УДК 336:159.9.019.4
DOI 10.32342/2074-5354-2018-1-48-3

Г.А. МАЖАРА,
аспірант Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В.О. КАПУСТЯН,
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри математичного моделювання економічних систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОВЕДІНКОВА СКЛАДОВА У КЛАСИЧНИХ ПІДХОДАХ В ІГРОВИХ ЗАДАЧАХ

У сучасній економічній науці все більшої питомої ваги набувають теорії, які так чи інакше піддають критиці парадигму «homo economicus», що панувала протягом десятиліть. Безсумнівно, причиною цього є не просто прагнення вчених до нових горизонтів у дослідженнях, а наростаюча кількість експериментальних даних, які свідчать про порушення теоретичних передумов «людини економічної» та посилення компонента ірраціональності в поведінці господарюючих суб'єктів. Раціональною називається поведінка економічного агента, спрямована на максимізацію корисності. Ірраціональною, тобто протилежною економічно раціональній, є поведінка, що не максимізує корисність, непослідовна, на яку суб'єкт йде свідомо.

Ключові слова: поведінкова економіка, класичні теорії, ігрові задачі, оптимальність за Парето, гарантована рівновага, рівновага за Нешем і Берже.

Вступ. У сучасній економічній науці все більшої питомої ваги набувають теорії, які так чи інакше піддають критиці парадигму «homo economicus», що панувала протягом десятиліть. Безсумнівно, причиною цього є не просто прагнення вчених до нових горизонтів у дослідженнях, а наростаюча кількість експериментальних даних, що свідчать про порушення теоретичних передумов «людини економічної» і про ймовірну ірраціональність у поведінці господарчих суб'єктів. Безумовно, найбільшим успіхом у сфері подібної критики стала праця економістів Деніела Канемана і Амоса Тверскі, опублікована в 1979 р. в журналі «Econometrica» під назвою «Теорія перспектив: аналіз прийняття рішень в умовах ризику», значно пізніше розвинена послідовниками, зокрема Деном Аріелі. У наші дні так звана «поведінкова економіка», по суті, створена Канеманом і Тверскі для розвитку традицій раннього інституціоналізму і згодом істотно допрацьована їхніми послідовниками, стає, мабуть, одним з найбільш перспективних напрямів. Роль психологічних і соціально-культурних факторів у прийнятті рішень протягом останніх років перестала недооцінюватися, як це було багато десятиліть тому. У результаті впливу подібних факторів прийняте рішення з традиційної точки зору може набувати абсолютно нераціональної форми.

Метою дослідження є вивчення впливу поведінкової складової у класичних ігрових задачах.

Методологія. У процесі дослідження використано методи некооперативної теорії гри на прикладі неокласичної моделі рівноваги товарів на обмеженому ринку між фіксованою кількістю економічних агентів. Знайдено їх розподіл за Парето, обережні рівноваги, рівноваги за Нешем і Берже. На знайдених рівноважних ситуаціях показано, в яких випадках економічним агентам властива ірраціональна поведінка.

Результати дослідження. Припустимо на ринку є N гравців і M товарів, де N, M цілі додатні числа. У кожного гравця є свій бюджет $\gamma_i, i \in [1, N]$, ціна кожного товару $p_k, k \in [1, M]$, корисність кожного товару $\mu_k, k \in [1, M]$.

Бюджет кожного з гравців коливається і залежить від його бажання витратити суму не більше ніж $\gamma_{i\,\max}$, і його розуміння, що суму менше ніж $\gamma_{i\,\min}$, він витратити не зможе для задоволення своїх потреб.

Кількість товару, що купується кожним гравцем, задається лінійно і залежить від бюджету кожного гравця.

$$x_k^i = a_k^i + b_k^i * \gamma_i.$$

Таким чином, для кожного i-го гравця можна записати корисність його набору товарів U_i, $U_i = \Sigma_{k=1}^{M} x_k^i \wedge \mu_k^i$, а його обмеження бюджету $\Sigma_{k=1}^{M} x_k^i * p_k \le \gamma_i$, при цьому обмеження товару $\Sigma_{k=1}^{M} x_k^i \le L_k$.

Споживач максимізує корисність шляхом вибору такого споживчого набору, який задовольняє бюджетне обмеження.

Якщо кількість товару обмежена L_k одиницями, то вибір кращого набору кожного наступного гравця так само обмежений товарами, присутніми на ринку. З чого випливає обернена залежність між наборами U_i, адже чим більше корисність набору одного гравця, тим менша корисність набору іншого гравця. Напишемо наступну приведену корисність кожного гравця через взаємовідношення його корисності і сукупної корисності гравців:

$$\breve{U}_i = \frac{U_i}{\Sigma_{n=1}^{N} U_h}, h \ne i.$$

Для розв’язання конкретної задачі написано програмний продукт, який використовує метод узагальненого градієнта для розв’язання негладких задач оптимізації. Основна ідея методу УЗГ полягає в тому, щоб скоротити розмірність задачі шляхом виключення залежних (базисних) змінних і застосувати метод приведеного градієнта для визначення напрямку спуску як критерію при встановленні оптимальності.

Для отримання конкретних результатів розглянуто ситуацію з трьома гравцями, а також обрано вихідні параметри, задані в табл. 1. У цьому випадку непрямі обмеження виконуються таким чином (табл. 1).

Другим етапом обрано інші значення, за яких гравці мають різні коефіцієнти, доходи, інше (табл. 2). У цьому випадку непрямі обмеження можуть не виконуватися, тобто економічні агенти не мають можливості купити ту кількість благ, яку вони б хотіли, що призводить до певних змін в їхній поведінці.

Таблиця 1

Елементи системи

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ρ_k	1	2	3	1	2	3	1	2	3
a_k^i	1	1	1	1	1	1	1	1	1
b_k^i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L_k	10			10			10		
$\gamma_{i\,\min}$	16			16			16		
$\gamma_{i\,\max}$	20			20			20		

Таблиця 2

Елементи системи для другого випадку

Параметр	Гравець 1			Гравець 2			Гравець 3		
μ_k^i	3	1	2	2	1	3	1	3	2
ρ_k	10	20	25	10	20	25	10	20	25
a_k^i	0	1	1	1	1	2	1	4	1
b_k^i	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,005	0,01
L_k	12			12			12		
$\gamma_{i\,\min}$	150			200			150		
$\gamma_{i\,\max}$	300			300			250		

Перша ситуація на ринку, яку ми розглянемо, доступна для всіх гравців – це оптимальність за Парето. Це такий стан деякої системи, за якого значення кожного окремого показника, що характеризує систему, не може бути покращеним без погіршення інших. Розв'язання шукаємо у вигляді лінійної згортки:

$$U = \Sigma_{i=1}^{N}\alpha_i \breve{U}_i, \alpha_i \geq 0, \Sigma_{i=1}^{N}\alpha_i \neq 0.$$

При фіксованому векторі α кожна точка, в якій досягається максимум функції U, буде максимальною за Парето. Завдання максимізації функції U реалізується методом проекції градієнта.

Для розрахунків $\breve{U}_i$ використовуємо показники, задані в табл. 1, і формули, зазначені вище. Результатом буде крива Парето, яка в разі трьох гравців має вигляд поверхні. Для розрахунку використовуємо крок α_i, рівний 0,1.

Приклад одного з розв'язків наведено нижче в табл. 3 та 4:

Використавши всі знайдені розв'язки, можна побудувати безліч Парето-оптимальних альтернатив у вигляді поверхні.

Для оцінки кожного з методів будемо порівнювати $\Sigma_{i=1}^{N}\breve{U}_i$. Так, у даному випадку вони рівні 1,541 і 1,529 в першому і другому випадку відповідно.

Гравці діють кооперативно, при цьому ставлячи інтереси системи вище, ніж свої власні, замість того, щоб максимізувати свою корисність, гравці свідомо йдуть на жертви для більшого добробуту системи. У цьому випадку ми можемо спостерігати поведінковий ефект, який веде до максимізації $\Sigma_{i=1}^{N}\breve{U}_i$ серед усіх ситуацій.

Далі ми розглянемо кілька ситуацій не кооперативної гри.

Першою такою ситуацією є максимін – правило прийняття рішень, що використовується в теорії ігор, для мінімізації можливих втрат з тих, яким особа, що приймає рішення, не може запобігти при розвитку подій за найгіршим для неї сценарієм. Критерій максимін спочатку був сформульований у теорії ігор для гри двох осіб з нульовою сумою у випадках послідовних і одночасних ходів, згодом набув розвитку в більш складних іграх і при прийнятті рішень в умовах невизначеності. Для знаходження розв'язання цієї ситуації побудуємо матрицю рішень для трьох гравців і знайдемо відповідні рішення, що задовольняють визначення і виконують всі критерії (табл. 5 та 6).

Таблиця 3

Приклад розв'язання для фіксованих альфа з набору

$\alpha_1 =$	1	$\breve{U}_1 =$	0,724
$\alpha_2 =$	1	$\breve{U}_2 =$	0,409
$\alpha_3 =$	1	$\breve{U}_3 =$	0,409
		$\sum_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$	1,541

Таблиця 4

Приклад розв'язання для фіксованих альфа з набору другого випадку

$\alpha_1 =$	1	$\breve{U}_1 =$	0,483
$\alpha_2 =$	1	$\breve{U}_2 =$	0,670
$\alpha_3 =$	1	$\breve{U}_3 =$	0,376
		$\sum_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$	1,529

Таблиця 5

Розв'язання за стратегією максимін

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,345	0,345	0,345	1,036

Таблиця 6

Розв'язання за стратегією максимін другого випадку

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,483	0,638	0,376	1,496

У цій ситуації спостерігається поведінковий ефект, який веде до найменших результатів серед $\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i$, тому що кожен з гравців сконцентрований на отриманні гарантованого виграшу і не схильний до ризику або кооперації, що, хоч і є одним з найбільш раціональних підходів, негативно позначається на результаті всієї системи.

Друга ситуація. Рівновага Неша – концепція розв'язання, одне з ключових понять теорії ігор. Так називається набір стратегій у грі для двох і більше гравців, в якому жоден учасник не може збільшити виграш, змінивши свою стратегію, якщо інші учасники своїх стратегій не змінюють. Джон Неш довів існування такої рівноваги в змішаних стратегіях у будь-якій кінцевій грі. Для знаходження рішення в цій ситуації необхідно розв'язати систему таких нерівностей:

$$\begin{cases} \breve{U}_1\left(I_1, I_2^N, I_3^N\right) \le \breve{U}_1\left(I_1^N\right) \\ \breve{U}_2\left(I_1^N, I_2, I_3^N\right) \le \breve{U}_2\left(I_2^N\right) \\ \breve{U}_3\left(I_1^N, I_2^N, I_3\right) \le \breve{U}_3\left(I_3^N\right). \end{cases}$$

Розв'язавши цю систему, ми отримаємо такі значення (табл. 7 та 8).

На відміну від випадку оптимальності за Парето, кожен гравець діє у своїх інтересах, максимізує корисність свого вибору.

У цій ситуації $\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i$ дорівнює 1.5 і 1.523 відповідно, що вище, ніж у ситуації максимін, але нижче, ніж за Парето.

Третя ситуація «рівновага за Берже», що базується на модифікованому підході до формалізації «рівноваги Неша». Відмінність у тому, що стійкість виграшів тут постулюється до відхилень всіх гравців, окрім того, кому «належить» ця функція виграшу (у визначенні рівноваги Неша «дії» стратегії окремого гравця і всіх інших «міняються місцями»). Таку поведінку важко назвати раціональною, проте подібні альтруїстичні погляди притаманні родинним стосункам, наявні в релігійних громадах, при благодійності, спонсорській допомозі, в задачах охорони навколишнього середовища тощо, тобто застосовується на «інтуїтивному рівні».

Для знаходження рішення в цій ситуації необхідно розв'язати систему таких нерівностей:

$$\begin{cases} \breve{U}_1\left(I_1^B, I_2, I_3\right) \le \breve{U}_1\left(I_1^B\right) \\ \breve{U}_2\left(I_1, I_2^B, I_3\right) \le \breve{U}_2\left(I_2^B\right) \\ \breve{U}_3\left(I_1, I_2, I_3^B\right) \le \breve{U}_3\left(I_3^N\right). \end{cases}$$

Розв'язавши цю систему, ми отримаємо такі значення (табл. 9 та 10).

У цій ситуації $\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i$ дорівнює 1.5 і 1.526 відповідно, особливо важливим у цьому випадку є те, що в умовах обмежених ресурсів результуюча за Берже вища, ніж за Нешем, і саме в умовах обмеженості проявляється поведінковий ефект, що веде до такого результату, тому що в умовах необмеженості результат за Берже дорівнює результату за Нешем.

Таблиця 7

Розв'язання за стратегією Неша

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,5	0,5	0,5	1,5

Таблиця 8

Розв'язання за стратегією Неша другого випадку

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,493	0,646	0,383	1,523

Таблиця 9

Розв'язання за стратегією Берже

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,5	0,5	0,5	1,5

Таблиця 10

Розв'язання за стратегією Берже для другого випадку

$\breve{U}_1 =$	$\breve{U}_2 =$	$\breve{U}_3 =$	$\Sigma_{i=1}^{N} \breve{U}_i =$
0,492	0,657	0,377	1,526

Висновки з дослідження і перспективи в цьому напрямі. Раціональною називається поведінка економічного агента, спрямована на максимізацію корисності. Ірраціональною, тобто протилежною економічно раціональній, є поведінка, не максимізуюча, не послідовна, причому економічному агенту це відомо. На практиці часто спостерігається ситуація, в якій економічний агент не максимізує свою корисність, тобто діє ірраціонально. Подібні ситуації були розглянуті в цій роботі, причому продемонстровано, що поведінковий ефект не завжди є негативним, а може вести до кращого результату всієї системи в цілому. Поведінкові ефекти можна пояснити особливостями психіки, цілями, прагненнями, внутрішніми мотиваторами кожного окремо взятого економічного агента. При прийнятті рішень кожен агент сам для себе вирішує, що принесе йому більше задоволення, наприклад, досягнення максимальної особистої корисності, як у разі рівноваги Неша, або жертвування своїм благополуччям заради інших учасників, як у випадку рівноваги Берже. При цьому виникають різні конфлікти мотивів поведінки. Варто враховувати, що в ринкових умовах вибір, який робить економічний агент, обмежується не тільки бюджетом і певними перевагами. Важливу роль відіграють також психологічні характеристики. В економічній науці межа між раціональним та ірраціональним стає все примарнішою. У реальному житті людина не може вести себе, дотримуючись суворих меж економічної раціональності. Таким чином, раціональність та ірраціональність у реальному житті доповнюють одна одну, що дозволяє моделі прийняття рішень наблизитися до реальної поведінки економічних агентів.

Список використаних джерел

1. Пашута М.Т. Прогнозування та макроекономічне планування: навч. посіб. / М.Т. Пашута, А.В. Калина. – К.: МАУП, 1998. – 192 с.

2. Нейман Дж. Теорія ігор і економічна поведінка / Дж. Нейман, О. Моргенштерн. – М.: Наука, 1970. – 708 с.

3. Левін А. Нестандартна економіка / А. Левін, Д. Аріелі // Троїцький варіант. – 2008.

4. Ващенко Т.В. Поведінкові фінанси – новий напрямок фінансового менеджменту. Історія виникнення і розвитку / Т.В. Ващенко, Е.В. Лісіцина // Фінансовий менеджмент. – 2006. – № 1.

References

1. Pashuta M.T., Kalina A.V. *Prohnozuvannya ta makroekonomichne planuvannya* [Forecasting and Macroeconomic Planning]. Kyiv, MAUP, 1998, 192 p.

2. Neyman J., Morgenstern O. *Teoriya ihor i ekonomichna povedinka* [Theory of Games and Economic Behavior], Moscow, Nauka publ., 1970, 108 p.

3. Levin A., Arieli D. *Nestandartna ekonomika* [Non-standard economics]. Trinity variant, 2008.

4. Vaschenko T.V., Lisitsina E.V. *Povedinkovi finansy - novyy napryamok finansovoho menedzhmentu. Istoriya vynyknennya i rozvytku* [Behavioral finance - a new direction in financial management. History of origin and development]. Financial Management, 2006., vol. 1.

В современной экономической науке всё больший удельный вес приобретают теории, так или иначе подвергающие критике главенствовавшую на протяжении десятилетий парадигму «homo economicus». Несомненно, что причиной тому является не просто стремление учёных к новым горизонтам в исследованиях, а всё нарастающее количество экспериментальных данных, свидетельствующих о нарушении теоретических предпосылок «человека экономического» и о кажущейся иррациональности в поведении хозяйствующих субъектов. Рациональным называется поведение экономического агента, нацеленное на максимизацию полезности. Иррациональным, то есть противоположным экономически рациональному, является поведение, немаксимизирующее, его полезность

Ключевые слова: поведенческая экономика, классические теории, игровые задачи, оптимальность по Парето, гарантированное равновесие, равновесие по Нешу и Бержу.

In modern economic science, theories increasingly criticizing the paradigm of «homo economicus» that dominated for decades are gaining increasing importance. Undoubtedly, the reason for this is not just the scientists' striving for new horizons in research, but an increasing number of experimental data that testify to the violation of the theoretical premises of the «economic man» and the apparent irrationality in the behavior of economic entities. Rational is the behavior of an economic agent aimed at maximizing utility. Irrational, that is, the opposite of economically rational, is behavior that is non-maximalizing, inconsistent, and this is known to him. In practice, often there is a situation in which the economic agent does not maximize its usefulness, that is, it acts irrationally.

Key words: behavioral economics, classical theories, game theory, Pareto optimality, guaranteed strategy, Nesh and Berger equilibrium.

Одержано 25.04.2018.