

В.М. ГОРБАЧУК

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна,
e-mail: *GorbachukVasyl@netscape.net*.

В.А. ЗАСЛАВСЬКИЙ

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
e-mail: *Zas.Vlad@gmail.com*.

П.С. КНОПОВ

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна,
e-mail: *Knopov1@yahoo.com*.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ФАКТОРІВ КОНФЛІКТУ НА РІВНОВАЖНІ СТАНИ

Анотація. Розглянуто можливості застосування моделей та методів теорії прийняття рішень та теорії ігор для розв'язання проблем, які виникають у процесі дослідження різноманітних конфліктів та їхніх наслідків. Проаналізовано джерела конфліктів між сторонами в економічній та соціальній сферах, воєнні протисноєння та проблеми розподілу обмежених ресурсів. Зазначено, що під час формування політичних рішень і дій здійснюється агрегація рішень та пропозицій сторін для формування рівноважних варіантів прийняття рішень у конфліктах. Значну увагу приділено аналізу стратегій для забезпечення миру та стримування переростання конфлікту у війну.

Ключові слова: переваги, сприйняття, область потенційних раціональних урегулювань, виробнича функція Кобба–Дугласа, зусилля на виробничі підприємства і воєнні дії, криві реакції за Курно.

ВСТУП

2 червня 2022 р. у Варшаві (Польща) відбулася зустріч керівників Польської академії наук, Національної академії наук України, Національної академії наук США, Німецької національної академії наук Леопольдіна, Королівської Данської академії наук і літератури, Всесвітової федерації академій наук і мистецтв (ALLEA European Federation of Academies of Sciences and Humanities), Королівського товариства Великобританії, на якій обговорювали та узгоджували кроки побудови потужної наукової, інноваційної, науково-дослідної та навчальної системи в Україні. Результатом цієї зустрічі 13 червня 2022 р. була заява «Кроки дій для відновлення науки, досліджень та інновацій в Україні». Практичними кроками, які можуть здійснюватися науковими спільнотами згаданих країн, а також іншими науковими світовими спільнотами, є 10 дій [1] (деякі дії можуть здійснюватися найближчим часом, а інші залежатимуть від розвитку воєнної ситуації та стану безпеки в Україні):

— зберігати інституційні зв'язки в Україні для тих українських дослідників, які отримують тимчасові призначення за кордоном, для стимулювання репатріації після припинення бойових дій і поліпшення загальної ситуації;

— розробляти спеціальні програми фінансування дослідників з України, які розпочинають кар'єру, та їхніх колективів включно із використанням угод про дистанційну роботу;

— започаткувати програми фінансування спільних міжнародних досліджень з вченими, які працюють в Україні, та забезпечити спільні призначення;

— забезпечувати доступ до спеціалізованого дослідницького обладнання за кордоном, особливо того, що дублює українське, пошкоджене чи зруйноване під час бойових дій;

— надавати українським дослідницьким інститутам дистанційний вільний доступ до наукових журналів;

— звільняти дослідників і дослідницькі організації України від сплати зборів за оброблення статей (Article Processing Charges, APC), а також від сплати членських внесків у наукових організаціях і внесків за участь у конференціях;

— запровадити для українських дослідників заходи інтелектуального обміну (brain circulation) для спілкування і взаємного навчання з колегами й організаціями у міжнародній науковій спільноті;

— надати українським інститутам дуже потрібне та придатне для використання лабораторно-дослідницьке обладнання замість зруйнованого під час бойових дій;

— планувати повоєнне відновлення наукової галузі України з урахуванням майбутніх потреб країни, включаючи модернізацію досліджень, інновації на ранніх етапах досліджень, а також удосконалення освіти в Україні;

— створити координаційну раду для максимізації впливу, мінімізації надлишковості, суттєвого використання синергії з огляду на проблеми, пов'язані з дослідниками молодшого і старшого рівня.

Зазначений перелік дій підлягає розширенню та коригуванню з урахуванням попереднього досвіду роботи з країнами, які постраждали від війни. Всебічні заходи, спрямовані на мирне співіснування держав і врегулювання міжнародних конфліктів, залишаються актуальними для світової спільноти [2–5].

ДЖЕРЕЛА КОНФЛІКТУ

Виокремлюють такі чинники взаємодії сторін: переваги, можливості, сприйняття. Ці чинники відповідають традиційним проблемам, що обговорюють історики та політологи як передумови війни, а саме: ненависть і сформована зневага (переваги); перспективи виграшу за рахунок слабших жертв (можливості); помилки в оцінюванні мотивів і спроможностей інших учасників (сприйняття). Хоча ці чинники неявно передбачають дихотомію між конфліктом та його врегулюванням, у неперервній моделі вибрані інтенсивності зусиль на воєнні дії аналогічно визначатимуться перевагами, можливостями і сприйняттями сторін [6].

Графічно на осі абсцис можна вимірювати дохід (income) I_1 гравця 1, а на осі ординат — дохід I_2 гравця 2. Нехай під час врегулювання максимальний дохід кожного гравця становить Q . Тоді крива від точки $(0, Q)$ до точки $(Q, 0)$ обмежує множину можливостей врегулювання (подібно до множини виробничих можливостей) — множину точок, яких сторони можуть досягти мирною угодою чи компромісом. З іншого боку, кожний гравець $i=1, 2$ має функцію корисності (utility) U_i з відповідними кривими байдужості. Очевидно, що функція U_i є зростаюною відносно I_i , а також може бути зростаюною відносно I_j , $j \neq i$. Якщо $U_1 = U_2$, окреме (суб'єктивне) сприйняття (perception) P_1 розподілу доходу гравцем 1 збігається з окремим сприйняттям P_2 розподілу доходу гравцем 2. У точці перетину кривих байдужості (де виконується рівність $U_1 = U_2$) нижче кривої можливостей врегулювання гравці його не досягають (цю точку називають точкою загрози [7]). Область потенційних раціональних врегулювань (potential settlement region, PSR) обмежена кривою можливостей врегулювання та кривими байдужості [8].

Форма кривої можливостей урегулювання може вказувати, що ці можливості є гармонійними та доповнюють кожну із сторін: обидві сторони можуть вигравати, завдяки спільній праці, а найбільший агрегований дохід досягається, коли сторони мають приблизно однакові доходи. Від'ємний нахил кривої байдужості сторони вказує на переваги цієї сторони щодо кооперації: наприклад, функція корисності U_i може бути зростаючою як відносно I_i , так і відносно I_j , $j \neq i$. Якщо узгоджені доходи у випадку невдалої спроби дійти угоди є досить малими та узгодженими ($P_1 = P_2$), то це також розширює PSR і підвищує ймовірність досягнення угоди сторін.

Також форма кривої можливостей урегулювання може вказувати, що ці можливості сторін є дисгармонійними, коли приблизно однакові розподіли доходу дають менший агрегований дохід, ніж неоднакові розподіли. Хоча трансферти *ex-post* можуть ділити агрегований дохід рівномірніше, всі такі можливості враховуються формою кривої можливостей урегулювання. Додатний нахил кривої байдужості сторони вказує на неохочість цієї сторони до кооперації: функція корисності U_i є зростаючою відносно I_i , але не відносно I_j , $j \neq i$. Обидві сторони можуть мати неузгоджені та суб'єктивні оптимістичні сприйняття наслідків неврегулювання: у випадку невдалої спроби дійти угоди кожна сторона вважає, що вона виграє (відносно статус-кво). Зазначені особливості звужують PSR (можливо, до порожньої множини) і погіршують перспективи врегулювання.

Хоча в економіці переваги вважаються довільними даними, але переваги у ставленні до конкретних людей потрібно дещо пояснити. В еволюційній біології важливим показником є генетична близькість (relatedness) r , вимірювана часткою спільних генів: $r = 2^{-1}$ для рідних братів і сестер; $r = 2^{-2}$ для напіврідних братів і сестер, які мають або спільного батька, або спільну матір; $r = 2^{-3}$ для двоюрідних братів і сестер і т.д. Цей показник визначає індивідуальну готовність жертвувати собою заради інших людей: припускається, що особа готова пожертвувати своїм життям, щоб врятувати двох рідних братів і сестер, чотирьох напіврідних братів і сестер, вісьмох двоюрідних братів і сестер. Загалом, за правилом Гамільтона, еволюція відбиратиме такі дії, що $r \geq b^{-1}c$, де b — вигреш (benefit) реципієнта (особи, заради якої жертвують), c — втрати (cost) донора (особи, яка жертвує), масштабовані у термінах вкладу до репродуктивного успіху (reproductive success, RS) [9]. У цьому випадку RS вимірюється кількістю генів особи, які передаються наступним поколінням. Оскільки близькість між будь-якими двома особами є фіксованою, то правило Гамільтона означає, що криві еволюційної байдужості в осях репродуктивного успіху мають бути прямими лініями. Своєю чергою, ці криві відповідають типово увігнутим кривим байдужості в осях доходів у разі зменшуваної віддачі від масштабу між доходом і RS.

Для взаємодій у межах малих груп і між ними близькість є надзвичайно важливим чинником конфлікту чи кооперації: батьки жертвують заради своїх власних дітей більше, ніж заради інших дітей. Як наслідок, біологічні батьки поведуться зі своїми рідними дітьми краще, ніж з прийомними [10]. Крім того, серед тварин і первісних людей практично будь-яке кооперативне об'єднання ґрунтується на біологічній сім'ї.

З іншого боку, для великих сучасних економік біологічна близькість не є важливою, оскільки значення r дуже швидко спадає поза межами власне сім'ї. У сучасному світі така близькість може ставати асоціальною через непотизм, конфлікт інтересів, корупцію тощо: ця близькість не лише сприяє кооперації

у межах групи, але й призводить до конфлікту між групами [11]. Формула Гамільтона у простому вигляді є застосовною для моделювання еволюції лише для необмеженої суми ($c + b$) втрат і вигравшів. Якщо конкуренція обмежує цю суму, то зазначену формулу слід модифікувати: за досить жорстких умов конкуренції для максимізації свого RS особа має допомагати лише тим, чії індивідуальні значення r (для цієї особи) перевищують середнє значення r для всієї популяції за рахунок решти популяції [12, 13]. З огляду на культурні та ідеологічні фактори у будь-якому випадку доброзичливе і недоброзичливе ставлення залишаються важливими джерелами міжнародних та інших конфліктів [14]. Моделювання впливу цих факторів на суб'єктивне ставлення є складною проблемою соціальних наук.

Зазвичай в економіці припускають, що крива можливостей урегулювання показує гармонію цих можливостей, характеризуючи потенційні виграти від спеціалізації та спільного виробництва за наявності ринкового обміну. Якщо немає можливості обміну, а укладені угоди є витратними (costly) чи неможливими, то ці виграти важко досягти мирними засобами, а спільне виробництво може бути допустимим лише тоді, коли одна сторона пропонує виражений асиметричний розподіл вигравшів, подібний до розподілу вигравшів за рабовласництва чи кріпацтва [15].

Сприйняття стосуються оцінок того, що може трапитися у разі невдалої спроби дійти мирного врегулювання, тобто у випадку перебування у точці загрози. Якби ці оцінки були правильними з обох сторін, то за відсутності недоброзичливого ставлення конфлікт був би Парето-домінантним, а множина PSR була би непорожньою. У традиційній економіці розбіжностями сприйняття нехтують, бо хибні оцінки зазвичай є безприбутковими, отже, з отриманням досвіду їх потрібно переглядати. Зазвичай суперники отримують досвід через подолання конфліктних ситуацій: школа реальної боротьби навчає сторони переглядати свої сприйняття і формувати більш реалістичні уявлення [16]. Один і той самий факт, який зменшує впевненість однієї сторони (наприклад, у випадку поразки у битві), водночас може збільшувати оптимізм іншої сторони [17]. Багато тривалих війн, відомих з історії, відображають складність налаштування сприйняття реальності.

ТЕХНОЛОГІЯ КОНФЛІКТУ

Ключовим елементом економіки конфлікту є вибір балансу між двома різними технологіями: знайомою технологією виробництва і досить відмінною технологією конфлікту з боротьбою за привласнення [18].

Аналізуючи технологію виробництва, економісти делегують проблему проєктування труб, опорних балок, брусів, двигунів, транзисторів до інженерів і техніків, а вибір відповідних технологій та їхнє застосування — до підприємців. Цариною компетентності економістів є так звана макротехнологія виробництва, яка враховує масштаби виробництва та його віддачу, економічну сферу, автоматизацію праці та інвестиції тощо. В процесі аналізу технології конфлікту ситуація подібна: технічні експерти проєктують гармати, бомби, ракети тощо, а воєначальники відповідають за застосування розроблених озброєнь з урахуванням реального стану об'єктів. У невоєнних конфліктах особи, які приймають рішення, виконують свої ролі: політики наймають спічрайтерів і медіа-консультантів, а учасники судових процесів — адвокатів. Ці спеціалісти фактично поєднують інженерну і підприємницьку діяльність у процесі дослідження конфліктів, а питання теорії макротехнології конфлікту та виробництва є проблемами економістів.

Аналізуючи макротехнологію конфлікту, бажано мати допустимі функціональні форми, аналогічні виробничим функціям Кобба–Дугласа чи постійної еластичності заміни (constant elasticity of substitution, CES) з макротехнології виробництва. Ці форми мають описувати, як вхідні значення зусиль на воєнні дії кожної сторони генерують наслідки (виходи) — перемогу чи поразку, відносний успіх або неуспіх, досягнення оперативних показників. Двома канонічними формами є функції конкурсного успіху (contest success functions, CSFs) [19]: в одній формі наслідок залежить від відношення зусиль на воєнні дії, а в іншій — від різниці таких зусиль. Цим формам відповідають так звані логіт-функції та пробіт-функції [20].

Для двостороннього конкурсу припустимо, що кожна сторона $i=1,2$ поділяє свої ресурси (resources) R_i між зусиллям E_i на продуктивне підприємництво (entrepreneurship) та зусиллям F_i на воєнні дії (fighting): $R_i = E_i + F_i$. Значення F_1 та F_2 визначають частки (proportions) виграного призу (CSFs) у неперервній моделі конфлікту відношення зусиль:

$$p_1 = (F_1)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-1}, \quad p_2 = (F_2)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-1}, \quad (1)$$

де $m > 0$ — деякий параметр. У дихотомічній моделі ці частки інтерпретуватимуться як відповідні ймовірності перемоги.

Альтернативну модель різниці зусиль можна записати через логістичні функції:

$$p_1 = (1 + \exp(k(F_2 - F_1)))^{-1}, \quad p_2 = (1 + \exp(k(F_1 - F_2)))^{-1}, \quad (2)$$

де $k > 0$ — деякий параметр. Ці функції відображають важливість переваги у зусиллях над противником. Параметри m , k можна називати коефіцієнтами рішучості, які показують, наскільки зусилля на воєнні дії впливають на успіх битви. Рівняння (1), (2) можна узагальнювати різними способами, наприклад, через врахування так званих коефіцієнтів бойової ефективності для відповідних зусиль F_i . Показано, що лише рівняння (1), (2) задовольняють усі можливі критерії, прийнятні для CSF [21]:

$$p_1 + p_2 = 1. \quad (3)$$

Функція $p_1(F_1, F_2)$ є зростаючою за F_1 і спадною за F_2 . Якщо p_1 та p_2 інтерпретувати як частки призу, то рівність (3) можна модифікувати, щоб врахувати руйнування внаслідок битви:

$$p_1 + p_2 + \delta(F_1, F_2) = 1, \quad (4)$$

де $\delta(F_1, F_2) > 0$ — частка зруйнованого призу. Чим більша ця частка, тим менш прибутковими є воєнні дії для обох сторін.

Припустимо, що $\delta(F_1, F_2) = 0$ у рівності (4). Графічно на осі абсцис можна вимірювати F_1 , а на осі ординат — p_1 . Для $F_2 = 100$ та значень $m = 0.5$, $m = 1$, $m = 3$ можна побудувати графіки функції CSF $p_1(F_1, F_2 = 100, m)$ відношення зусиль: до точки ($F_1 = 100 = F_2$, $m = 0.5$) мають місце нерівності

$$p_1(F_1, F_2 = 100, m = 0.5) > p_1(F_1, F_2 = 100, m = 1) > p_1(F_1, F_2 = 100, m = 3),$$

а після цієї точки мають місце протилежні нерівності

$$p_1(F_1, F_2 = 100, m = 0.5) < p_1(F_1, F_2 = 100, m = 1) < p_1(F_1, F_2 = 100, m = 3),$$

причому в цій точці функція $p_1(F_1, F_2 = 100, m = 3)$ має перегин; функції $p_1(F_1, F_2 = 100, m = 0.5)$ та $p_1(F_1, F_2 = 100, m = 1)$ є увігнутими. Хоча на деяких

початкових ділянках ці функції мають збільшувати свої значення віддачі від масштабу, вони мають зменшувати ці значення для досить великих F_1 .

Для $F_2 = 100$ та значень $k = 0$, $k = 0.02$, $k = 0.04$ можна побудувати графіки функції CSF $p_1(F_1, F_2 = 100, k)$ різниці зусиль: $p_1(F_1, F_2 = 100, k = 0) \equiv 0.5$; до точки ($F_1 = 100 = F_2$, $m = 0.5$) має місце нерівність $p_1(F_1, F_2 = 100, k = 0.02) > p_1(F_1, F_2 = 100, k = 0.04)$, а після цієї точки має місце протилежна нерівність, причому в цій точці функції $p_1(F_1, F_2 = 100, k = 0.02)$ та $p_1(F_1, F_2 = 100, k = 0.04)$ мають перегин. У випадку, якщо $F_1 \leq F_2$, ці функції мають збільшувану віддачу від масштабу, а якщо $F_1 > F_2$, — зменшувану.

З рівнянь (1) для CSF випливає, що $p_1(0, F_2) = 0 = p_2(F_1, 0)$, тобто нульові зусилля на воєнні дії означають нульовий успіх. З іншого боку, з рівнянь (2) для CSF різниці зусиль випливає, що нульові зусилля на воєнні дії можуть давати деяку додатну частку призу. Тому для конкретних застосувань обирають модель (1) або (2). Наприклад, для судочинства можна обрати модель (1): постраждала сторона, яка не докладає зусиль (не подає судового позову), має нульові перспективи успіху, позаяк респондент, який не докладає зусиль до захисту, має очікувати несприятливого результату.

Для воєнних дій теж можна обрати модель (1), коли зіткнення відбуваються за таких теоретично ідеальних умов, як однорідне поле битви: наявність повної інформації про конфлікт і відсутність втоми у військовослужбовців. За реалістичніших умов, де відіграє роль те, що генерал фон Клаузевіц [22] називав тертям (велика кількість загиблих, біженців, недостатня інформація, виснаження і втрата керування у супротивників), сторона, яка не докладає зусиль (не чинить опору), не обов'язково втрачає все.

Незважаючи на неповноту моделі конфлікту, його технологія дає змогу інтуїтивно виводити деякі наслідки. Коли значення коефіцієнтів рішучості є низькими, то сторони, ймовірно, вибиратимуть перемир'я або знижуватимуть інтенсивність боротьби. У внутрішній політиці конституційний захист політичної меншості знижує можливість панування політичної більшості та інтенсивність виборчої боротьби. Якщо програш на виборах не призводить до позбавлення життя і власності, то людям не потрібні великі інвестиційні зусилля для політичних перегонів. Тому низька явка виборців (voter turnout) на виборах США може вказувати радше на здоровий стан державного управління (polity), ніж на рівень громадянської позиції.

Економічна теорія конфлікту дає змогу пояснити головний парадокс сучасної політики. Під час перерозподілу достатків від багатих до бідних, який став звичним, багатша половина населення (зі статком вище середнього рівня) має більшу політичну силу, ніж бідніша половина. Водночас бідніша половина населення шукає способи збагачення за рахунок багатшої, беручи участь у боротьбі за перерозподіл. У цій боротьбі багатша половина готова поділитися з біднішою, для якої конфлікт має порівняльну перевагу відносно виробництва: у боротьбі за привласнення багаті, на відміну від бідних, стають зручною мішенню.

Аналогічно у воєнних протиборствах слабша сторона іноді здобуває відносну перемогу порівняно з її статус-кво: яскравими прикладами є війни США у В'єтнамі та Афганістані. Така відносна перемога тим ймовірніша, чим нижча рішучість. У В'єтнамі факторами зниження рішучості США були специфічна топографія та міжнародні відносини (які унеможлилювали застосування ядерної зброї).

З іншого боку, якщо рішучість досить висока і панування сили стає вирішальним для результату, то перевагу отримуватиме сильніша сторона. Така

ситуація відповідає природній монополії у конфлікті з безкомпромісною боротьбою (наприклад, боротьбою між Римом і Карфагеном, між «білими» і «червоними» під час громадянської війни на теренах Російської імперії після повалення царизму).

Хоча багато аспектів технології конфлікту потребують глибших досліджень, зокрема моделювання захисту і нападу [23–25], заслуговують на увагу дві конкретні моделі.

Як немає універсальної моделі економіки обміну (яка охоплює досконалу конкуренцію та монополію з їхніми різноманітними проміжними варіантами, одноперіодні та багатоперіодні взаємодії, виробництво зі збільшуваною та зменшуваною віддачею від масштабу, умовами симетричної або асиметричної інформації тощо), так і немає єдиної найкращої моделі конфлікту [26]. Серед великої кількості моделей слід обирати модель з потрібними застосуваннями: одна модель конфлікту може описувати ситуацію, де сторони мають рівноправні стосунки, а інша модель — ієрархічну ситуацію боротьби між нижчими та вищими стратами популяції.

Спочатку з'ясуємо, чи спричиняє конфлікт збагачення багатих і зубожіння бідних. Виявляється, що зміни лише одного параметра достатньо для збільшення чи зменшення майнової нерівності (відносно статус-кво) внаслідок конфлікту.

ЕЛЕМЕНТИ ЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ КОНФЛІКТУ

Можливі конфліктні взаємодії включають не лише виробництво та обмін, але й такі причинно-наслідкові зв'язки: ресурси E_i на виробничу діяльність визначають, в основному, наявний суспільний дохід, а частка ресурсів F_i на конфліктну діяльність визначає, в основному, розподіл агрегованого доходу між сторонами. Ці міркування відображає система рівнянь, яка включає чотири класи логічних елементів.

1. Кожна сторона $i = 1, 2$ має розділити свої екзогенно задані ресурси R_i між продуктивними зусиллями E_i та військовими зусиллями F_i :

$$R_i = E_i + F_i, \quad i = 1, 2. \quad (5)$$

2. Продуктивну технологію виражає агрегована виробнича функція, що показує, як поєднання продуктивних зусиль E_1 та E_2 визначає загальний суспільний дохід I , наявний для розподілу між двома сторонами:

$$I = A ((E_1)^{s-1} + (E_2)^{s-1})^s, \quad (6)$$

де A — індекс загальної продуктивності, який зростає в часі, бо завдяки технічному прогресу зростають в часі випуски за рахунок ресурсних входів; s — індекс доповнюваності, який зростає в часі завдяки розвитку тісних і синергійних зв'язків між державами, наприклад, через міжнародну торгівлю (оскільки значення $s < 1$ означатимуть зростання граничних продуктів продуктивних входів, припускається, що $s \geq 1$). Виробнича функція (6) характеризується постійною віддачею від масштабу і CES.

3. Параметр CSFs задається функціями (1), які визначають технологію конфлікту — входи F_1 та F_2 зусиль на воєнні дії, а також частки p_1 та p_2 у процесі розподілу призу (задовольняють рівність (3)).

4. Рівняння розподілу доходу визначають досягнуті сторонами рівні доходу

$$I_1 = p_1 I, \quad (7)$$

$$I_2 = p_2 I. \quad (8)$$

Ці рівняння означають, що весь дохід потрапляє у спільний пул, звідки кожна сторона може захопити частину, пропорційну значенню своєї CSF. У загальному випадку суперники також мають можливості генерувати дохід, який не підлягає захопленню.

КРИВІ РЕАКЦІЇ ТА РІВНОВАГА КУРНО

Графічно на осі абсцис можна вимірювати F_1 , а на осі ординат — F_2 , щоб зображати криву реакції (reaction curve, RC) $F_1 = RC_1(F_2)$ та криву реакції $F_2 = RC_2(F_1)$ відповідно до концепції Курно. За цією концепцією крива реакції вказує оптимальні військові зусилля кожної сторони за певного відповідного рішення іншої сторони. Рішенням (рівновагою) Курно є перетин кривих $F_1 = RC_1(F_2)$ та $F_2 = RC_2(F_1)$ [27–29].

Сторона 1 максимізує за F_1 цільову функцію (7)

$$I_1 = p_1 I = (F_1)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-1} A ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^s$$

за умови обмеження (5)

$$E_1 = R_1 - F_1,$$

а сторона 2 максимізує за F_2 цільову функцію (8) за умови обмеження (5) (нехай оптимальне значення F_1 менше R_1):

$$0 = \frac{\partial I_1}{\partial F_1} = I \frac{\partial p_1}{\partial F_1} + p_1 \frac{\partial I}{\partial F_1}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p_1}{\partial F_1} &= \frac{m(F_1)^{m-1}((F_1)^m + (F_2)^m) - (F_1)^m m(F_1)^{m-1}}{((F_1)^m + (F_2)^m)^2} = \\ &= \frac{m(F_1)^{m-1}(F_2)^m}{((F_1)^m + (F_2)^m)^2}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial I}{\partial F_1} &= A s ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^{s-1} (s^{-1})(E_1)^{s^{-1}-1} (-1) = \\ &= -A ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^{s-1} (E_1)^{s^{-1}-1}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$A ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^{s-1} (E_1)^{s^{-1}-1} (F_1)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-1} = -p_1 \frac{\partial I}{\partial F_1} =$$

$$= I \frac{\partial p_1}{\partial F_1} = A ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^s m(F_1)^{m-1} (F_2)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-2},$$

$$(E_1)^{s^{-1}-1} F_1 = ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}}) m (F_2)^m ((F_1)^m + (F_2)^m)^{-1},$$

$$\frac{F_1}{(F_2)^m} = \frac{m ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}}) (E_1)^{1-s^{-1}}}{(F_1)^m + (F_2)^m} = \frac{m E_1 (1 + (E_2 (E_1)^{-1})^{s^{-1}})}{(F_1)^m + (F_2)^m}. \quad (12)$$

Аналогічно, враховуючи рівність (11), знаходимо функцію $F_2 = RC_2(F_1)$:

$$\frac{F_2}{(F_1)^m} = \frac{m E_2 (1 + (E_1 (E_2)^{-1})^s)^{s^{-1}}}{(F_1)^m + (F_2)^m}.$$

Отже, в моделі з CSF відношення зусиль на збільшення загальної економічної продуктивності не впливає на розміщення ресурсів між виробничими зусиллями та зусиллями на воєнні дії. Інтуїтивно збільшення A підвищує граничну прибутковість як виробничої діяльності, так і конфліктної діяльності в однаковій пропорції. Проте в моделі з CSF різниці зусиль загальне поліпшення продуктивності буде посилювати відносний виграш багатшого суперника, якому тоді простіше збільшувати свій абсолютний обсяг зусиль на воєнні дії. Тоді в умовах оптимальності (9) замість співвідношень (1), (10) матимемо

$$\frac{\partial p_1}{\partial F_1} = \frac{k \exp(k(F_2 - F_1))}{(1 + \exp(k(F_2 - F_1)))^2}.$$

За симетрії $F_1 = F_2$, $E_1 = E_2$ співвідношення (12) матиме вигляд

$$(F_1)^{1-m} = \frac{F_1}{(F_1)^m} = \frac{m E_1 (1 + (E_1 (E_1)^{-1})^s)^{s^{-1}}}{(F_1)^m + (F_1)^m} = \frac{2 m E_1}{2 (F_1)^m}, \quad F_1 = m E_1,$$

$$R_1 = R_2 = E_1 + m E_1 = (m+1) E_1, \quad E_1 = (m+1)^{-1} R_1, \quad F_1 = m (m+1)^{-1} R_1.$$

Отже, частка наявних ресурсів, яка йде на взаємно марнотратні зусилля на воєнні дії, зростає у разі збільшення m . Якщо $m=1$, ця частка дорівнює половині. Якщо $A=s=m=1$, $R_1=R_2=100$, то $F_1=F_2=50$, $E_1=E_2=50$,

$$I_1 + I_2 = I = A ((E_1)^{s^{-1}} + (E_2)^{s^{-1}})^s = 1 \times (50^{1^{-1}} + 50^{1^{-1}})^1 = 100, \quad I_1 = I_2 = 50.$$

ПАРАДОКС СИЛИ ЗА НЕРІВНОСТІ РЕСУРСІВ

Парадокс сили (paradox of power, POP) виникає тоді, коли переважаюче ресурсне відношення $R_1(R_2)^{-1} > 1$ не відображається відповідним чином у досягнутому відношенні доходів $I_1(I_2)^{-1}$, тобто $1 < I_1(I_2)^{-1} < R_1(R_2)^{-1}$ (слабка форма POP). Сильна форма POP означає, що за змішаних конфліктно-кооперативних взаємодій протиборчі сторони досягають однакових доходів (інакше кажучи, $I_1(I_2)^{-1} = 1$) незалежно від початкового ресурсного відношення $R_1(R_2)^{-1}$.

Сильна форма POP виникає, наприклад, коли збільшення ресурсів, скажімо, сторони 1 (поява ресурсної асиметрії (нерівності) $R_1 > R_2$), змінює криві реакції обох сторін так, що у точці їхнього перетину настає рівність $F_1 = F_2$. Тоді має місце

$$E_1(R_1)^{-1} = (R_1 - F_1)(R_1)^{-1} = 1 - F_1(R_1)^{-1} > 1 - F_2(R_2)^{-1} = E_2(R_2)^{-1},$$

тобто (багатша) сторона 1 витратить абсолютно і відносно більше ресурсів на виробничі зусилля, ніж сторона 2. Якщо $F_1 = F_2$, унаслідок співвідношень (7), (8) матиме місце $I_1 = I_2$.

Отже, POP має інтуїтивну інтерпретацію. За зростань своїх ресурсів сторона 1 бажатиме збільшувати як E_1 , так і F_1 . Знаючи про це, сторона 2 має стимул збільшувати свої видатки F_2 як для наступу, так і для оборони, відповідно зменшуючи E_2 . Збільшення E_1 означає більший наявний суспільний

дохід, який можна захопити, і більший стимул до наступу сторони 2. Більший стимул до оборони сторони 2 пояснюється необхідністю відповіді на збільшення F_1 .

Таким чином, конфлікт є вигіднішим варіантом для біднішої сторони порівняно з виробництвом: «Політично успішні групи мають тенденцію бути малими відносно розміру груп, оподатковуваних для сплати їм субсидій» [30]. У цій інтерпретації зусилля на воєнні дії сторони 1 дають змогу умовно оподатковувати виробництво сторони 2, позаяк зусилля на воєнні дії сторони 2 умовно оподатковують виробництво сторони 1. Коли опонент стає багатшим, то з'являється можливість відносно більше його оподатковувати (захоплювати частину його збільшеної продукції) і стає відносно обтяжливим бути оподатковуваним з боку опонента (витрачати свої зусилля на виробництво продукції, яка буде значною мірою захопленою опонентом у будь-якому випадку). За цих припущень раціональною поведінкою у конфліктній взаємодії для біднішої сторони є спеціалізація на воєнних діях, а для багатшої — на виробництві.

Проте якісні пояснення характеризують лише слабку форму POP, позаяк чисельні дані — сильну форму POP: доходи обох сторін ставали однаковими, незважаючи на нерівність початкових ресурсів. Виявляється, що сильна форма має місце лише у граничному випадку $s=1$ (у випадку нульової доповнюваності виробництва).

Графічно на осі абсцис можна вимірювати ресурсне відношення $R_1(R_2)^{-1}$, а на осі ординат — інтенсивність $F_i(R_i)^{-1}$ воєнних дій та CSF (p_i) для кожної сторони $i=1, 2$. Тоді за заданих коефіцієнтів рішучості $m=1$ та доповнюваності ($s=1.25$) можна моделювати залежності цих інтенсивностей та CSF від відношення $R_1(R_2)^{-1}$. За зростання цього відношення значення p_1 багатшої сторони 1 повільно збільшується, оскільки вона зменшуватиме зусилля на воєнні дії (інтенсивність $F_1(R_1)^{-1}$ воєнних дій зменшується швидше, ніж збільшується p_1). Навпаки, за зростання $R_1(R_2)^{-1}$ відношення значення p_2 біднішої сторони 1 повільно зменшується, оскільки сторона 2 збільшуватиме зусилля на військові дії (інтенсивність $F_2(R_2)^{-1}$ воєнних дій збільшується швидше, ніж зменшується p_2).

На осі ординат можна також вимірювати відношення $I_1(I_2)^{-1}$ доходів: чим більше значення коефіцієнта рішучості m , тим більше значення цього відношення, але воно зростає повільніше, ніж $R_1(R_2)^{-1}$. Таким чином, має місце слабка форма POP, а конфлікт зменшує нерівність між багатими і бідними.

УМОВИ ЕСКАЛАЦІЇ КОНФЛІКТУ

Слабка форма POP не завжди має місце: за досить високого коефіцієнта рішучості m відношення $I_1(I_2)^{-1}$ доходів починає зростати швидше ресурсного відношення $R_1(R_2)^{-1}$. Отже, вирівнювання чи невирівнювання доходів сторін унаслідок конфліктних взаємодій залежить від двох факторів, які діють у протилежних напрямках: перший фактор — це можливість багатих витрачати більше зусиль на воєнні дії, а другий — це мотивація бідних до витрачання більших зусиль на воєнні дії. Баланс між двома факторами визначається параметром рішучості m . Коли конфлікт є лише помірно рішучим, то другий фактор перекидає перший, а конфлікт вирівнює

доходи: досягнуте відношення $I_1(I_2)^{-1}$ доходів стає меншим, ніж початкове ресурсне відношення $R_1(R_2)^{-1}$. Коли конфлікт стає надзвичайно рішучим, то багаті можуть просто вибирати той рівень p_1 , який вважають вигідним для себе: тоді багаті стають багатшими, а бідні — біднішими.

Хоча цей аналіз треба поширювати на постановки задач з багатьма періодами часу, очевидно, що аналіз пояснює роль градієнтів ієрархій у різних суспільствах, наприклад, ієрархій домінування тварин [31] чи подібних ієрархій серед людей [32].

ВРЕГУЛЮВАННЯ КОНФЛІКТУ ЧЕРЕЗ ВОЄННУ ЗАГРОЗУ

Розглянемо, чи може воєнна загроза сприяти збереженню миру. Нехай є два супротивники із симетричними можливостями, кожний з яких вибирає свій рівень F_i зусиль на воєнні дії. Замість виробничих зусиль існує фіксований приз вартістю (value) V , який має поділитися між супротивниками відповідно до CSF відношення зусиль (1). Отже, кожна сторона $i=1, 2$ максимізуватиме свій дохід

$$I_i = p_i V - c(F_i), \quad (13)$$

де $c(F_i)$ — функція витрат (cost) для зусиль на воєнні дії. Нехай для простоти $c(F_i) = F_i$.

Рисою цієї моделі загрози є те, що у першому раунді гравці одночасно зобов'язуються докласти деякого вибраного рівня F_i зусиль на воєнні дії, але на це виділяють лише певну відповідну частку витрат. Після першого раунду ці зобов'язання взаємно розкриваються, а гравці переходять до другого раунду, в якому вони одночасно приймають рішення, атакувати чи ні. Після другого раунду розіграш завершується отриманням вигравшів. Звичайно, вигравші залежать від того, чи спостерігаються воєнні дії, чи відбувається перемир'я.

Якщо кожна сторона приймає рішення не атакувати, то спостерігається перемир'я і кожна сторона отримує половину $(0.5V)$ призу за припущенням. Крім того, при цьому немає потреби у додаткових воєнних витратах, а тому кожна сторона витрачає тільки суму γF_i , $\gamma < 1$, дістаючи додатковий вигравш $(1-\gamma)F_i$. З іншого боку, якщо одна із сторін атакує (чи обидві сторони атакують), то спостерігаються воєнні дії, умовні зобов'язання переходять до наперед вибраного рівня F_i зусиль на воєнні дії. Ймовірності p_i успіху визначаються CSF (1), (2), а відповідні доходи I_i генеруються згідно з (13).

Криві реакції $F_2 = RC_2(F_1)$ та $F_1 = RC_1(F_2)$ задають поведінку кожної сторони на деяких проміжках $[0, F_1^*]$ та $[0, F_2^*]$ відповідно у випадку війни. Якщо $F_1 = F_1^*$, для сторони 2 неважливо, обирати війну зі своїми зусиллями $F_2 = RC_2(F_1^*)$ на воєнні дії або мир з $F_2 = 0$. Аналогічно, якщо $F_2 = F_2^*$, для сторони 1 неважливо, обирати війну зі своїми зусиллями $F_1 = RC_1(F_2^*)$ на воєнні дії або мир з $F_1 = 0$. У випадку $F_2 \in [0, F_2^*)$ для сторони 1 прибутковими будуть зусилля $F_1 = RC_1(F_2^*)$ на воєнні дії, тобто війна. Тоді криві

$$F_2 = \begin{cases} RC_2(F_1), & 0 \leq F_1 \leq F_1^*, \\ 0, & F_1 \geq F_1^*, \end{cases} \quad F_1 = \begin{cases} RC_1(F_2), & 0 \leq F_2 \leq F_2^*, \\ 0, & F_2 \geq F_2^* \end{cases}$$

перетинаються у точці $(F_1 = F_1^*, F_2 = F_2^*)$, яку можна вважати рівновагою Курно–Неша у першому раунді [27–29], після якого відбувається другий

раунд з можливістю вибору ($F_1 = 0$, $F_2 = 0$), тобто вибору миру. За симетрії матиме місце рівність $F_1^* = F_2^* = F^*$.

Після вибору сторонами у першому раунді $F_1 = F_1^*$ та $F_2 = F_2^*$ у другому раунді у разі вибору стратегії атакувати однією зі сторін виграш сторони $i = 1, 2$ становитиме $0.5V - F_i^*$, а у разі вибору стратегії не атакувати кожною зі сторін виграш $i = 1, 2$ становитиме $0.5V - \gamma F_i^*$. Тоді стратегія не атакувати є (слабо) домінантною стратегією для кожної сторони.

Таким чином, рівноважна стратегія сторони 1 полягає у тому, щоб у першому раунді вибрати рівень $F_1 = F_1^*$ зусиль на воєнні дії, рівносильний вибору рівня $F_1 = 0$ з точки зору оптимальності реакції, а у другому раунді атакувати, якщо $F_1^* > F_2^*$. Аналогічно рівноважна стратегія сторони 2 полягає у тому, щоб у першому раунді вибрати рівень $F_2 = F_2^*$ зусиль на воєнні дії, рівносильний вибору рівня $F_2 = 0$ з точки зору оптимальності реакції, а у другому раунді атакувати, якщо $F_2^* > F_1^*$. Ці рівноважні стратегії є взаємно найкращими реакціями сторін на їхні рішення, при цьому формується рівновага Неша, узгоджена з послідовною раціональністю.

Досконала рівновага Баєса — це поняття рівноваги, що стосується динамічних ігор з неповною інформацією (послідовних баєсівських ігор) [33], є рівновагою Неша й уточнює баєсівську рівновагу Неша. Досконала рівновага Баєса допускає стратегії та переконання (beliefs) гравців. Стратегія гравця за умови цієї інформаційної множини вказує на його вибір дій за умови такої множини, яка може залежати від історії (від попередніх дій в цій грі, наприклад, послідовній грі).

Переконання гравця за умови цієї інформаційної множини визначає його суб'єктивне переконання про те, якої точки цієї множини досяг процес гри. Переконанням гравця може бути розподіл ймовірності на точках цієї множини, наприклад, розподіл ймовірності щодо можливих типів інших гравців.

Узгодженість (consistency) з послідовною раціональністю означає, що кожне переконання має оновлюватися відповідно до рівноважних стратегій та спостережуваних дій, а також правила Баєса на кожному шляху, досягнутому в рівновазі з додатною ймовірністю. На шляхах, які досягаються з нульовою ймовірністю (шляхах поза рівновагою), теж слід вказувати переконання (які можуть бути довільними на цих шляхах). Формально система переконань — це суб'єктивне уявлення про значення ймовірностей у кожній точці (кожному вузлі) будь-якої інформаційної множини, сума яких дорівнює 1.

Стратегії та переконання мають задовольняти умови, згідно з якими кожна стратегія гравця є оптимальною для його очікуваного виграшу за його заданих переконань. Суть наведеної двораундової моделі полягає у тому, що рішення у першому раунді, які адекватно і симетрично відповідають загрозі війни, можуть підтримувати мир, стримуючи війну [34].

Ця модель неявно припускає, що переваги в озброєнні недостатньо для успішної атаки. Проте очевидно, що будь-яка перевага у нападі підвищуватиме шанси на прийняття рішення атакувати у другому раунді, дестабілізуючи взаємовигідну рівновагу. Відповідно будь-яка перевага у захисті зміцнюватиме цю рівновагу.

З моделі випливає взаємовигідність підтримки миру, а війна часто пояснюється притаманною людині ірраціональністю та критичним звуженням PSR внаслідок зловмисних (malevolent) переваг, дисгармонійних можливостей, завищених оцінок своїх сил (оптимістичного сприйняття) [35]. Зловмисні переваги у термінах моделі, по суті, означають, що сторона готова платити за зниження доходу опонента (зазвичай припускається нейтральність переваг). Такі переваги зменшуватимуть виграші (корисності) рішень не атакувати порівняно з рішеннями атакувати у другому раунді, очевидно, збільшуючи вірогідність рішення атакувати принаймні однією зі сторін.

Коли можливості є гармонійними, то корелюються виграші обох сторін у ситуації настання миру. Оскільки в ситуації миру сторона $i=1,2$ виграве $0.5V - \gamma F_i^* - (0.5V - F_i^*) = (1 - \gamma) F_i^*$ порівняно з іншими ситуаціями, в цій моделі можливості є гармонійними. Коли вартість призу не поділяється порівну, то можливості стають менш гармонійними, а ймовірність війни збільшується.

Якщо в моделі припускається повна інформація сторін з передбаченням узгодженості і точності взаємного сприйняття, то оптимістична упередженість сторони підвищує вірогідність її рішення атакувати. Водночас наступальна воєнна перевага може виправдовувати (warranted) певний оптимізм щодо наслідків рішення атакувати, дестабілізуючи рівновагу миру (врегулювання збройного конфлікту) під час загрози війни.

Запропонована модель не гарантує ситуації миру у будь-якому місці у будь-який час, оскільки у світі у деякий час у певному місці може створитися ситуація критичного звуження PSR.

ВИСНОВКИ

У роботі зазначено, що кожна розглянута модель має сферу свого застосування в реальному світі. Обмеження моделі включають не лише наведені припущення щодо переваг, можливостей, оцінок (сприйняття), але й багато інших специфічних (неявних) умов моделювання, наприклад, складу сторони (остання може включати низку достатньо автономних одиниць або суб'єктів), періодів часу для прийняття рішень (формування стратегії), способів зовнішнього врегулювання конфлікту тощо. Досягнення односторонньої переваги і взаємних переваг включають стандартні спільні економічні елементи, а саме оптимізацію за ресурсних обмежень на рівні особи, яка приймає рішення, визначення рівноваги, що балансує та інтегрує окремі приватні рішення цих осіб на агрегованому рівні. У стандартній економічній теорії така рівновага має задовольняти теорему Коуза за традиційних припущень. Аналог цієї теореми у теорії конфлікту можна називати теоремою Макіавеллі [18]. Якщо теорема Коуза стверджує, що в рівновазі кожна особа не втрачає нагоди взаємовигідного обміну, то, за теоремою Макіавеллі, кожна особа не втрачає нагоди капіталізувати можливість експлуатації іншої особи. Запропоновані моделі можуть використовуватися для підтримки прийняття рішень не лише у разі воєнних дій, але й у конфліктних ситуаціях загалом, наприклад, для перерозподілів доходів, ієрархій домінування у тварин, сімейних суперечок.

1. Duszyński J., McNutt M., Zagorodny A. A future for Ukrainian science. *Science*. 2022. Vol. 376. Iss. 6599. P. 1249. <https://doi.org/10.1126/science.add4088>.
2. The SAGE handbook of conflict resolution. Bercovitch J., Kremenjuk V., Zartman I.W. (Eds.). London: SAGE Publications, 2009. 682 p.
3. Горбулін В.П., Власюк О.С., Лібанова Е.М., Ляшенко О.М. Збройний конфлікт в Україні у термінах геополітики. *Суспільно-політичні процеси*. 2016. Вип. 3. С. 61–86.
4. Zagorodny A. President of National Academy of Sciences of Ukraine calls for solidarity. Correspondence. *Nature*. 2022. Vol. 603. P. 228.
5. Stone R. Dirty bomb ingredients go missing from Chornobyl lab. *Science*. 2022. Vol. 376, Iss. 6588. P. 12–13.
6. Горбачук В.М., Сулейманов С.-Б., Батіг Л.О. До економічної теорії міжнародних конфліктів. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 38. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-1>.
7. Hirshleifer J. Theorizing about conflict. Handbook of defense economics. Vol. 1. K. Hartley, T. Sandler (Eds.). North Holland, 1995. P. 165–189.
8. Горбачук В.М., Сулейманов С.-Б., Батіг Л.О. Економічне моделювання міжнародних конфліктів. *Економіка та суспільство*. 2022. Вип. 41. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-41-40>.
9. Hamilton W.D. The genetical evolution of social behavior. II. *Journal of Theoretical Biology*. 1964. Vol. 7 (1). P. 17–52.
10. Daly M., Wilson M. *Homicide*. Hawthorne, NY: Aldine de Gruyter, 1988. 328 p.
11. Wilson E.O. Sociobiology: the new synthesis. 2-nd ed. Cambridge, MA: Harvard University Press; Belknap Press, 2000. 720 p.
12. Hamilton W.D. Selfish and spiteful behaviour in an evolutionary model. *Nature*. 1970. Vol. 228. P. 1218–1220.
13. Hirshleifer J. Natural economy versus political economy. *Journal of Social and Biological Structures*. 1978. Vol. 1, N 4. P. 319–337.
14. Niemeyer K., Shalamanov V., Tagarev T. Institutionalizing operations analysis for security and defense in Bulgaria. *Connections*. 2008. Vol. 7, N 2. P. 45–53.
15. Gorbachuk V., Dunaievskyi M., Suleimanov S.-B. Modeling of agency problems in complex decentralized systems under information asymmetry. *IEEE Conference on Advanced Trends in Information Theory* (December 18–20, 2019, Kyiv, Ukraine). Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2019. P. 449–454.
16. Zaslavskyi V. Aligning Ukrainian concepts and standards in defence, safety, and cybersecurity to NATO and EU developments. *Information & Security: An International Journal*. 2020. Vol. 45. P. 5–6.
17. Wittman D. How a war ends: a rational model approach. *Journal of Conflict Resolution*. 1979. Vol. 23, N 4. P. 743–763.
18. Hirshleifer J. The dark side of the force. *Economic Inquiry*. 1994. Vol. 32, N 1. P. 1–10.
19. Hirshleifer J. Conflict and rent-seeking success functions: ratio vs. difference models of relative success. *Public Choice*. 1989. Vol. 63, N 2. P. 101–112.
20. Dixit A. Strategic behavior in contests. *American Economic Review*. 1987. Vol. 77, N 5. P. 891–898.
21. Skaperdas S. Contest success functions. *Economic Theory*. 1996. Vol. 7. P. 283–290.

22. Клаузевиц К. О войне. Харьков: Фолио, 2020. 640 с.
23. Haivoronskyi O.O., Ermoliev Yu.M., Knopov P.S., Norkin V.I. Mathematical modeling of distributed catastrophic and terrorist risks. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2015. Vol. 51, N 1. P. 85–95.
24. Norkin V.I., Gaivoronski A.A., Zaslavsky V.A., Knopov P.S. Models of the optimal resource allocation for the critical infrastructure protection. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2018. Vol. 54. N 5. P. 696–706.
25. Горбачук В.М., Лупей М.І., Дунаєвський М.С. Підходи до резильєнтності критичних інфраструктур. *Science and education for sustainable development*. Ostenda A., Smachylo V. (Eds.). Katowice, Poland: University of Technology, Katowice, 2022. P. 87–95.
26. Hirshleifer J. The paradox of power. *Economics & Politics*. 1991. Vol. 3, N 3. P. 177–200.
27. Gorbachuk V.M. An asymmetric Cournot–Nash equilibrium under uncertainty as a generalized Cournot–Stackelberg–Nash equilibrium. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2007. Vol. 43, N 4. P. 471–477.
28. Gorbachuk V.M. The Cournot–Nash equilibrium under mutual uncertainty. *Journal of Automation and Information Sciences*. 2008. Vol. 40, N 7. P. 59–72.
29. Gorbachuk V.M. The cartel optimum and the reasonable Cournot–Nash equilibrium for fractional objective functions. *Journal of Automation and Information Sciences*. 2008. Vol. 40, N 12. P. 61–69.
30. Becker G.S. A theory of competition among pressure groups for political influence. *Quarterly Journal of Economics*. 1983. Vol. 98, N 3. P. 370–400.
31. Vehrencamp S.L. A model for the evolution of despotic versus egalitarian societies. *Animal Behavior*. 1983. Vol. 31, N 3. P. 667–682.
32. Betzig L. Of human bonding: cooperation or exploitation. *Social Science Information*. 1992. Vol. 32, N 4. P. 611–642.
33. Chikrii A. *Conflict-controlled processes*. Dordrecht, Netherlands: Springer Science & Business Media, 1997. 404 p.
34. Intriligator M.D. Strategic considerations in the Richardson model of arms races. *Journal of Political Economy*. 1975. Vol. 83, N 2. P. 339–353.
35. Gorbachuk V.M. The mixed strategy of cooperation and generalized leadership for outputs of symmetric duopoly. *Journal of Automation and Information Sciences*. 2007. Vol. 39, N 7. P. 68–74.

V. Gorbachuk, V. Zaslavskyi, P. Knopov

IMPACT OF TECHNOLOGIES AND CONFLICT FACTORS ON EQUILIBRIUM STATES

Abstract. The possibilities of applying models and methods of decision-making theory and game theory to solve problems that arise in the analysis of various conflicts and their consequences are considered. The sources of conflicts between the parties in the economic and social spheres, military confrontations, and problems of distribution of limited resources are analyzed. When generating political decisions and actions, decisions and proposals of the parties are aggregated in order to form balanced versions of decisions in the conflicts. Considerable attention is paid to the analysis of strategies for ensuring peace and deterring wars in conflicts.

Keywords: advantages, perceptions, potential settlement region, Cobb–Douglas production function, efforts at productive enterprises and military actions, Cournot reaction curves.

Надійшла до редакції 14.05.2022