тим, починаючи з 2016 р., легкість ведення бізнесу в Україні принципово не покращилася. Згідно з останнім звітом експертів Світового банку «Легкість ведення бізнесу», що був оприлюднений у 2019 р. (WorldBank, 2019), в Україні все ще існують проблеми з веденням бізнесу, такі як бюрократичні перепони, корупція та неефективна правова система. Український уряд вживає заходів для вирішення цих проблем, включаючи дерегуляцію, спрощення податкових процедур та створення спеціальних економічних зон. Загалом, незважаючи на досягнутий прогрес, є ще багато можливостей для вдосконалення в плані створення більш сприятливого бізнес-середовища в Україні. У середовищі українського бізнесу поширюється занепокоєння у зв'язку з високими податками, недоброросовісною конкуренцією та недостатньою підтримкою з боку місцевої влади. Серед можливих рішень – покращання комунікації та співпраці між бізнесом і владою, спрощення регуляторних норм

## Рейтинг проблем бізнесу під час війни за підсумками 2022 р.

№ з/п	Характер проблеми	Прийнятний рівень важливості, %	Кластер
1	Непрогнозованість розвитку ситуації в Україні та на внутрішньому ринку	44,20	1
2	Відсутність достатнього капіталу	42,10	1
3	Відсутність достатньої кількості платоспроможних клієнтів на внутрішньому ринку	39,50	1
4	Непередбачувані дії держави, що можуть погіршити стан бізнесу	28,00	2
5	Недоступність кредитних коштів, у тому числі – програми 5-7-9 й т. ін.	26,00	2
6	Недоступність грантових програм, які оголошені Урядом	23,40	2
7	Високі податки та збори	21,20	2
8	Перешкоди з боку регуляторних та/чи фіскальних органів, у тому числі податкової адміністрації	21,20	2
9	Демпінг конкурентів, в цілому зниження прибутковості на ринку	17,50	3
10	Відсутність достатньої кількості кваліфікованих працівників	15,30	3
11	Клієнти (або роздрібні мережі) не розраховуються (вчасно або в принципі)	14,30	3
12	Відсутність необхідної підтримки на рівні України (в межах повноважень Уряду)	13,90	3
13	Втома власника та/або керівного персоналу	13,50	3
14	Недобросовісна конкуренція	12,90	3
15	Відсутність необхідного обладнання	12,50	3
16	Зруйнованість ланцюгів постачання	12,10	3
17	Неефективна, довга, дорога логістика	11,50	3
18	Відсутність замовлень на зовнішніх ринках або експертизи в експорті	11,50	3
19	Недостатня підтримка держави в розвитку експорту	9,30	4
20	Відсутність необхідної підтримки бізнесу на рівні громад в межах їх повноважень	9,10	4
21	Відсутність необхідної сировини, матеріалів й т. ін.	7,90	4
22	Недоступність даних, знань (де кращий бізнес-клімат та можливості, як шукати партнерів тощо)	7,30	4
23	Фокусування уваги, ресурсів на допомозі ЗСУ, силам ТрО тощо	7,10	4
24	Застаріла бізнес-модель	5,60	4

Джерело: розрахунки авторів на підставі (Дія. Бізнес, 2022. December 5).

і процедур, надання фінансових стимулів і субсидій, а також просування місцевих товарів і послуг. Тобто у період до початку повномасштабної воєнної агресії вітчизняний бізнес досить суттєво потерпав від обмежувальної позиції держави, незважаючи на задекларовані реформи, про що свідчать вже об'єктивні показни-

ки, котрі були використані при обчисленні індексу. Про продовження негативного впливу цих факторів свідчать й очікування респондентів, висловлені під час опитування, яке проводилося під час війни.

Згідно з результатами іншого дослідження, проведеного низкою експертів у галузі маркетингу, людських ресурсів,

корпоративного управління та фінансів, серед яких була така впливова компанія, як PWC, оприлюдненими на сайті [doingbusinessguide.co.uk](http://doingbusinessguide.co.uk), одними з основних викликів для бізнесу в Україні у довоєнний період були (Doingbusinessguide, 2019):

- Політична та економічна нестабільність через триваючий конфлікт з Росією та окупацію Криму.

- Корупція, бюрократія та неефективна податкова і правова система, що створюють бар'єри для входу та діяльності.

- Зарегульованість та протекціонізм, що обмежують доступ до ринку та конкуренцію.

- Захист прав інтелектуальної власності, який часто є слабким або порушується.

- Нерозвинена транспортна інфраструктура, що ускладнює зв'язок та логістику.

- Девальвація місцевої валюти, що впливає на прибутковість та обмінний курс.

Однак як загальний висновок експерти зазначили, що існують також можливості та переваги для ведення бізнесу в Україні, такі як великий внутрішній ринок, кваліфікована робоча сила, стратегічне розташування, багаті природні ресурси та зростаючий ІТ-сектор.

Зрозуміло, що у 2020 р. на економіку України, як й решти країн світу, негативно вплинула пандемія COVID-19, що спричинила значний спад економічної активності. За даними Національного банку України, ВВП країни скоротився на 4,2% у 2020 р. (НБУ, 2021). Пандемія мала значний вплив на бізнес, особливо в секторах, які найбільше постраждали від локдаунів та обмежень, таких як готельно-ресторанний бізнес, туризм та роздрібно-торгівля. Однак у 2021 р. з'явилися певні ознаки відновлення, оскільки були розгорнуті кампанії з вакцинації та послаблення обмежень. За даними Державної служби статистики України, у 2021 р. ВВП країни зріс на 4,4% (НБУ, 2022). Це зростання значною мірою було зумовлене високими показниками в сільському господарстві, переробній промисловості та будівництві. При цьому, як вже вказувалося, індекс бізнес-активності не проде-

монстрував очікуваного похвалення. На жаль, на той час організатори дослідження не оприлюднювали дані глибинного дослідження щодо факторів, які спричинили таку ситуацію.

**Математичне моделювання динаміки індексу бізнес-активності.** Надзвичайно важливим є вибір змінної або змінних, у яких необхідно записувати математичну модель. Базисом для вибору таких змінних може слугувати набір параметрів, які використовуються для формування індексу активності бізнесу UBI (Дія. Бізнес, 2021, February 19), про який вже йшла мова на початку даного дослідження.

Відповідно до (Дія. Бізнес, 2021, February 19) розрахунок індексу UBI відбувається на основі відповідей представників бізнесу щодо зростання, спадання чи сталості рівня показників з вагами (що вказано у дужках):

- 1) кількість нових замовлень для виробничого сегмента (0,30);

- 2) кількість працівників (0,20);

- 3) обсяг випуску продукції/наданих сервісів (0,25);

- 4) загальний рівень товарних запасів (0,10);

- 5) загальна кількість замовлень (0,15).

Індекс UBI вважається за сприятливий для економіки країни, коли його значення вище за 50%, наразі (відповідне до даних опитування, що було запроваджене у січні 2023 р.) він складає 30,76% (див. рис. 1), що, вочевидь, свідчить про несприятливі умови для бізнесу. Індекс бізнес-активності в Україні дає уявлення про економічне зростання, інвестиційний потенціал та конкурентоспроможність країни, а також може допомогти визначити сфери, де бізнес-середовище може бути покращене, наприклад, за рахунок зменшення бюрократії, підвищення прозорості та покращання доступу до фінансування.

Математичне моделювання динаміки бізнес-активності – це сукупність методів аналізу та прогнозування поведінки бізнес-систем, що ґрунтуються на використанні різних підходів включно з дифе-

ренціальними рівняннями, статистичними методами та теорією систем.

Моделювання динаміки бізнес-активності може використовуватися для аналізу різних зовнішніх чинників, що впливають на бізнес-процеси, а також для визначення оптимальних стратегій управління. Наприклад, такі моделі сприятимуть виявленню залежностей між обсягом виробництва і попитом на продукцію, визначенню оптимального рівня інвестицій у різні проекти та оптимізації витрат на рекламу і маркетинг. Математичні моделі також можуть використовуватися для прогнозування майбутньої поведінки бізнес-систем на основі історичних даних. Це може допомогти керівникам ухвалювати більш обґрунтовані рішення та управляти ризиками.

Наведемо кілька альтернативних підходів до побудови математичних моделей, що можуть бути використані для моделювання динаміки бізнес-активності:

– *Модель Блека-Шоулза*. Використовується для визначення ціни опціонів на фінансових ринках. Ця модель ґрунтується на стохастичних диференціальних рівняннях і дає змогу оцінювати ризики та прибутковість фінансових інструментів (див. (Black & Scholes, 1973) як авторського викладення моделі).

– *Модель просторової економіки*. Використовується для аналізу взаємодії між економічними агентами в різних географічних областях. Вона дає змогу оцінити вплив змін в одному секторі на інші сектори економіки та прогнозувати розвиток регіональних економічних систем (див. наприклад (North, 1955) як автентичного викладення теорії або (Anderson, 1979) для оцінки її подальшого розвитку).

– *Модель системної динаміки*. Використовується для аналізу та оптимізації складних систем включно з бізнес-системами. Вона ґрунтується на використанні системних рівнянь і дає змогу моделювати взаємодію між різними факторами, що впливають на бізнес-процеси, а також визначати оптимальні стратегії управління (див. наприклад, класичну працю з вико-

ристанням цього підходу (Teese, Pisano, & Shuen, 1997)).

– *Модель машинного навчання*. Використовується для аналізу великих обсягів даних і виявлення залежностей між різними факторами. Вона може бути використана для прогнозування майбутніх трендів і визначення оптимальних стратегій управління (див. наприклад, докладний огляд цього підходу у (Wang & Siau, 2022)).

– *Модель стохастичного програмування*. Використовується для вирішення завдань оптимізації в умовах невизначеності. Вона дає змогу враховувати ризики та ухвалювати рішення на основі ймовірнісних розподілів (див., наприклад, класичну працю з цього напрямку (Van Slyke & Wets, 1965)).

Крім того, математичне моделювання динаміки індексу бізнес-активності може бути здійснене за допомогою часових рядів з використанням спектрального аналізу чи вейвлет-аналізу. Для моделювання динаміки індексу бізнес-активності з використанням часових рядів можна використовувати авторегресійну модель (AR-модель), див. огляд у (González-Rivera, 2016). Така модель ґрунтується на припущенні, що значення індексу в поточний момент часу залежить від його попередніх значень і випадкової складової. Рівняння AR-моделі має такий вигляд:

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

де  $Y_t$  – значення індексу бізнес-активності в момент часу  $t$ ;  $c$  – константа,  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  – коефіцієнти авто регресії;  $\varepsilon_t$  – випадкова складова.

Найбільш сучасним методом моделювання динаміки індексу бізнес-активності можна вважати використання нейронних мереж. У цьому разі нейронна мережа навчається на історичних даних індексу бізнес-активності і потім використовується для прогнозування його майбутніх значень.

У кожному разі вибір методу моделювання залежить від доступних даних і цілей дослідження. З погляду завдань

даного дослідження, треба побудувати модель, що здатна відтворювати ефекти впливу раптових зовнішніх факторів за умови реалістичного описання внутрішніх закономірностей, що притаманні економічній системі. Зважаючи на це, використання таких підходів, як машинне навчання, часові ряди та нейронні мережі, є неможливим, тому що навіть при визначенні впливу випадкової складової  $\varepsilon_t$ , вони базуються на «історичному досвіді» і, відповідно, не можуть враховувати неочікувані фактори впливу. Моделі просторової економіки також не повністю задовольняють завданням дослідження, тому що спрямована на специфічний вид динаміки, яка виникає у процесі перерозподілу економічних здобутків у регіональному вимірі. Застосування моделі Блека-Шоулза, на жаль, обмежене досить специфічним видом бізнес-активності, а саме фінансової діяльності. Таким чином, завданням даного дослідження відповідають моделі системної динаміки та стохастичного програмування, причому остання передбачає накопичення дуже великого обширного та різнорідного емпіричного матеріалу.

Моделі системної динаміки базовані на використанні диференціальних рівнянь динаміки складних систем, що описують перехідні процеси у досліджуваній системі, яка може перебувати під впливом довільної множини зовнішніх факторів, для яких можуть бути задані будь-які закони дії. У загальному випадку математична модель процесу зі ступінчастим зовнішнім впливом, який нас цікавить з погляду вивчення динаміки активності вітчизняного бізнесу під час війни, може бути подана звичайним диференціальним рівнянням другого порядку з розривною правою частиною, яке описує перехід досліджуваної системи з одного стаціонарного рівня на інший під впливом зовнішнього фактора, що раптово виник чи раптово змінився. Таким чином, сформульовано феноменологічну модель «розривної динаміки», якій відповідає добре вивчений клас диференціальних рівнянь, щоб спиратися на відомі теоретичні результати, як-от побу-

дова області стійкості фундаментального розв'язку такого рівняння, АФЧХ, спектр тощо.

Феноменологічну модель динаміки індексу активності вітчизняного бізнесу потрібно будувати у змінних, що відповідають його окремим складовим з використанням економічних законів, які задають зв'язки між цими складовими. Така модель дозволить робити зіставлення з емпіричними даними та робити висновки щодо впливу воєнного стану на формування профілю вітчизняного бізнесу за умов воєнного стану, що й є метою даного дослідження. Зважаючи на вищезазначене, загальну модель впливу несприятливих факторів можна записати у такому вигляді:

$$\alpha \frac{d^2 UBI(t)}{dt^2} + \beta \frac{d UBI(t)}{dt} = RHS(t), \quad (1)$$

де  $RHS(t)$  відображає той самий степеневий миттєвий фактор, що спричинює реакцію системи, як це було описане вище, в той час як параметри  $\alpha$  та  $\beta$  задають жорсткість/податливість системи та загасання/розсіювання енергії процесу відповідно,  $t$  – час. В ідеальному випадку  $RHS(t)$  треба визначати через функцію Хевісайда або Дірака, що відображають стрибкоподібну зміну при певному значенні аргументу, але, зважаючи на те, що рівняння (1) буде інтегруватися чисельно, використання таких функцій спричиняють надлишкову жорсткість, яка може привести до виникнення чисельних артефактів у близькості до стрибка у правій частині. Тому для моделювання степеневого опору було використано згладжену версію степеневі функції у формі:

$$RHS(t) = \sum_i A_i \cdot e^{-\left(\frac{t}{h_i} - \theta\right)^n}, \quad \theta = \frac{a_i \sin(x-c)_i + b_i}{h_i}, \quad (2)$$

де  $A_i$ ,  $h_i$ ,  $a_i$ ,  $b_i$  – параметри, що відображають: потужність  $i$ -го стрибка ( $A_i$ ), його тривалість ( $a_i$ ) та «повноту» ( $b_i$ ), рівень загасання у часі ( $h_i$ ) та відтермінування моменту виникнення у часі  $(x-c)_i$ , можуть бути налаштовані для відображення реальних особливостей дії несприятливих факторів на характеристику, що дослі-



джується. Параметр  $n$  у (2) відповідає за згладжування стрибка – чим  $n$  більше, тим ближче форма, яка описується виразом (2) до ідеальної прямокутної сходинки. Вибір форми запису (2) зумовлений ще й тим, що при застосуванні феноменологічного моделювання потрібно мати максимальну свободу у виборі параметрів моделі для найкращого відтворення різних аспектів процесу, що описується.

Рішення рівняння (1) – (2) є коливальною структурою, де параметри коливань визначаються впливом різноманітних збуджуючих факторів, тобто завдяки відповідному формулюванню правої частини (2) є можливість моделювати дуже широке коло зовнішніх (позитивних або негативних) впливів на активність бізнесу. Спеціальне формулювання виразу для правої частини (2) рівняння (1), перехід від одного рівняння для агрегованого показника, що характеризують бізнес-активність до системи рівнянь, які відображають взаємопов'язану поведінку його окремих компонентів, дозволить описувати та вивчати нелінійні ефекти. Зрозуміло, що й динаміка бізнес-активності є нелінійним коливальним процесом, що реалізується під впливом мультивпливу зовнішнього середовища. Отже, обраний підхід до феноменологічного моделювання дозволяє описувати вплив будь-яких інших факторів на профіль бізнесу, зберігаючи структуру моделі (1) та завдяки введенню спеціальної правої частини й/або переходу до системи диференціальних рівнянь, надає можливість аналізу нелінійностей різного походження.

Чисельне рішення рівняння типу (1) можна шукати за допомогою досить широкого кола платформ, призначених для математичних розрахунків, у даному дослідженні було використане одну з таких платформ, Wolfram Cloud, що безкоштовно надає змогу користуватися потужними інструментами чисельних методів та зручно візуалізувати результати розрахунків. Наразі платформа Wolfram Cloud навіть надає доступ до популярних інструментів штучного інтелекту ChatGPT 4.0 (Wolfram, 2023).

Рівняння (1) вирішувалося з начальними умовами:

$$UBI(0) = UBI_{start}; \quad \frac{dUBI(0)}{dt} = UBI_{trend}, \quad (3)$$

що відображають поточний рівень індексу UBI ( $UBI_{start}$ ) і тенденцію його зміни ( $UBI_{trend}$ ) та які визначалися на основі даних обстеження (Дія. Бізнес, 2021).

Стосовно кількісного визначення параметрів у правій частині (2) за основу було взято природне припущення про те, що війна є несприятливим фактором такої потужності, яка спроможна повністю зупинити бізнес. Тобто потужність стрибка  $A$  у виразі (2) прирівнювалася до максимально можливого рівня бізнес-активності. Таким чином, раптовий фактор, що з'являється у правій частині рівняння (1), потенційно веде до повної деградації процесу, розвиток якого не припиняється виключно за рахунок жорсткості системи, що тут може інтерпретуватися як своєрідна інерція. Крім того, динамічному процесу зміни бізнес-активності у країні присвоювалося певне загасання, що визначається виключно внутрішніми факторами, які не можуть бути описані за рахунок спеціальної правої частини рівняння (1) – з точки зору теорії диференціальних рівнянь  $RHS(t)$  є джерельним членом та не може відповідати за моделювання внутрішніх факторів. Тобто параметри  $\alpha$  та  $\beta$  відповідають за реакцію (розмах коливань, запізнення, зсув фази), що виникає всередині системи внаслідок впливу збуджуючого фактора, котрий передається через  $RHS(t)$ .

Стосовно інших параметрів у виразі (2), то вони визначалися таким чином: внаслідок того, що інтегрування рівняння (1) починалося з початкових умов (3), які характеризували динаміку активності українського бізнесу у грудні 2021 р., відтермінування моменту виникнення негативної події у часі дорівнювало 3 місяцям, тривалість максимальної дії збуджуючого фактора оцінювалася у 6 місяців, що приблизно відповідає часу, який минув від початку війни до масованого визвольного наступу й повернення значних територій.

Для моделювання впливу атак на енергетичну інфраструктуру, починаючи з жовтня 2022 р., до системи був введений ще один стрибок з відтермінуванням у 10 місяців від моменту початку інтегрування рівняння (1) і тривалістю дії 4 місяці. При цьому потужність впливу обиралася вже на 30% меншою від максимально можливої для того, щоб відобразити зникнення фактора раптовості російської агресії. Слід зауважити, що запису виразу (2) для правої частини рівняння (1) властива адитивність, тобто завдяки додаванню нових «сходинок» можна моделювати будь-який сценарій впливу стрибкоподібних чинників. Зрозуміло, що можуть бути додані як негативні, так й позитивні чинники, якщо тільки вони виникнуть.

Результати розрахунків порівняно з даними обстежень, що проводилися у 2022–2023 рр., відображено на рис. 1. Видно, що модель (1) – (3) дуже добре передає «завал» бізнес-активності у березні-травні 2022 р., що був безпосереднім наслідком агресії. Далі, у жовтні – грудні 2022 р., чітко видно, що відновлення активності бізнесу, коли вітчизняні підприємства вже певним чином пристосувалися до умов бойових дій, стримується початком масованих атак на інфраструктуру. Тобто розроблена модель дуже добре передає основні ефекти, які пов'язані з впливом катастрофічних факторів на розвиток бізнесу в Україні. Крім того, можна зробити попередній висновок про те, що за основу було взято дуже зручну змінну, яка дозволяє реалістично оцінити складні процеси, які виникають при впливі зовнішніх чинників на економічні явища. Привертає увагу той факт, що модель прогнозує помірне падіння індексу бізнес-активності у періоді після січня 2023 р., що, вочевидь, пов'язано з інертністю системи (1)-(3), яка «відчуває» вплив атак на інфраструктуру. Натомість експерти, які були залучені до дослідження, демонструють стриманий оптимізм. На жаль, на момент роботи над статтею ще не були оприлюднені дані щодо опитування, яке проходило у березні 2023 р. для більш масштабного порівняння емпіричних да-

них із симуляцією, але можна сподіватися, що оптимізм експертів дещо зростатиме, тобто можна зробити попередній висновок, що модель є більш «інертною», ніж думка експертів.

Для надання більшої змістовності моделі динаміки бізнес-активності в Україні під впливом війни було здійснено перехід від одного рівняння (1), що описує агрегований показник, до системи диференціальних рівнянь, які описують окремі компоненти УВІ. Для формування цієї системи було застосовано виробничу функцію, що задає зв'язок між виробництвом продукту, капіталовкладеннями, оплатою праці та вартістю ресурсів, що були використані. Дійсно, якщо їх брати у вартісному вимірюванні, такі компоненти індексу бізнес-активності, як обсяг випуску продукції/наданих сервісів, кількість працівників, загальний рівень товарних запасів можна пов'язати між собою за допомогою трикомпонентної неоднорідної виробничої функції, яка включає ресурси. Відповідно систему диференціальних рівнянь для компонентів індексу бізнес-активності можна записати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} r \frac{d^2 Y(t)}{dt^2} + B_Y \frac{dY(t)}{dt} &= RHS(t) \\ A_l \frac{Y}{l} \frac{d^2 l(t)}{dt^2} + B_l \frac{Y}{l} \frac{dl(t)}{dt} &= 0, \\ A_r \frac{Y}{r} \frac{d^2 r(t)}{dt^2} + B_r \frac{Y}{r} \frac{dr(t)}{dt} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

де  $l$  – змінна, що відображає внесок рівня оплати праці;  $r$  – змінна, що відображає внесок вартості ресурсів на складах підприємств;  $Y$  – загальний обсяг виготовленої продукції у вартісному вимірі.

Для запису системи (4) використовувався загальний вигляд трикомпонентної неоднорідної виробничої функції типу Коба-Дугласа у вигляді

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta \cdot R^\gamma, \quad (5)$$

де  $L$  – рівень оплати праці,  $R$  – вартість ресурсів на складах підприємств,  $Y$  – загальний обсяг виготовленої продукції у вартісному вимірі,  $A$  – масштабуюча константа;  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$  – показники заміщення ресурсів.

Система рівнянь (4) фактично є деталізацією агрегованої моделі (1). Тобто використовується властивість звичайного диференційного рівняння другого порядку описувати вимушені коливання, що реалізуються у випадку економіки, яка потерпає від негативного впливу факторів, що пов'язані з війною, та застосовано неоднорідну виробничу функцію, що відповідає умові  $\alpha + \beta + g < 1$ , тобто існують певні додаткові компоненти, що використовуються при створенні продукту  $Y$ , котрі не увійшли до рівняння (5). Якщо ввести заміну змінних

$$l = L^{\beta}; \quad r = R^{\gamma} \quad (6)$$

та продиференціювати перше рівняння системи (4) за правилами диференціювання й відняти два інших, приводячи їх за допомогою лінійного алгебраїчного перетворення до однакових коефіцієнтів при першій та другій похідній, то, ігноруючи джерельний член  $RHS(t)$ , отримаємо тотожність, тобто система є консервативною й, відповідно, за відсутності зовнішнього збудження розвивається за власними закономірностями, які визначаються балансом між інертністю, жорсткістю/піддатливістю та загасанням. Зазначимо, що консервативність системи диференціальних рівнянь визначається через перевірку виконання закону збереження. Законом збереження для системи диференціальних рівнянь називається вираз виду, який справедливий для розв'язків цієї системи, тобто такий, що при підстановці в нього цих диференціальних рівнянь буде отримана тотожність. Для економічного процесу, що вивчається, це дуже важлива особливість моделі, тому що консервативність рівнянь моделі дозволяє відокремити внесок зовнішніх факторів від особливостей розвитку системи під впливом її внутрішніх властивостей. Слід зауважити, що ускладнення системи (4), наприклад введення так званого запізнення, що відображає відставання у часі моменту початку скорочення кількості людських ресурсів підприємств внаслідок дії несприятливих факторів, що призво-

дять до скорочення обсягу забезпеченого замовленнями виробництва, автоматично призводить до втрати консервативності. Звичайно, цю проблему потрібно вирішувати шляхом включення до системи додаткового диференційного рівняння, що буде описувати кількість нових замовлень для виробничого сегмента та/або загальну кількість замовлень, але таке рівняння не витікає з виробничої функції, і, на думку авторів, буде цілком перебувати під впливом невизначеності середовища господарювання.

Для кількості нових замовлень та загальної кількості замовлень після розв'язання системи (4) можна використати алгебраїчні або диференціальні рівняння, записані на основі аналізу поведінки споживача, який пов'язує загальний тренд розвитку економіки, що відображається динамікою загального обсягу виготовленої продукції у вартісному вимірі ( $Y$ ) та схильність споживачів до купівлі (замовлення) нових продуктів. Це дозволить замкнути модель й надасть змогу відстежити вплив на бізнес-активність психологічних факторів, пов'язаних з поведінкою споживачів. Разом з тим побудова такої моделі є дуже ускладненою, і така модель може бути недостовірною у застосуванні до аналізу впливу бойових дій на розвиток бізнесу, тому що базується на узагальненні історичного досвіду, що стосується мирного періоду.

Альтернативою цьому є перехід до моделювання динаміки бізнес-активності на основі стохастичного моделювання, наприклад, використовуючи модель Грейнера, яка дозволяє моделювати кілька часових рядів одночасно, що дає змогу враховувати взаємозв'язки та залежності між ними, а також включає приховані змінні, які відображають структуру взаємозв'язків між часовими рядами. Ці змінні дають змогу моделювати не тільки прямі, а й непрямі залежності між рядами.

Як початкові умови для системи (4) були використані природні припущення про те, що система у момент початку інтегрування рівнянь вже досягла певного розвитку та забезпечує відповідне

економічне зростання – таким чином, ми отримуємо можливість скористатися макроекономічними показниками, що є у вільному доступі.

$$\begin{cases} Y(0) = Y_{start}; & \frac{dy(0)}{dt} = Y_{trend} \\ l(0) = L_{start}^{\beta}; & \frac{dl(0)}{dt} = L_{trend}^{\beta}, \\ r(0) = R_{start}^{\gamma}; & \frac{dr(0)}{dt} = R_{trend}^{\gamma} \end{cases} \quad (7)$$

де, як й у випадку початкових умов (3), константи  $Y_{start}$ ,  $L_{start}^{\beta}$  та  $R_{start}^{\gamma}$  відповідають початковим значенням виробництва продукту, оплати праці та вартості ресурсів. Вони визначалися за макроекономічними параметрами на момент часу, що відповідає початку інтегрування. Константи  $Y_{trend}$ ,  $L_{trend}^{\beta}$  та  $R_{trend}^{\gamma}$  відповідають тенденціям економічного розвитку на момент початку інтегрування.

Розв'язання системи (4) з початковими умовами (5) також можна будувати чисельно за допомогою платформи Wolfram Cloud. Початкові умови (5). Фактично система (7) дозволяє визначити, наскільки будуть затребувані праця та ресурси за умови впливу несприятливих факторів, що формують економічну кон'юнктуру у державі.

**Емпіричні дослідження проблем очікуваної підтримки з боку держави підприємств Дніпропетровського регіону.** Завершуючи розгляд ефектів впливу бойових дій на динаміку бізнес-активності, було проведено емпіричне дослідження з підприємствами з Дніпропетровського регіону, дані про які зведені до табл. 2.

Ці підприємства відносять до різних галузей бізнесу, є різними за віком існування, розміром, бізнес-процесами та підходами до ведення бізнесу. Тобто вони у сукупності являють собою досить представницький зріз українського бізнесу, і, відповідно, висновки, отримані у результаті дослідження, можуть бути розповсюджені на Україну загалом.

У результаті особистих інтерв'ю, що проводилися з представниками компаній за єдиним скриптом, було встановлено, що найбільш очікуваними напрямами під-

тримки бізнесу під час війни з боку держави є:

- забезпечення безперебійного постачання електричної енергії;
- заходи щодо попередження відтоку людських ресурсів (бронювання найбільш важливих фахівців);
- покращання доступу до кредитних ресурсів;
- дерегуляція;
- допомога з питань технічного регулювання (спрощення процедур сертифікації, ліцензування і т. ін.).

Тобто знов вже на регіональному рівні при вивченні очікуваної підтримки з боку держави під час війни ми стикаємося із ситуацією, коли тільки декілька напрямів очікуваної підтримки бізнесу під час бойових дій, що вказувалися респондентами, були безпосередньо пов'язані з війною, решта – класичні фактори, що є наслідком суттєвого гальмування реформ та інших економічних перешкод, які діяли у довоєнному періоді.

Показово, що всі підприємства погодилися з думкою про те, що рівень невизначеності фінансово-економічної ситуації на підприємстві буде зменшуватися у найближчі чотири місяці, тобто до середини літа 2023 р., в той час як прогнози щодо змін загальноекономічного середовища на наступні півроку (тобто до початку бізнес-сезону 2023–2024 рр.) є помірно позитивними. Показник виробничих планів досліджених підприємств, що мають власне виробництво, тобто очікувана зміна обсягів виробництва є позитивною на наступні три місяці. Очікуваний індекс змін продажів є додатний, але рівень оптимізму змінюється відповідно до розміру підприємства і є меншим для менших підприємств. Крім того, більший оптимізм демонструють підприємства харчової промисловості. Дуже показовим є факт, що представники опитаних підприємств не дали позитивну оцінку державній політиці з підтримки бізнесу – у найкращому випадку їх висловлювання були нейтральними.

**Висновки.** Таким чином, підбиваючи підсумки аналізу процесу зміни активності вітчизняного бізнесу за умов війни,

Таблиця 2

## Підприємства з Дніпропетровського регіону, що взяли участь у дослідженні

Компанія	Сфера діяльності	Зовнішньоекономічні зв'язки
ТОВ «Торгова компанія EcoCorn»	Виробництво екологічного біорозчинного посуду та пакування з полімеру на базі кукурудзяного крохмалю	Польща, Латвія, Німеччина, Швеція, Данія
ТОВ «Торговий дім Деметра-Агро»	Виробництво різних видів сільськогосподарської сировини	Східна Європа
Науково-виробниче фермерське господарство «Компанія МАІС»	Районоване та підготовлене насіння кукурудзи	Казахстан, Узбекистан, Таджикистан
ТОВ «МОВА І КО»	Харчова промисловість: виробництво та продаж пива	Норвегія, Данія
ТОВ «Завод сільгоспмашин»	Сільськогосподарське машинобудування	Румунія, Болгарія, Угорщина, Алжир, Молдова, Литва, Німеччина, Монголія, Казахстан
ТОВ «Памібро»	Виробництво та продаж екологічного паперового пакування (паперових мішків)	Італія, Німеччина, Чехія, Словаччина, Польща, Болгарія, Литва, Латвія, Естонія
ПП «Деліція»	Виробництво та продаж кондитерських виробів	Румунія, Польща, Литва, Латвія, Азербайджан, Швейцарія, Швеція, Великобританія, США, Німеччина, Болгарія
ТОВ «Карбоніс»	Виробництво та продаж деревинного вугілля	Польща, Німеччина, Бельгія
ТОВ «Андреал»	Виробництво охоронних пломб	ЄС, Уганда, Нігерія, Узбекистан, Казахстан, Македонія

Джерело: узагальнено авторами.

що був проведений на емпіричному та теоретичному рівні, в тому числі на основі створеної математичної моделі, можна зробити такі висновки:

1) на основі феноменологічного моделювання було розроблено та апробовано інструментарій теоретичного дослідження динаміки вітчизняної бізнес-активності під час військового стану, який дозволив відтворити її падіння та відновлення під впливом кумулятивних несприятливих факторів;

2) на основі системи диференціальних рівнянь було також розроблено детальну математичну модель для окремих компонентів індексу бізнес-активності;

3) сукупний результат впливу несприятливих факторів на активність ві-

тчизняного бізнесу було також досліджено на основі емпіричних даних, що дозволило зробити висновок про те, що перелік проблем, які заважають розвитку українського бізнесу, з початком війни принципово не змінився;

4) емпіричне дослідження потреб бізнесу у державній підтримці на регіональному рівні зумовило висновок про те, що навіть у розпалі війни зберігаються довоєнні пріоритети.

Як подальші напрями розвитку та вдосконалення результатів даної роботи слід вказати:

1) проведення більш масштабного математичного моделювання, в тому числі із залученням таких комплексних інструментів, як модель Грейнера та інших

підходів на основі стохастичного моделювання, що дозволять враховувати приховані закономірності, для яких складно підібрати явний кількісний опис;

2) використання моделі споживачьких настроїв як замикання системи, що дозволить врахувати психологічні ефекти поведінки споживачів під час бойових дій.

### Список використаної літератури

Дія. Бізнес (2021, February 19). *Презентація результатів дослідження Ukrainian Business index*. Retrieved March 12, 2023. URL: [https://export.gov.ua/news/3145-ukrainian\\_business\\_index\\_report](https://export.gov.ua/news/3145-ukrainian_business_index_report)

Дія. Бізнес (2022, December 5). *Стан та потреби бізнесу в умовах війни: результати опитування в листопаді 2022 року*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://business.diia.gov.ua/cases/novini/stan-ta-potrebi-biznesu-v-umovah-vijni-rezultati-opituvanna-v-listopadi-2022-roku>

Дія. Бізнес (2022, October 21). *Стан та потреби бізнесу в Україні: секторальний розріз, вересень 2022*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://business.diia.gov.ua/cases/novini/stan-ta-potrebi-biznesu-v-ukraini-sektoralnij-rozriz-veresen-2022>

НБУ (2021) *Річний звіт Національного банку України за 2020 рік*. Національний банк України. Київ.

НБУ (2022) *Річний звіт Національного банку України за 2021 рік*. Національний банк України. Київ.

НІСД (2019). *Вплив війни на економіку України. Аналітична доповідь*. Національний інститут стратегічних досліджень. Київ.

Центр розвитку інновацій (2023, February 28). *Стан та потреби бізнесу в умовах війни: результати опитування в січні 2023 року*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://cid.center/the-state-and-needs-of-business-at-war-results-of-the-january-2023-survey/>

Anderson J. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, 69 (1), 106–116.

Black F., & Scholes M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654. DOI:10.1086/260062

Doingbusinessguide (2019). *Doing business in Ukraine*. Retrieved April 13, 2023. URL: <http://www.ukraine.doingbusinessguide.co.uk/the-guide/what-are-the-challenges/>

GfK (2016) *Вплив конфлікту на бізнес в Україні*. Аналітичний огляд. Retrieved April 13, 2023. URL: <https://www.gfk.com/insights/the-war-impact-on-the-economy-of-ukraine-dec-2016>

González-Rivera G. (2016). Forecasting with autoregressive (AR) processes. *Forecasting for Economics and Business*, 160-201. DOI:10.4324/9781315510415-9

IMF (2022, March 17). *Как война в Украине отражается на разных регионах мира*. Retrieved April 12, 2023. URL: <https://www.imf.org/ru/Blogs/Articles/2022/03/15/blog-how-war-in-ukraine-is-reverberating-across-worlds-regions-031522>

Kochnev A. (2020). *Requiem for Donbas: Three Essays on the Costs of War in Ukraine*. Doctoral dissertation. Universität Linz. URL: <https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/5295005?originalFilename=true>

North D.N. (1955). *Location theory and regional economic growth*. Chicago: University of Chicago Press.

Teece D.J., Pisano G., & Shuen A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. DOI:10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z

Van Slyke R., & Wets R. (1965). Programming under uncertainty and Stochastic Optimal Control. doi:10.21236/ad0618201

Wang W., & Siau K. (2022). Artificial Intelligence, Machine Learning, automation, robotics, future of work and future of humanity. *Research Anthology on Machine Learning Techniques, Methods, and Applications*, 1460–1481. DOI:10.4018/978-1-6684-6291-1.ch076

Wolfram S. (2023, March 23). *Chatgpt gets its “Wolfram superpowers”!* Retrieved April 14, 2023. URL: <https://writings.stephenwolfram.com/2023/03/chatgpt-gets-its-wolfram-superpowers/#:~:text=And%20today%E2%80%94just%20two%20and,of%20as%20%E2%80%9Ccomputational%20superpowers%E2%80%9D>.

World Bank. (2019, October 24). *Doing business 2020*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://archive.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

World Bank. (2022). *Business enabling environment*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://www.worldbank.org/en/programs/business-enabling-environment>

## References

Diia. Biznes (2021, February 19). *Prezentatsiia rezultativ doslidzhennia Ukrainian Business index*. [Presentation of the Ukrainian Business index study results] Retrieved March 12, 2023, URL: [https://export.gov.ua/news/3145-ukrainian\\_business\\_index\\_report](https://export.gov.ua/news/3145-ukrainian_business_index_report)

Diia.Biznes (2022, December 5). *Stan ta potreby biznesu v umovakh viiny: rezultaty opytuvannia v lystopadi 2022 roku* [State and needs of business in times of war: results of the November 2022 survey]. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://business.diia.gov.ua/cases/novini/stan-ta-potrebi-biznesu-v-umovah-vijni-rezultati-opituvanna-v-listopadi-2022-roku>

Diia. Biznes (2022, October 21). *Stan ta potreby biznesu v umovakh viiny: sektoralnyi rozriz, veresen 2022*. [State and needs of business in times of war: Sectoral breakdown, September 2022]. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://business.diia.gov.ua/cases/novini/stan-ta-potrebi-biznesu-v-ukraini-sektoralnij-rozriz-veresen-2022>

NBU (2021) *Richnyi zvit Natsionalnoho banku Ukrainy za 2020 rik*. [Annual Report of the National Bank of Ukraine for 2020]. National Bank of Ukraine. Kyiv.

NBU (2022) *Richnyi zvit Natsionalnoho banku Ukrainy za 2021 rik*. [Annual Report of the National Bank of Ukraine for 2021]. National Bank of Ukraine. Kyiv.

NISS (2019). *Vplyv viiny na ekonomiku Ukrainy. Analitichna dopovid* [The impact of the war on the Ukrainian economy. Analytical report]. National Institute for Strategic Studies. Kyiv.

CID (2023, February 28). *Stan ta potreby biznesu v umovakh viiny: rezultaty opytuvannia v v sichni 2023 roku*. [The state and needs of business in times of war: survey results in January 2023]. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://cid.center/the-state-and-needs-of-business-at-war-results-of-the-january-2023-survey/>

Anderson J. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *American Economic Review*, 69 (1), 106-116.

Black F., & Scholes M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654. doi:10.1086/260062

Doingbusinessguide (2019). *Doing business in Ukraine*. Retrieved April 13, 2023. URL: <http://www.ukraine.doingbusinessguide.co.uk/the-guide/what-are-the-challenges/>

GfK (2016) *Вплив конфлікту на бізнес в Україні*. Аналітичний огляд. Retrieved April 13, 2023. URL: <https://www.gfk.com/insights/the-war-impact-on-the-economy-of-ukraine-dec-2016>

González-Rivera G. (2016). Forecasting with autoregressive (AR) processes. *Forecasting for Economics and Business*, 160-201. doi:10.4324/9781315510415-9

IMF (2022, March 17). *Как война в Украине отражается на разных регионах мира*. Retrieved April 12, 2023. URL: <https://www.imf.org/ru/Blogs/Articles/2022/03/15/blog-how-war-in-ukraine-is-reverberating-across-worlds-regions-031522>

Kochnev A. (2020). *Requiem for Donbas: Three Essays on the Costs of War in Ukraine*. Doctoral dissertation. Universität Linz. URL: <https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/5295005?originalFilename=true>

North D.N. (1955). *Location theory and regional economic growth*. Chicago: University of Chicago Press.

Teece D.J., Pisano G., & Shuen A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. doi:10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z

Van Slyke R., & Wets R. (1965). Programming under uncertainty and Stochastic Optimal Control. doi:10.21236/ad0618201

Wang W., & Siau K. (2022). Artificial Intelligence, Machine Learning, automation, robotics, future of work and future of humanity. *Research Anthology on Machine Learning Techniques, Methods, and Applications*, 1460-1481. doi:10.4018/978-1-6684-6291-1.ch076

Wolfram S. (2023, March 23). *Chatgpt gets its "Wolfram superpowers"!* Retrieved April 14, 2023. URL: <https://writings.stephenwolfram.com/2023/03/chatgpt-gets-its-wolfram-superpowers/#:~:text=And%20today%E2%80%94just%20two%20and,of%20as%20%E2%80%9Ccomputational%20superpowers%E2%80%9D>.

World Bank. (2019, October 24). *Doing business 2020*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://archive.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

World Bank. (2022). *Business enabling environment*. Retrieved March 12, 2023. URL: <https://www.worldbank.org/en/programs/business-enabling-environment>

## MODELING CHANGES IN THE ACTIVITY OF UKRAINIAN DOMESTIC BUSINESS IN TIMES OF WAR

*Volodymyr Ye. Momot*, Alfred Nobel University, Dnipro (Ukraine).

E-mail: vmomot@duan.edu.ua

*Olena M. Lytvynenko*, Alfred Nobel University, Dnipro (Ukraine).

E-mail: elena\_litvinenko@duan.edu.ua

DOI: 10.32342/2074-5354-2023-2-59-12

**Keywords:** *martial law, aggression against Ukraine, phenomenological modeling, conservatism of the system of equations, ease of doing business index, UBI business activity index, three-component production function*

**JEL classification:** *E610; F200; C310*

The article examines the effects of changes in the activity of domestic business during the war, as a result of the system of unfavorable factors. The authors analyze the possibilities of using different types of mathematical models to reproduce the dynamics of business activity at the level of a particular country, and selects the most successful one. A phenomenological model describing the dynamics of the process was proposed, which uses the business activity index as the main variable and is based on an ordinary heterogeneous second-order differential equation with a source term. Using a three-component production function, a transition to a system of differential equations describing the dynamics of various components of the business activity index was made, which, in the absence of a source term responsible for the impact of external stimulating factors, is conservative. The modeling results are compared with empirical data, which indicates a good ability of the model to reproduce real processes in the economy under the influence of powerful negative factors, including the restoration of business optimism caused by the return of territories in September-October 2022 and overcoming the consequences of attacks on energy infrastructure in November 2022-January 2023. It is shown that the involvement of other equations describing the dynamics of business activity in the system leads to a loss of conservatism. The frequency and phase-frequency analysis of the dynamics of Ukrainian business activity during the war allows us to conclude that business activity will recover fairly quickly after the cessation of negative depressing factors. Based on the descriptive data, the article clusters the negative factors that suppress domestic business during hostilities and compares them with the parameters that determine the ease of doing business, an internationally recognized indicator that allows assessing



obstacles to business activity. Based on the research of recognized foreign experts, a retrospective analysis of obstacles to the development of Ukrainian business was conducted. An empirical study of a number of enterprises from the Dnipropetrovs'k region belonging to various business sectors was implemented, which proves that the main problems that emerged during the war are not much more severe than the problems that domestic business experienced before the aggression. The «classical» factors associated with hostilities are reduced to ensuring uninterrupted supply of electricity and preventing the outflow of human resources through conscription and forced migration. It is concluded that an interesting direction for further research on this problem is the use of the Granger model, which will allow for joint analysis of time series and take into account hidden relationships.

*Одержано 16.02.2023.*