ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 658

ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПОТЕНЦІЙНИХ КОНТРАГЕНТІВ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

© 2016 **ГАВЛОВСЬКА Н. І.**

УДК 658

Гавловська Н. І.

Оцінювання процесів взаємодії підприємства та потенційних контрагентів у контексті забезпечення економічної безпеки зовнішньоекономічної діяльності

Запропоновано авторський підхід щодо оцінювання доцільності взаємодії вітчизняних підприємств – суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності з іноземними контрагентами з урахуванням дотримання балансу вигоди та безпеки. Для вирішення поставлених у дослідженні завдань використано засоби економіко-математичного моделювання, а саме концептуальні положення теорії ігор. Визначено передумови моделювання сценаріїв взаємодії контрагентів та оцінювання наслідків такої взаємодії. Запропоновано діадичну ігрову модель, у якій кожен із гравців буде мати лише дві чисті стратегії, а також розглянуто можливість застосування гри трьох осіб із розробленням відповідної матриці виграшів кожного гравця. На основі розрахунку можливих варіантів взаємодії основних гравців запропоновано можливі варіанти такої взаємодії і розроблено анкету експертного оцінювання елементів матриці рішень кожного гравця. Запропоновано розв'язки гри з відповідними матрицями, де визначено дві рівноважні за Нешем ситуації та 10 ефективних ситуацій за Парето. Визначено оптимальний розв'язок гри для всіх учасників взаємодії, що дозволяє досягти достатнього рівня ефективності і безпеки кожного гравця.

Ключові слова: *економічна безпека підприємства, зовнішньоекономічна діяльність, контрагенти, взаємодія, теорія ігор.*

Рис.: *2.* **Табл.:** *2.* **Формул:** *19.* **Бібл.:** *9.*

Гавловська Наталія Іванівна – *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Хмельницький національний університет (вул. Інститутська, 11, Хмельницький, 29016, Україна)*

E-mail: *nataligavlovska@gmail.com*

УДК 658

Гавловская Н. И. Оценка процессов взаимодействия предприятия и потенциальных контрагентов в контексте обеспечения экономической безопасности внешнеэкономической деятельности

Предложен авторский подход к оценке целесообразности взаимодействия отечественных предприятий – субъектов внешнеэкономической деятельности с иностранными контрагентами с учетом соблюдения баланса выгоды и безопасности. Для решения поставленных в исследовании задач использованы средства экономико-математического моделирования, а именно концептуальные положения теории игр. Определены предпосылки моделирования сценариев взаимодействия контрагентов и оценки последствий такого взаимодействия. Предложена диадическая игровая модель, в которой каждый из игроков будет иметь только две чистые стратегии, а также рассмотрена возможность применения игры трех участников с разработкой соответствующей матрицы выигрышей каждого игрока. На основе расчета возможных вариантов взаимодействия основных игроков предложены возможные варианты такого взаимодействия и разработана анкета экспертного оценивания элементов матрицы решений каждого игрока. Предложены решения игры с соответствующими матрицами, где определены две равновесные по Нэшу ситуации и 10 эффективных ситуаций по Парето. Определено оптимальное решение игры для всех участников взаимодействия, что позволяет достичь достаточного уровня эффективности и безопасности каждого игрока.

Ключевые слова: *экономическая безопасность предприятия, внешнеэкономическая деятельность, контрагенты, взаимодействие, теория игр.*

Рис.: *2.* **Табл.:** *2.* **Формул:** *19.* **Библ.:** *9.*

UDC 339.972

Havlovska N. I. Evaluation of Processes of Interaction between the Enterprise and Potential Contractors in the Context of Ensuring Economic Security of Foreign Economic Activity

The author's approach to evaluating appropriateness of interaction of domestic enterprises-subjects of foreign economic activity with foreign partners taking into account balancing benefits and safety has been presented. To solve the problems set in the study, there were used means of economic and mathematical simulation, namely, conceptual provisions of the theory of games. Preconditions for simulating scenarios of interaction between contractors and evaluation of effects of this interaction have been determined. A dyadic game model, in which each player will only have two pure strategies, has been proposed, and possibility of using a three-player game with development of a corresponding matrix of wins of each player has been considered. On the basis of the calculation of possible options of interaction between the major players possible options for this interaction have been found and a questionnaire for expert evaluation of the matrix elements of each player's decisions has been developed. There suggested solutions of the game by relevant matrices, where two Nash equilibrium situations and 10 Pareto efficient situations are defined. The optimal solution of the game for all participants in the interaction, which allows to achieve a sufficient level of efficiency and safety of each player has been found.

Keywords: *economic security of the enterprise, international economic activity, contractors, interaction, game theory.*

Fig.: *2.* **Tabl.:** *2.* **Formulae:** *19.* **Bibl.:** *9.*

Havlovska Nataliia I. – *Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor of the Associate Professor, Department of Management, Khmelnitsky National University (11 Instytutska Str., Khmelnytsky, 29016, Ukraine)*

E-mail: *nataligavlovska@gmail.com*

Гавловская Наталия Ивановна *– кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента, Хмельницкий национальный университет (ул. Інститутская, 11, Хмельницкий, 29016, Украина)*

E-mail: *nataligavlovska@gmail.com*

Вступ. Економічна безпека зовнішньоекономічної діяльності є на сьогодні одним із пріоритетів управлінського впливу менеджменту та власників вітчизняних підприємств. При цьому зовнішньоекономічна діяльність передбачає наявність контрагента або контрагентів, при взаємодії з якими і виникають фактори негативного впливу та основні небезпеки. Тому для економічної безпеки вітчизняних суб'єктів ЗЕД надзвичайно важливим завданням є вибір такого контрагента, який би задовольняв потреби підприємства і не генерував таких ризиків, які б могли за умови їх реалізації призвести до вагомого погіршення економічної ситуації на підприємстві. При цьому одним із основних критеріїв повинен бути баланс вигідності та безпеки взаємодії для всіх учасників процесу такої взаємодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтовними дослідженнями економічної безпеки суб'єктів господарювання вітчизняні науковці займаються вже доволі тривалий час, однак наукових розробок і напрацювань у контексті забезпечення безпеки зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств на сьогодні відносно мало. Серед науковців, що активно займаються окресленою проблематикою, необхідно виділити: Козаченко Г. В., Манцурова І. Г., Нижника В. М. Погорелова Ю. С., Рудніченка Є. М. та ін.

Постановка завдання. Основним завданням дослідження є розроблення моделі оцінювання безпеки та вигідності взаємодії суб'єкта ЗЕД з іноземними контрагентами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вирішення складних економічних задач на сьогодні все активніше застосовується математичний інструментарій, і розробляються відповідні моделі [4], що здатні забезпечити варіабельність управлінських рішень менеджменту та власників вітчизняних підприємств. У подальшому розроблений інструментарій може бути основою відповідного спеціального програмного забезпечення, що буде задовольняти вимоги конкретних користувачів. Це актуально і для сфери забезпечення економічної безпеки вітчизняних підприємств. Однак необхідно зазначити, що повна автоматизація процесів забезпечення економічної безпеки підприємства не завжди здатна забезпечити максимально-ефективне функціонування системи економічної безпеки, оскільки суто механістичний підхід може призвести до втрати прихованих можливостей або до виникнення неявних загроз, які не можуть бути чітко ідентифіковані у процесі моделювання. Тому взаємодія менеджменту, власників і служби економічної безпеки є обов'язковою у процесі прийняття стратегічних рішень (наприклад, вибору контрагентів), а тактичний рівень може відбуватися і без участі власників, головне, щоб цілі досягалися, а на пропозиції служби економічної безпеки зважали і використовували як інструмент у прийнятті управлінських рішень.

Враховуючи вищевикладене, перед суб'єктами управління постає актуальне завдання прийняття рішень щодо вибору контрагента або контрагентів при здійсненні зовнішньоекономічної діяльності. Найчастіше кількість потенційних контрагентів є незначною, проте вона залежить від декількох важливих параметрів суб'єкта ЗЕД. Серед цих параметрів – вид діяльності суб'єкта, потужність його фінансових активів, рентабельність, кредитоспроможність тощо. Надалі позначатимемо загальну кількість контрагентів (включно зі суб'єктом ЗЕД) через N. Таким чином, $N = 2, 3, \dots$, і суб'єкт ЗЕД може взаємодіяти з $N-1$ контрагентом.

Якщо будь-яку кількість контрагентів сприймати як одного контрагента, то тоді у суб'єкта ЗЕД залишиться лише дві можливості (альтернативи). Перша альтернатива полягатиме у рішенні взаємодіяти з контрагентами, друга – відмовитись від такої взаємодії. Це – найпростіший варіант для моделювання сценаріїв взаємодії контрагентів та оцінювання наслідків такої взаємодії. Більш складним варіантом моделі буде той, коли суб'єкт обиратиме одного або декількох контрагентів для взаємодії.

За найпростішого варіанта для моделювання сценаріїв взаємодії отримаємо діадичну ігрову модель, у якій кожен з N гравців буде мати лише дві чисті стратегії [2; 5]. Матриці виграшів гравців є N-вимірними масивами, формат яких у цьому випадку може бути наведений як $\underbrace{2\times 2\times\cdots\times 2}_{N\text{ разів}}$.

Матрицю виграшів k-го гравця позначимо через:

$$\mathbf{U}_k = \left[u_l^{(k)}\right]_{\underbrace{2\times 2\times\cdots\times 2}_{N\text{ разів}}}, \quad k=\overline{1, N}. \tag{1}$$

У записі (1) перелік N індексів позначено через l, а значення $u_l^{(k)}$ є корисністю k-го гравця у ситуації з переліком індексів l. Тоді діадична гра:

$$\left\langle \{a_k, y_k\}_{k=1}^{N}, \ \{\mathbf{U}_k\}_{k=1}^{N} \right\rangle \text{ при } k=\overline{1, N} \tag{2}$$

є моделлю найпростішого варіанта сценаріїв взаємодії контрагентів, у якій чиста стратегія k-го гравця a_k означає рішення взаємодіяти з контрагентами, а чиста стратегія y_k – відмову від такої взаємодії. Вважатимемо, що індекс 1 відповідатиме a_k, а індекс 2 – y_k.

Наприклад, якщо у нас є два контрагенти, то отримаємо діадичну гру трьох осіб. Матриця виграшів k-го гравця тоді запишеться як:

$$\mathbf{U}_k = \left[\begin{pmatrix} u_{111}^{(k)} & u_{121}^{(k)} \\ u_{211}^{(k)} & u_{221}^{(k)} \end{pmatrix} \ \begin{pmatrix} u_{112}^{(k)} & u_{122}^{(k)} \\ u_{212}^{(k)} & u_{222}^{(k)} \end{pmatrix}\right], \quad k=\overline{1, 3},$$

де ліва 2×2-матриця відповідає чистій стратегії a_3 (третій гравець прийняв рішення про взаємодію з контрагентами), а права 2×2-матриця – чистій стратегії y_3 (третій гравець відмовився від взаємодії з контрагентами). Отже, для ведення і розв'язування гри тут маємо отримати три матриці:

$$\mathbf{U}_1 = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{111}^{(1)} & u_{121}^{(1)} \\ u_{211}^{(1)} & u_{221}^{(1)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} u_{112}^{(1)} & u_{122}^{(1)} \\ u_{212}^{(1)} & u_{222}^{(1)} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{U}_2 = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{111}^{(2)} & u_{121}^{(2)} \\ u_{211}^{(2)} & u_{221}^{(2)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} u_{112}^{(2)} & u_{122}^{(2)} \\ u_{212}^{(2)} & u_{222}^{(2)} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{U}_3 = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{111}^{(3)} & u_{121}^{(3)} \\ u_{211}^{(3)} & u_{221}^{(3)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} u_{112}^{(3)} & u_{122}^{(3)} \\ u_{212}^{(3)} & u_{222}^{(3)} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

які у сукупності мають 24 елементи. Звичайно, значення цих елементів, взагалі кажучи, є різними. Якщо у нас буде три контрагенти, що є цілком розповсюдженим явищем у конкурентній боротьбі (взаємодії), то матриця виграшів *k*-го гравця записуватиметься так:

$$\mathbf{U}_k = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} u_{1111}^{(k)} & u_{1211}^{(k)} \\ u_{2111}^{(k)} & u_{2211}^{(k)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} u_{1121}^{(k)} & u_{1221}^{(k)} \\ u_{2121}^{(k)} & u_{2221}^{(k)} \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} u_{1112}^{(k)} & u_{1212}^{(k)} \\ u_{2112}^{(k)} & u_{2212}^{(k)} \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} u_{1122}^{(k)} & u_{1222}^{(k)} \\ u_{2122}^{(k)} & u_{2222}^{(k)} \end{pmatrix} \end{bmatrix}, \quad k = \overline{1,\,4}.$$

Тут 2×2-матриця (надалі – підматриця) у верхньому лівому куті відповідає тому, що третій і четвертий гравці прийняли рішення про взаємодію. Підматриця у верхньому правому куті відповідає тому, що третій гравець відмовився від взаємодії з контрагентами, а четвертий гравець прийняв рішення про взаємодію з контрагентами. Підматриця у нижньому лівому куті відповідає тому, що третій гравець прийняв рішення про взаємодію, а четвертий – відмовився від взаємодії. Нарешті, підматриця у нижньому правому куті відповідає тому, що і третій, і четвертий гравці одночасно відмовились від взаємодії з контрагентами.

Записи матриць виграшів гравців в іграх з п'ятьма і більше гравцями є аналогічними – це блочне представлення багатовимірної матриці, де кожен блок складається з 2×2-матриць. Індексація елементів такої багатовимірної матриці здійснюється також по блокам, де першими йдуть індекси гравців із меншими порядковими номерами.

Наразі звернемося до дуже важливого пункту – розв'язування гри (2). Під розв'язком гри (2) будемо розуміти таке сполучення (комбінацію) чистих стратегій усіх контрагентів (гравців)

$$\{x_j^*\}_{j=1}^N \quad \text{при} \quad x_j^* \in \{a_j,\, y_j\}, \tag{3}$$

за якого забезпечується повна взаємовигідність, рівновага та відкритість (справедливість) у розподілі корисностей [1; 3]. Відомо, що частково це вдається реалізувати у рівновагах за Нешем або за Парето. Ситуація (3), яка відповідає переліку індексів l^*, є рівноважною за Нешем, якщо для будь-якої ситуації з переліком індексів l виконується нерівність [3]

$$u_l^{(k)} \le u_{l^*}^{(k)} \; \forall k = \overline{1,\,N}. \tag{4}$$

Ситуація (3) є рівноважною за Парето, якщо не існує переліку індексів $l^{(0)}$ такого, що для кожного $k = \overline{1,\,N}$ виконано нерівності [2; 3]

$$u_{l^*}^{(k)} \le u_{l^{(0)}}^{(k)} \quad \text{та} \quad u_{l^*}^{(k_0)} < u_{l^{(0)}}^{(k_0)}, \tag{5}$$

де k_0 є номером деякого гравця $(k_0 \in \{\overline{1,\,N}\})$.

Звісно, перед тим, як визначити всі ситуації, рівноважні за Нешем та за Парето, необхідно отримати достовірні оцінки елементів матриць $\{\mathbf{U}_k\}_{k=1}^N$. У грі (2) для кожного гравця маємо визначити оцінки 2^N ситуацій. Усього необхідно визначити $N\cdot 2^N$ оцінок. У принципі, кожен учасник гри може визначати оцінки своїх виграшів у кожній із 2^N ситуацій самостійно. Після цього його матриця виграшів має бути повідомлена решті учасників (стосовно нього – $(N-1)$-му контрагенту). Проте такий план є доволі ризикованим, оскільки фальсифікації (навмисне дезінформування) не виключені. Тому слід готуватися до визначення $N\cdot 2^N$ оцінок власноруч. Іншими словами, нам (як одному з учасників, щодо якого решта $N-1$ учасник є контрагентами) необхідно оцінити не тільки свою матрицю виграшів, а й матриці виграшів усіх інших гравців.

Для визначення достовірних оцінок елементів матриць $\{\mathbf{U}_k\}_{k=1}^N$ використаємо підхід, за яким вимоги до експертів є мінімальними [7].

Нехай усього є M експертів, де число M може бути достатньо великим, якщо, наприклад, експертні судження (оцінювання) збираються через локальну корпоративну соціальну мережу [8]. Кожен експерт оцінює ситуацію

$$\{x_j\}_{j=1}^N, \quad x_j \in \{a_j,\, y_j\}, \tag{6}$$

у грі (2) за найпростішим принципом. Якщо він вважає, що ситуація (6) є вигідною для *k*-го гравця, то експерт оцінює цю ситуацію як 1. Якщо ситуація (6), за думкою експерта, є невигідною для *k*-го гравця, то експерт оцінює цю ситуацію як 0. Наприклад, якщо у нас є три контрагенти, то ситуація $\{a_1,\, y_2,\, a_3,\, a_4\}$, котра означає відмову другого контрагента від взаємодії (решта – згодні), оцінюється для кожного з чотирьох гравців.

Отже, нехай *m*-й експерт, де $m = \overline{1,\,M}$, виставляє свою оцінку (судження) щодо вигідності ситуації (6) для *k*-го гравця. Позначимо цю оцінку через $b_m(k,\, \{x_j\}_{j=1}^N)$. Усього для ситуації (6) *m*-й експерт виставляє *N* таких оцінок. Вони є множиною $\{b_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N)\}_{k=1}^N$.

Експерти виставляють результати своїх суджень за анкетою (див. табл. 1). Кожна ситуація індексується, але і розшифровується за позначеннями a_j й y_j, що має допомагати експертам зорієнтуватися і не розгубитися серед потоку шифрів (інакше їх судження будуть радше вільними, ніж осмисленими). Дані з анкети оброблюються в автоматичному режимі.

Вважатимемо, що перелік індексів l відповідає ситуації (6). Тоді:

$$\tilde{u}_l^{(k)} = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} b_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N) \tag{7}$$

є середнім арифметичним суджень експертів щодо корисності цієї ситуації для *k*-го гравця. Очевидно, що $\tilde{u}_l^{(k)} \in [0;\, 1]$.

Таблиця 1

Типова анкета для експертного оцінювання елементів матриці рішень гравця у 2 × 2 × 2-грі

Шифр ситуації (індексація для матриці виграшів через набір індексів *l*)	Розшифровка	Оцінка ситуації (судження експерта) – ситуація вигідна для цього гравця (1) або ситуація невигідна для цього гравця (0)
111	$\{a_1, a_2, a_3\}$	
211	$\{y_1, a_2, a_3\}$	
121	$\{a_1, y_2, a_3\}$	
221	$\{y_1, y_2, a_3\}$	
112	$\{a_1, a_2, y_3\}$	
212	$\{y_1, a_2, y_3\}$	
122	$\{a_1, y_2, y_3\}$	
222	$\{y_1, y_2, y_3\}$	

Цілком зрозуміло, що оцінка $\tilde{u}_l^{(k)} = 0$, якщо всі експерти мають негативну думку щодо корисності ситуації (6) для *k*-го гравця. Також зрозуміло, що $\tilde{u}_l^{(k)} = 1$, якщо всі експерти мають позитивну думку щодо корисності цієї ситуації для *k*-го гравця. Маловірогідно, що випадок $\tilde{u}_l^{(k)} = 0$ або $\tilde{u}_l^{(k)} = 1$ станеться за достатньо великої кількості експертів (близько сотень). Для незначних груп експертів (не більше 2 – 3 десятків) випадки таких маргінальних усереднених суджень є ймовірними.

Очевидно, що при $\tilde{u}_l^{(k)} \approx 0.5$, то близько половини всіх експертів вважають цю ситуацію корисною для *k*-го гравця, пропонуючи йому дотримуватись відповідного рішення. З іншого боку, близько половини всіх експертів вважають цю ситуацію невигідною для *k* -го гравця. Іншими словами, якщо оцінка будь-якої ситуації є близькою до значення 0.5, то експертна думка (в агрегованому смислі) є фактично невизначеною. Це означає, що експертні судження, які у сукупності дають таку оцінку, мають бути, скоріш за все, відкинуті та переглянуті у подальшому.

Звісно, якщо $\tilde{u}_l^{(k)} = 0.48$ або $\tilde{u}_l^{(k)} = 0.52$, то висновок щодо усередненої експертної оцінки залишається такими самим. Цю оцінку використовувати недоцільно. Але тут же виникає інше питання: яка межа такої "недоцільності"? Скажімо, оцінка $\tilde{u}_l^{(k)} = 0.46$ може бути використана? Чи лише оцінка $\tilde{u}_l^{(k)} < 0.46$ вважатиметься прийнятною?

Однозначної відповіді на ці питання, зрозуміло, не існує. Можна лише говорити про те, що усереднені експертні оцінки виду $\tilde{u}_l^{(k)} = 0.5 \pm \delta$, де значення δ вибирається з низки практичних міркувань, є недопустимими. Формально тут $\delta \in (0; \delta_{\max}]$, де $\delta_{\max} < 0.3$ (зафіксуємо саме цю межу для однозначності). Тому умова:

$$\tilde{u}_l^{(k)} \notin [0.5 - \delta;\ 0.5 + \delta] \quad (8)$$

є умовою прийняття оцінки (7), після чого ситуація (6) оцінюється як $u_l^{(k)} = \tilde{u}_l^{(k)}$.

Для прикладу візьмемо процес, коли суб'єкт ЗЕД (для визначеності покладатимемо, що це – перший гравець) повинен прийняти рішення про вихід на ринок (взаємодію) або відмову від такого виходу (відмову від взаємодії) за умови існування двох контрагентів. Усього експертів *M = 60*. Матриця виграшів суб'єкта ЗЕД є такою:

$$\mathbf{U}_1 = \left[\begin{pmatrix} 0.25 & 0.35 \\ 0.9 & 0.2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.2667 & 0.4167 \\ 0.5833 & 0.3667 \end{pmatrix} \right]. \quad (9)$$

Зауважимо, що спочатку ситуація $\{y_1, a_2, y_3\}$ експертами була оцінена як:

$$u_{212}^{(1)} = 32/60 = 0.5333,$$

що вважається незадовільним при $\delta = 0.04$, оскільки тоді умова (8) порушується. В результаті повторного опитування експертів виявилося, що:

$$u_{212}^{(1)} = 35/60 = 0.5833.$$

Матриці виграшів контрагентів є такими:

$$\mathbf{U}_2 = \left[\begin{pmatrix} 0.7833 & 0.5667 \\ 0.55 & 0.95 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.2833 & 0.7667 \\ 0.7833 & 0.3833 \end{pmatrix} \right] \quad (10)$$

та

$$\mathbf{U}_3 = \left[\begin{pmatrix} 0.5833 & 0.15 \\ 0.1667 & 0.55 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.7667 & 0.1833 \\ 0.9167 & 0.5833 \end{pmatrix} \right]. \quad (11)$$

Елементи $u_{121}^{(2)}$ та $u_{211}^{(2)}$ матриці (10) також довелося оцінювати повторно. Ці елементи відповідають ситуаціям $\{a_1, y_2, a_3\}$ та $\{y_1, a_2, a_3\}$. Спочатку їх оцінками були:

$$u_{121}^{(2)} = 32/60 = 0.5333 \text{ та } u_{211}^{(2)} = 30/60 = 0.5,$$

що порушувало умову (8). Після повторного опитування виявилося, що нові оцінки відповідають критерію прийнятності:

$$u_{121}^{(2)} = 34/60 = 0.5667 \text{ та } u_{211}^{(2)} = 33/60 = 0.55.$$

В матриці (11) довелося переоцінювати вже три ситуації:

$$\{a_1, a_2, a_3\}, \quad \{y_1, y_2, a_3\}, \quad \{y_1, y_2, y_3\},$$

де спочатку були такі оцінки:

$$u_{111}^{(3)} = 31/60 = 0.5167,$$

$$u_{221}^{(3)} = 32/60 = 0.5333,$$

$$u_{222}^{(3)} = 29/60 = 0.4833.$$

Після повторного опитування експертів нові оцінки стали такими, що відповідають умові (8):

$$u_{111}^{(3)} = 35/60 = 0.5833,$$

$$u_{221}^{(3)} = 33/60 = 0.55,$$

$$u_{222}^{(3)} = 35/60 = 0.5833.$$

Зауважимо, що при переоцінюванні ситуації $\{y_1, y_2, a_3\}$ з $u_{222}^{(3)} = 0.4833$ на $u_{222}^{(3)} = 0.5833$ свою думку змінили 6 експертів, які стали вважати цю ситуацію вигідною для третього гравця.

Розглянемо розв'язки гри з матрицями виграшів (9) – (11). У цій грі існують дві ситуації, що рівноважні за Нешем. Перша рівноважна ситуація $\{a_1, y_2, y_3\}$ дає виграш $u_{122}^{(1)} = 0.4167$ для суб'єкта ЗЕД, а контрагенти отримують $u_{122}^{(2)} = 0.7667$ та $u_{122}^{(3)} = 0.1833$ відповідно. Друга рівноважна ситуація $\{y_1, a_2, y_3\}$ дає виграш $u_{212}^{(1)} = 0.5833$ для суб'єкта ЗЕД, а контрагенти отримують $u_{212}^{(2)} = 0.7833$ та $u_{212}^{(3)} = 0.9167$ відповідно. Як бачимо, ця ситуація є більш вигідною одночасно для усіх гравців, оскільки:

$$u_{212}^{(1)} = 0.5833 > 0.4167 = u_{122}^{(1)},$$

$$u_{212}^{(2)} = 0.7833 > 0.7667 = u_{122}^{(2)},$$

$$u_{212}^{(3)} = 0.9167 > 0.1833 = u_{122}^{(3)}.$$

Ситуація $\{y_1, a_2, y_3\}$, у якій суб'єкт ЗЕД відмовляється від взаємодії з контрагентами, також є рівноважною (ефективною) і за Парето. Для ситуації $\{y_1, a_2, y_3\}$ одночасно виконані й умова (4), й умова (5). Поряд із цією ситуацією маємо ще дві ефективні за Парето ситуації: $\{y_1, a_2, a_3\}$ й $\{y_1, y_2, a_3\}$. У ситуації $\{y_1, a_2, a_3\}$ виграші гравців є такими:

$$u_{211}^{(1)} = 0.9, \quad u_{211}^{(2)} = 0.55, \quad u_{211}^{(3)} = 0.1667.$$

Так, ця ситуація з 90-відсотковою корисністю є вигідною для нас (підприємства як суб'єкта ЗЕД), однак вона є невигідною для контрагентів, особливо для другого контрагента (для третього гравця). У ситуації $\{y_1, y_2, a_3\}$ навпаки, наш виграш складає усього $u_{221}^{(1)} = 0.2$, тоді як виграшами контрагентів є $u_{221}^{(2)} = 0.95$ та $u_{221}^{(3)} = 0.55$.

Сумарний виграш (корисність) гравців у ситуації $\{y_1, a_2, y_3\}$ складає:

$$0.5833 + 0.7833 + 0.9167 = 2.2833.$$

Сумарна корисність у ситуації $\{y_1, y_2, a_3\}$ є значно меншою, оскільки:

$$0.2 + 0.95 + 0.55 = 1.7,$$

а сумарна корисність у ситуації $\{y_1, a_2, a_3\}$ (яка є вигідною для підприємства і невигідною для його контрагентів) є ще меншою:

$$0.9 + 0.55 + 0.1667 = 1.6167.$$

Отже, з цих трьох ситуацій найвигіднішою для усіх одночасно є ситуація $\{y_1, a_2, y_3\}$. А оскільки вона є ще й рівноважною за Нешем, то саме такі дії кожного з трьох гравців є оптимальними за вказаних умов в матрицях (9) – (11): ми відмовляємось від взаємодії, перший контрагент йде на взаємодію, а другий відмовляється від неї.

За варіанта, коли контрагент вказує, чи він взаємодіє (не взаємодіє) з кожним з контрагентів, для моделювання сценаріїв взаємодії отримаємо безкоаліційну ігрову модель. Така модель виявиться діадичною грою (2) лише у випадку, коли N – 2, тобто у нас буде лише один контрагент і відповідно один варіант взаємодії чи її відсутності. У такій безкоаліційній грі кожен з N гравців буде мати 2^{N-1} чистих стратегій. Матриці виграшів гравців так само є N -вимірними масивами, але їх формат у цьому випадку може бути наведений як $\underbrace{2^{N-1} \times 2^{N-1} \times \cdots \times 2^{N-1}}_{N \text{ разів}}$.

Матрицю виграшів k-го гравця позначимо через:

$$\mathbf{W}_k = \left[w_G^{(k)} \right]_{\underbrace{2^{N-1} \times 2^{N-1} \times \cdots \times 2^{N-1}}_{N \text{ разів}}}, \quad k = \overline{1, N}. \qquad (12)$$

Безкоаліційна гра:

$$\left\langle \{D_k\}_{k=1}^{N}, \{\mathbf{W}_k\}_{k=1}^{N} \right\rangle \text{ при } k = \overline{1, N} \qquad (13)$$

є моделлю варіанта сценаріїв взаємодії контрагентів, за яким кожен гравець обирає послідовність зі своїх $(N-1)$-го контрагента, де вказується взаємодія чи відсутність взаємодії з кожним з них. Множина D_k складається з N елементів типу "0" та "1", де "0" на n-й позиції означає відсутність взаємодії, "1" – рішення про взаємодію контрагентом, номер якого дорівнює $n+1$, якщо $k < n$, та n за умови $k > n$. Наприклад, нехай у грі з чотирма гравцями перший гравець обирає стратегію $\{0, 1, 1\}$. Це означає, що він прийняв рішення не взаємодіяти з третім і четвертим контрагентами, а з другим взаємодії не буде. Для другого ж гравця стратегія $\{0, 1, 1\}$ означає відсутність взаємодії з першим контрагентом і рішення про взаємодію з третім та четвертим контрагентами.

Оцінювання елементів матриць $\{\mathbf{W}_k\}_{k=1}^{N}$ проводиться так само, як і для діадичної гри (2). Експерти виставляють результати своїх суджень за анкетою (див. табл. 2 для першого гравця), де усього вони мають оцінити $(2^{N-1})^N = 2^{N(N-1)}$ ситуацій для кожного гравця. Кожна ситуація індексується через множину індексів G таким чином. Кожен набір індексів G – це трійка чисел від 1 до 4, що відповідають позиції елемента тривимірної матриці (12). Набори індексів розшифровуються у термінах множини D_k (див. приклад з множиною D_1). Розшифровка сприяє

Таблиця 2

Типова анкета для експертного оцінювання елементів матриці рішень першого гравця у 4 × 4 × 4-грі

Шифр ситуації (індексація для матриці виграшів через набір індексів *G*)	Розшифровка у термінах множини D_1 та дій контрагентів (двох інших гравців)		Оцінка ситуації (судження експерта) – ситуація вигідна для першого гравця (1) або ситуація невигідна для першого гравця (0)
1	2		3
111	{1, 1}	обидва контрагенти **взаємодіють**	
211	{1, 0}		
311	{0, 1}		
411	{0, 0}		
121	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з другим; другий – **взаємодіє** з усіма	
221	{1, 0}		
321	{0, 1}		
421	{0, 0}		
131	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з другим; другий – **взаємодіє** з усіма	
231	{1, 0}		
331	{0, 1}		
431	{0, 0}		
141	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє***; другий – **взаємодіє** з усіма	
241	{1, 0}		
341	{0, 1}		
441	{0, 0}		
112	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з усіма; другий – **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з першим	
212	{1, 0}		
312	{0, 1}		
412	{0, 0}		
122	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з другим; другий – **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з першим	
222	{1, 0}		
322	{0, 1}		
422	{0, 0}		
132	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з другим; другий – **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з першим	
232	{1, 0}		
332	{0, 1}		
432	{0, 0}		
142	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє***; другий – **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з першим	
242	{1, 0}		
342	{0, 1}		
442	{0, 0}		
113	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з усіма; другий – ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з першим	
213	{1, 0}		
313	{0, 1}		
413	{0, 0}		
123	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з другим; другий – ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з першим	
223	{1, 0}		
323	{0, 1}		
423	{0, 0}		

Закінчення табл. 2

1	2		3
133	{1, 1}	обидва контрагенти ***не взаємодіють*** з нами і **взаємодіють** один з одним	
233	{1, 0}		
333	{0, 1}		
433	{0, 0}		
143	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє***; другий – ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з першим	
243	{1, 0}		
343	{0, 1}		
443	{0, 0}		
114	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з усіма; другий – ***не взаємодіє***	
214	{1, 0}		
314	{0, 1}		
414	{0, 0}		
124	{1, 1}	перший контрагент **взаємодіє** з нами і ***не взаємодіє*** з другим; другий – ***не взаємодіє***	
224	{1, 0}		
324	{0, 1}		
424	{0, 0}		
134	{1, 1}	перший контрагент ***не взаємодіє*** з нами і **взаємодіє** з другим; другий – ***не взаємодіє***	
234	{1, 0}		
334	{0, 1}		
434	{0, 0}		
144	{1, 1}	обидва контрагенти ***не взаємодіють***	
244	{1, 0}		
344	{0, 1}		
444	{0, 0}		

кращій орієнтації експертів серед значного потоку шифрів. Дані з анкети оброблюються також в автоматичному режимі.

Як і при розв'язуванні гри (2), під розв'язком гри (13) будемо розуміти таке сполучення (комбінацію) чистих стратегій усіх контрагентів (гравців):

$$\{z_j^*\}_{j=1}^N \quad \text{при} \quad z_j^* \in D_j, \tag{14}$$

за якого забезпечується повна взаємовигідність, рівновага та відкритість (справедливість) у розподілі корисностей. Ситуація (14), яка відповідає переліку індексів G^*, є рівноважною за Нешем, якщо для будь-якої ситуації:

$$\{z_j\}_{j=1}^N \quad \text{при} \quad z_j \in D_j \tag{15}$$

з переліком індексів G виконується нерівність [3]:

$$w_G^{(k)} \le w_{G^*}^{(k)} \quad \forall k = \overline{1, N}. \tag{16}$$

Ситуація (14) є рівноважною за Парето у грі (13), якщо не існує переліку індексів $G^{(0)}$ такого, що для кожного $k = \overline{1, N}$ виконано нерівності [6; 9]:

$$w_{G^*}^{(k)} \le w_{G^{(0)}}^{(k)} \quad \text{та} \quad w_{G^*}^{(k_0)} < w_{G^{(0)}}^{(k_0)}, \tag{17}$$

де k_0 є номером деякого гравця $(k_0 \in \{\overline{1, N}\})$.

Середнє арифметичне суджень експертів щодо корисності ситуації (15) для k-го гравця позначимо через $\tilde{w}_G^{(k)}$, де:

$$\tilde{w}_G^{(k)} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^{M} s_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N), \tag{18}$$

причому $s_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N)$ є оцінкою (судженням) m-го експерта щодо вигідності ситуації (15) для k-го гравця. Звісно, ця оцінка є дуже простою: може бути лише $s_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N) = 0$ або $s_m(k, \{x_j\}_{j=1}^N) = 1$. Аналогічно умові (8) для діадичної гри, умовою прийняття оцінки (18) є:

$$\tilde{w}_G^{(k)} \notin [0.5 - \delta;\ 0.5 + \delta], \tag{19}$$

після чого ситуація (15) оцінюється як $w_G^{(k)} = \tilde{w}_G^{(k)}$.

На рис. 1 показано матриці виграшів суб'єкта ЗЕД і двох контрагентів у грі (13). Тут кожен учасник взаємодії вибирає конкретно тих, із ким він буде взаємодіяти, і тих, із ким він взаємодіяти не буде.

На рис. 2 показано розв'язки цієї гри. Усього виявилось дві рівноваги за Нешем і 10 ефективних ситуацій за Парето.

Як бачимо, обидві ситуації, що є рівноважними за Нешем, виявляються ще й ефективними за Парето, задо-

```
W(:,:,1,1) =
    0.1500    0.0833    0.1167    0.3500
    0.7833    0.4500    0.4667    0.4333
    0.6833    0.6500    0.3167    0.7500
    0.4833    0.6833    0.9833    0.2167
W(:,:,2,1) =
    0.3333    0.3000    0.9000    0.3333
    0.4500    0.6667    0.2000    0.7500
    0.7167    0.8167    0.7333    0.3000
    0.2667    0.7333    0.7833    0.1500
W(:,:,3,1) =
    0.6167    0.4000         0    0.7000
    0.2333    0.5167    0.8667    0.3833
    0.1500    0.8333    0.0667    0.9500
    0.7167    0.5500    0.5667    0.5333
W(:,:,4,1) =
    0.7833    0.7333    0.0833    0.4000
    0.1333    0.0500    0.1500    0.9000
    0.8667    0.1167    0.8667    0.6167
    0.6000    0.3833    0.9500    0.7667
W(:,:,1,2) =
    0.8167    0.9167    0.5500    0.9333
    0.1167    0.0667    0.1000    0.3167
    0.8167    0.6833    0.4500    0.9667
    0.4333    0.1000    0.0333    0.9333
W(:,:,2,2) =
    0.4833    0.6000    0.5500    0.2000
    0.7500    0.3333    0.3167    0.2500
    0.4333    0.7833    0.2167    0.7500
         0    0.7000    0.8667    0.5167
W(:,:,3,2) =
    0.5167    0.5833    0.7833    0.7000
    0.2833    0.2000    0.8000    0.0833
    0.7833    0.1000    0.2000    0.5667
    0.9833    0.0500    0.0333    0.2000
W(:,:,4,2) =
    0.4667    0.2667    0.1667    0.9167
    0.5500    0.7000    0.1833    0.9000
    0.3500    0.3333    0.0500    0.9833
    0.2833    0.7500    0.5833    0.7333
W(:,:,1,3) =
    0.2000    0.4333    0.9500    0.5500
    0.4500    0.7500    0.4167    0.0833
    0.2500    0.6000    0.3667    0.1000
    0.0833    0.1667    0.4000    0.8667
W(:,:,2,3) =
    0.8000    0.4667    0.8167    0.3500
    0.3167    0.4500    0.9333    0.1000
    0.0667    0.7333    0.3333    0.0333
    0.0333    0.6500    0.9833    0.6000
W(:,:,3,3) =
    0.6667    0.3167    0.3833    0.1000
    0.4667    0.3167    0.6833    0.2833
    0.3500    0.8000    0.4667    0.4167
    0.8000    0.8667    0.7000    0.4833
W(:,:,4,3) =
    0.7167    0.8500    0.0167    0.8167
    0.5000    0.6000    0.1667    0.5667
    0.4833    0.5333    0.5167    0.3500
    0.2333    0.4667    0.8500    0.9667
```

Рис. 1. Матриці виграшів $\{\mathbf{W}_k\}_{k=1}^{3}$ суб'єкта ЗЕД (перший гравець) і двох контрагентів у грі (13)

```
W(:,:,1,1) =
    0.1500    0.0833    0.1167    0.3500
    0.7833    0.4500    0.4667    0.4333
    0.6833    0.6500    0.3167  5 0.7500
    0.4833    0.6833  7 0.9833 10 0.2167
W(:,:,2,1) =
    0.3333    0.3000    0.9000    0.3333
    0.4500    0.6667    0.2000    0.7500
    0.7167  4 0.8167    0.7333    0.3000
    0.2667    0.7333  8 0.7833    0.1500
W(:,:,3,1) =
    0.6167    0.4000         0    0.7000
    0.2333    0.5167  2 0.8667    0.3833
    0.1500    0.8333    0.0667    0.9500
  6 0.7167 2  0.5500    0.5667    0.5333
W(:,:,4,1) =
    0.7833    0.7333    0.0833  1 0.4000
    0.1333    0.0500    0.1500  3 0.9000 1
    0.8667    0.1167    0.8667    0.6167
    0.6000    0.3833  9 0.9500    0.7667
W(:,:,1,2) =
    0.8167    0.9167    0.5500    0.9333
    0.1167    0.0667    0.1000    0.3167
    0.8167    0.6833    0.4500  5 0.9667
    0.4333    0.1000  7 0.0333 10 0.9333
W(:,:,2,2) =
    0.4833    0.6000    0.5500    0.2000
    0.7500    0.3333    0.3167    0.2500
    0.4333  4 0.7833    0.2167    0.7500
         0    0.7000  8 0.8667    0.5167
W(:,:,3,2) =
    0.5167    0.5833    0.7833    0.7000
    0.2833    0.2000  2 0.8000    0.0833
    0.7833    0.1000    0.2000    0.5667
  6 0.9833 2  0.0500    0.0333    0.2000
W(:,:,4,2) =
    0.4667    0.2667    0.1667  1 0.9167
    0.5500    0.7000    0.1833  3 0.9000 1
    0.3500    0.3333    0.0500    0.9833
    0.2833    0.7500  9 0.5833    0.7333
W(:,:,1,3) =
    0.2000    0.4333    0.9500    0.5500
    0.4500    0.7500    0.4167    0.0833
    0.2500    0.6000    0.3667  5 0.1000
    0.0833    0.1667  7 0.4000 10 0.8667
W(:,:,2,3) =
    0.8000    0.4667    0.8167    0.3500
    0.3167    0.4500    0.9333    0.1000
    0.0667  4 0.7333    0.3333    0.0333
    0.0333    0.6500  8 0.9833    0.6000
W(:,:,3,3) =
    0.6667    0.3167    0.3833    0.1000
    0.4667    0.3167  2 0.6833    0.2833
    0.3500    0.8000    0.4667    0.4167
  6 0.8000 2  0.8667    0.7000    0.4833
W(:,:,4,3) =
    0.7167    0.8500    0.0167  1 0.8167
    0.5000    0.6000    0.1667  3 0.5667 1
    0.4833    0.5333    0.5167    0.3500
    0.2333    0.4667  9 0.8500    0.9667
```

Рис. 2. Розв'язки гри з відповідними матрицями $\{\mathbf{W}_k\}_{k=1}^{3}$:
овалами обведені дві рівноважні за Нешем ситуації (пронумеровані праворуч);
прямокутниками обведені 10 ефективних ситуацій за Парето (пронумеровані ліворуч)

вольняючи одночасно умовам (16) та (17). Перша ситуація має шифр «244», де обидва контрагенти не взаємодіють, а ми взаємодіємо лише з першим із них. Її сумарна корисність складає

$$0.9 + 0.9 + 0.5667 = 2.3667.$$

Друга ситуація має шифр «413», де ми не входимо ні у які взаємодії, перший контрагент взаємодіє з усіма, а другий – не взаємодіє з нами і взаємодіє з першим. Сумарна корисність ситуації «413» складає:

$$0.7167 + 0.9833 + 0.8 = 2.5,$$

що краще за ситуацію «244». Однак це не найбільша сумарна корисність, оскільки ефективна за Парето ситуація «432» дає ще більше:

$$0.7833 + 0.8667 + 0.9833 = 2.6333.$$

У цій ситуації ми також не взаємодіємо ні з ким, але перший контрагент, не взаємодіючи з нами, взаємодіє з другим; другий – взаємодіє з нами і не взаємодіє з першим.

Ситуація «432» не є рівноважною за Нешем. Але вона більш вигідна для усієї трійки учасників ринкового процесу, ніж найвигідніша рівноважна за Нешем ситуація «413». При переході з ситуації «413» до ситуації «432» втрачатиме лише другий гравець (перший контрагент), що складатиме 0.1166 одиниць корисності. За цих умов і ми, і другий контрагент можемо домовитись про деяку компенсацію першому контрагенту заради збереження хиткої, але ефективної ситуації «432».

Висновки. Отже, запропонований підхід дозволяє визначити оптимальний варіант взаємодії з урахуванням інтересів усіх задіяних учасників. З позиції економічної безпеки кожного з учасників взаємодії оптимальний варіант взаємодії дозволяє забезпечити прийнятний рівень вигоди від взаємодії без нанесення суттєвої шкоди жодному з контрагентів або з можливістю відповідної компенсації, яка буде забезпечувати позитивне рішення всіх суб'єктів щодо можливості взаємодії, оскільки інтереси всіх суб'єктів будуть враховані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : [навч. посіб.] / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – К. : Київський університет, 2010. – 336 с.

2. Воробьев Н. Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры / Н. Н. Воробьев. – М. : Наука, 1984. – 496 с.

3. Воробьев Н. Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков / Н. Н. Воробьев. – М. : Наука, 1985. – 272 с.

4. Рудніченко Є. М. Оцінювання та моделювання впливу суб'єктів митного регулювання на систему економічної безпеки підприємства : [монографія] / Є. М. Рудніченко. – Луганськ : Промдрук, 2014. – 389 с.

5. Романюк В. В. Статистическая вероятность наличия ситуаций равновесия по Нешу в чистых стратегиях в диадической игре со стохастически ограничиваемыми выигрышами для задачи реализации игрового моделирования рационального использования ресурсов с альтернативным выбором действия / В. В. Романюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 5. – С. 50–54.

6. Теория игр : [учеб. пособие для ун-тов] / Л. А. Петросян, Н. А. Зенкевич, Е. А. Семина. – М. : Высшая школа, 1998. – 304 с.

7. Fu C. A group evidential reasoning approach based on expert reliability / C. Fu, J.-B. Yang, S.-L. Yang // European Journal of Operational Research. – 2015. – Vol. 246, Iss. 3. – P. 886–893.

8. Palomares I. Low-dimensional visualization of experts' preferences in urgent group decision making under uncertainty / I. Palomares, L. Martínez // Procedia Computer Science. – 2014. – Vol. 29. – P. 2090–2101.

9. Romanuke V. V. Pure strategies Pareto efficient situations versus pure strategies Nash equilibrium situations by their stochastically constrained payoffs in dyadic game modeling of resources rational usage with alternative choice of action / V. V. Romanuke // Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. – 2014. – № 6. – С. 140–143.

REFERENCES

Fu, C., Yang, J.-B., and Yang, S.-L. "A group evidential reasoning approach based on expert reliability" *European Journal of Operational Research* vol. 246, no. 3 (2015): 886-893.

Petrosyan, L. A., Zenkevich, N. A., and Semina, E. A. *Teoriya igr* [Game theory]. Moscow: Vysshaya shkola, 1998.

Palomares, I., and Martinez, L. "Low-dimensional visualization of experts' preferences in urgent group decision making under uncertainty" *Procedia Computer Science* vol. 29 (2014): 2090-2101.

Rudnichenko, Ye. M. *Otsiniuvannia ta modeliuvannia vplyvu subiektiv mytnoho rehuliuvannia na systemu ekonomichnoi bezpeky pidpryiemstva* [Evaluation and modelling of the influence of regulated entities on the system of enterprise economic security]. Luhansk: Promdruk, 2014.

Romanyuk, V. V. "Statisticheskaya veroyatnost nalichiya situatsiy ravnovesiya po Neshu v chistykh strategiyakh v diadicheskoy igre so stokhasticheski ogranichivayemymi vyigryshami dlya zadachi realizatsii igrovogo modelirovaniya ratsionalnogo ispolzovaniya resursov s alternativnym vyborom deystviya" [The statistical probability of the existence of equilibrium in NASU in pure strategies in dyadic game with stochastically bounded by the payoffs for the tasks realization of the game modeling the rational use of resources with the alternative choice of action]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universitetu. Tekhnichni nauky*, no. 5 (2014): 50-54.

Romanuke, V. V. "Pure strategies Pareto efficient situations versus pure strategies Nash equilibrium situations by their stochastically constrained payoffs in dyadic game modeling of resources rational usage with alternative choice of action" *Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences*, no. 6 (2014): 140-143.

Voloshyn, O. F., and Mashchenko, S. O. *Modeli ta metody pryiniattia rishen* [Models and methods of decision-making]. Kyiv: Kyivskyi universytet, 2010.

Vorobev, N. N. *Teoriya igr dlya ekonomistov-kibernetikov* [Game theory for economists-cyberneticists]. Moscow: Nauka, 1985.

Vorobev, N. N. *Osnovy teorii igr. Beskoalitsionnyye igry* [Fundamentals of the theory of games. Noncooperative games]. Moscow: Nauka, 1984.