




RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	Science Review
p-ISSN	2544-9346
e-ISSN	2544-9443
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
AUTHOR(S)	Прокудін Г. С., Чупайленко О. А., Прокудін О. Г., Хоботня Т. Г., Коп'як Н. В., Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana, Nelia Kopyak. (2021) Decision Making Under Uncertainty in International Freight Transportation. Science Review. 1(36). doi: 10.31435/rsglobal_sr/30012021/7374
ARTICLE INFO	
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30012021/7374
RECEIVED	16 November 2020
ACCEPTED	12 January 2021
PUBLISHED	17 January 2021
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2021. This publication is an open access article.

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Прокудін Г. С., д.т.н., професор, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9701-8511>

Чупайленко О. А., к.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-0355>

Прокудін О. Г., к.т.н., Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2077-5746>

Хоботня Т. Г., старший викладач, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-6297>

Коп'як Н. В., старший викладач, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8539-9193>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30012021/7374

ARTICLE INFO

Received 16 November 2020

Accepted 12 January 2021

Published 17 January 2021

KEYWORDS

game theory, decision criteria, conditions of uncertainty, risk, strategy, international freight transportation, mathematical model.

ABSTRACT

The process of international freight transportation is quite complex and cumbersome in terms of the technology of preparatory and final operations, loading and unloading operations, issuance of shipping documents and direct transportation of goods. All this is associated with possible risks that may arise at any stage of the organization and implementation of transportation and, ultimately, to negatively affect the efficiency indicators of the international freight transportation process, such as: delivery time, total costs, quality of transportation in general, etc.

Ensuring the maximum level of quality and minimizing the cost of international freight is possible through the optimal choice of measures to reduce the negative impacts of transportation at each stage of the process of delivery of goods from the shipper to the consignee.

The article proposes the use of the mathematical apparatus of the statistical games theory during the process of international freight transportation using one's own and borrowed rolling stock, and aims to reduce the impact of risks that may arise during transportation and thus increase the transport tariff, and accordingly, the total cost of delivery of goods.

Citation: Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khototnia Tetiana, Nelia Kopyak. (2021) Decision Making Under Uncertainty in International Freight Transportation. *Science Review*. 1(36). doi: 10.31435/rsglobal_sr/30012021/7374

Copyright: © 2021 Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khototnia Tetiana, Nelia Kopyak. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. В широкому розумінні, теорія ігор займається теорією математичних моделей прийняття оптимальних рішень в умовах конфлікту. Тобто основна мета застосування теорії ігор для будь-якого соціально-економічного явища полягає у дослідженні питань поведінки та розробці оптимальних правил (стратегій) поведінки для кожного з учасників гри. Розв'язання суперечностей за допомогою теорії ігор можливе лише після проведення математичного моделювання ситуації у вигляді гри.

Одна з характерних рис будь-якого процесу полягає у множинності, різнобічності інтересів, в наявності сторін, що мають не завжди однакові інтереси та цілі, або хоча б у

наявності кількох різних активних точок зору стосовно явища та його результату. Тому можна сказати, що будь-якому соціально-економічному явищу властиві риси конфлікту.

Отже, адекватна математична модель соціально-економічного явища повинна відображати властиві йому риси конфлікту: відмінність інтересів сторін – учасників конфлікту, а також різноманітність відповідних дій, які ці сторони можуть здійснювати для досягнення своїх цілей [1, 2].

Задачі прийняття рішень в умовах невизначеності близькі за ідеями та методами до теорії ігор. Основна відмінність полягає в тому, що для таких задач відсутні конфліктна ситуація та протидія супротивників, і притаманний елемент невизначеності, пов'язаний із недостатньою поінформованістю про умови, в яких необхідно буде приймати рішення відповідальній особі (особа, яка приймає рішення – ОНР). Такі умови для будь-якого соціально-економічного явища залежать від дійсності, яку прийнято називати природою (іноді – середовищем), поведінка якої невідома і не містить свідомої протидії [3, 4].

Під терміном «природа» розуміють всю сукупність зовнішніх обставин, в яких ОНР необхідно буде приймати рішення. В іграх з природою ступінь невизначеності зростає при прийнятті рішення ОНР, так як у стратегічних іграх кожний із її учасників очікує гіршого для себе результату від дій супротивника, то природа навпаки може приймати такі відповідні дії, які їй зовсім не вигідні, але будуть вигідні для ОНР.

Проблематика. Зазвичай людина (ОНР), здійснюючи будь-яку соціально-економічну дію, стикається з проблемою прийняття рішення в умовах множини факторів, які впливають на саме рішення. В подібних випадках ефективно використовувати матричні ігри, які допомагають спростити ситуацію, яка склалася і повністю оцінити важливість кожного з факторів. Прийняття рішення в умовах невизначеності – це одна із задач теорії оптимальних рішень. Для вирішення подібних ситуацій розроблені спеціальні математичні методи, які розглядаються у теорії ігор.

Мета. Метою даної статті є рішення задачі по визначенню рекомендацій та пріоритетного порядку реалізації дій щодо зниження ризиків при виконанні міжнародних вантажних перевезень з використання теорії статистичних рішень, а саме математичної моделі «Гра з природою». Оптимальність буде визначатися за допомогою критеріїв відносно ризиків такого соціально-економічного явища як процес транспортування вантажів у міжнародному сполученні за фактором вартості цього процесу.

Матеріали і методи. Формально вивчення ігор з природою, так само, як і стратегічних ігор, повинно починатися із побудови платіжної матриці, що являється, по суті, найбільш трудомістким етапом підготовки прийняття рішення. Помилки у платіжній матриці не можуть бути компенсовані ніякими розрахунковими методами і можуть привести до неправильного кінцевого результату.

Відмінна риса гри з природою відображається у тому, що в ній свідомо діє тільки один із учасників (ОНР), якого називають гравцем. Другому учаснику (природі) не важливий результат, вона лише визначає зовнішні фактори, при яких буде відбуватися ситуація, для якої і необхідно запропонувати кінцеві рішення.

Пам'ятаємо, що існує два класичних різновиди задач ігор з природою:

– задачі прийняття рішень в умовах ризику, коли відомі ймовірності з якими природа може приймати кожне з можливих станів;

– задачі прийняття рішення в умовах невизначеності, коли немає можливості отримати інформацію щодо ймовірностей появи станів природи.

Отже, змодельємо у термінах гри з природою ситуацію такого соціально-економічного явища як процес транспортування вантажів у міжнародному сполученні і побудуємо для неї платіжну матрицю.

1. Постановка гри.

Визначаємо учасників гри:

Гравець – це автопідприємство, яке виконує перевезення вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні і повністю відповідає за організацію усього процесу доставки вантажів, включаючи всі підготовчо-заклучні операції, навантажувально-розвантажувальні роботи, оформлення товаро-супровідних документів та безпосереднього пошук автомобілів та транспортування вантажів.

Природа – це обсяги вантажів, які необхідно транспортувати, відповідно до отриманих замовлень від замовників послуги (попит на перевезення).

Стратегії гравця – середній обсяг вантажів в умовних одиницях вантажу (*у.о.в.*), який може бути доставлений замовникам власним або комбінованим (власним + запозиченим) рухомим складом (РС): $X_i = (150, 140, 120, 105, 90, 75)$.

Стратегії природи – необхідний обсяг вантажу, який залежить від поточних потреб замовників перевезень $S_j = (50, 100, 150, 200)$.

2. Побудова матриці виграшів.

Елементи матриці a_{ij} – це різниця між тарифом замовників, який вони повинні будуть оплатити для виконання їх замовлення на перевезення певного обсягу вантажів та безпосередніми затратами підприємства на організацію процесу транспортування вантажів у міжнародному сполученні, тобто це очікуваний прибуток підприємства.

Приймаємо, що обсяг вантажу 100 *у.о.в.* можна транспортувати власним РС підприємства, все що більше — потребує залучення запозичених автомобілів, а відповідно, додаткових витрат на пошук та оренду цих автомобілів, що відобразиться на вартості перевезення.

Для виконання процесу транспортування власним РС приймаємо значення вартості 1 умовна грошова одиниця (*у.г.о.*), при залученні запозичених автомобілів, приймаємо додатково плюс 0,5 *у.г.о.*

Безпосередньо на виконання перевезення встановлюємо тариф 5 *у.г.о.* на кожному замовлену *у.о.в.* Якщо попит перевищуватиме пропозицію, то підвищуємо тариф на 10%.

Таблиця 1. Платіжна матриця (a_{ij})

		Вартість доставки для замовника	$5 \cdot 50=250$	$5 \cdot 100=500$	$5 \cdot 150=750$	$5 \cdot 200=1000$
Собівартість доставки	X_i	S_j	50	100	150	200
	$100 \cdot 1=100$	100	$250-100=150$	$500-100=400$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 100)-100=450$	450
$100 \cdot 1+10 \cdot 1,5=115$	110	$250-115=135$	$500-115=385$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 110)-115=490$	490	
$100 \cdot 1+20 \cdot 1,5=130$	120	$250-130=120$	$500-130=370$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 120)-130=530$	530	
$100 \cdot 1+30 \cdot 1,5=145$	130	$250-145=105$	$500-145=355$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 130)-145=570$	570	
$100 \cdot 1+40 \cdot 1,5=160$	140	$250-160=90$	$500-160=340$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 140)-160=610$	610	
$100 \cdot 1+50 \cdot 1,5=175$	150	$250-175=75$	$500-175=325$	$750-175=575$	$(5 \cdot 1,1 \cdot 150)-175=650$	
		β_j	150	400	610	650

Для знаходження оптимальної стратегії застосуємо різні критерії вибору оптимального рішення. Використовуємо вирішальні правила, що відображають поінформованість ОПР про можливі наслідки рішень та їх переваги.

3. Рекомендації щодо вибору критеріїв.

В детермінованій ситуації розуміється, що ОПР точно знає стан природи, тому можливо і точно розрахувати результати для всіх стратегій, і зробити остаточний вибір відносно нескладно. Достатньо порівняти результати, які забезпечують різні стратегії і обрати той, який дає найбільший виграш при цьому єдиному стані. Для цього застосовується операція числового порівняння (більше, менше, дорівнює) [5].

У ситуації невизначеності є декілька можливих станів і різні стратегії забезпечують в кожному стані різний виграш. Тобто, у нас є декілька стратегій, кожна з яких представляє собою сукупність значень виграшів при відповідних станах природи. Ці виграші неможливо просто математично порівняти, використовуючи поняття «більше-менше». І якщо серед стратегій немає домінуючих, це значить, що при різних станах природи найкращий результат

можна отримати при різних стратегіях. Порівняти їх між собою та вибрати оптимальний можливо за допомогою так званих критеріїв вибору.

Основна ідея будь-якого критерію: замінити цілу множину значень виграшів одним числовим показником, який характеризує дані виграші з певної точки зору, а потім, просто порівняти між собою числові значення цих показників.

У якій стратегії цей числовий показник виявиться «кращим» (більше чи менше – залежить від виду критерію та ситуації), та стратегія і буде вважатися оптимальною за даним критерієм.

Ідея проста, але ефективна. Однак істотним недоліком будь-якого критерію є «втрата інформації» через «стиснення» цілої множини значень виграшів у єдине число.

У загальному випадку порядок застосування критерію виглядає наступним чином (рис.1):

- 1) на першому етапі вибирається критерій, за яким буде відбуватися вибір;
- 2) для кожної стратегії розраховується значення обраного критерію. По суті, відповідно до кожної стратегії ставиться одне числове значення критерію (її кількісна оцінка);
- 3) стратегії порівнюються шляхом звичайного порівняння числових значень відповідних їм значень критеріїв;
- 4) за результатами порівняння оптимальною вважається стратегія, яка має краще значення критерію. Кращим вважатиметься максимізувати значення критерію. Це залежить від того, на що вказує результат стратегій, а у нашому випадку прибуток бажано збільшити.

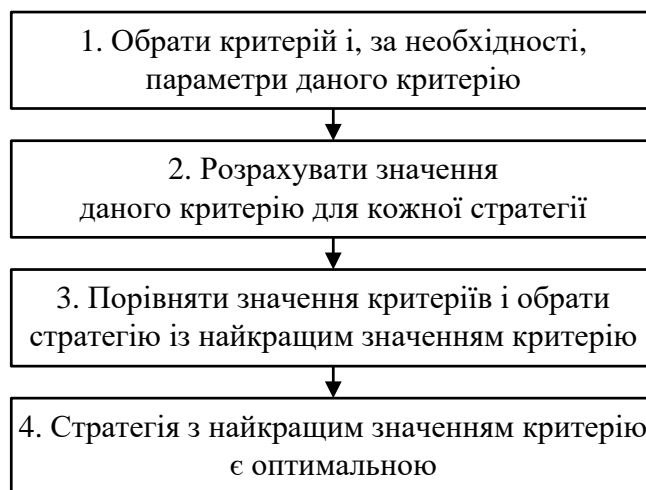


Рис. 1. Порядок застосування критеріїв

Розглянемо чотири найвідоміші критерії прийняття рішень, які можна використовувати при порівнянні стратегій у ситуації невизначеності:

1. Критерій Вальда;
2. Критерій Лапласа;
3. Критерій Севіджа;
4. Критерій Гурвіца.

Якщо дуже бояться програти, використовують *максимінний критерій Вальда*. Він виражає позицію «крайнього песимізму» і орієнтується на гірші умови. Оптимальна стратегія, вибрана за критерієм Вальда, гарантує виграш у будь-якому випадку не менший ніж «нижня ціна» гри з природою.

Минимаксний критерій Севіджа теж край песимістичний, але орієнтується на ризик. Його використовують, якщо ризик прийнятний, і замовник вкладає кошти, щоб потім не пожалкувати, що мало вклав. Оптимальна стратегія та, при якій величина ризику в найгірших умовах мінімальна.

Коли немає інформації про обставини, в яких приймається рішення, застосовують *нейтральний критерій Лапласа*. Всі стани природи вважають рівноймовірнісними. Оптимальна стратегія та, що дає максимальний середній виграш.

Критерій Гурвіца передбачає більш урівноважений вибір між позицією крайнього песимізму та позицією крайнього оптимізму. Вибирають стратегію, у рядку якої стоїть

найбільший елемент матриці Гурвіца. Коефіцієнт довіри α вибирають з суб'єктивних міркувань: чим небезпечніша ситуація і чим більше ми хочемо підстрахуватися, чим менша наша схильність до ризику, тим ближче α до нуля. Значення $\alpha = 0,5$ приймають за деяку «середню» точку зору. При впевненості в удачі α приймають близьким до одиниці.

4. Вирішальні правила для обраних критеріїв.

У табл. 2 наведено формули вирішальних правил кожного із критеріїв вибору рішення, які обрано для розв'язку поставленої задачі.

5. Знаходження оптимальної стратегії.

Для знаходження оптимальної стратегії за критерієм Вальда визначаємо найменший виграш (час транспортування) для кожної стратегії, а потім серед цих найменших вибираємо найбільше значення і вказуємо відповідну стратегію:

$$\min a_{1j} = 150; \min a_{2j} = 135; \min a_{3j} = 120; \min a_{4j} = 105; \min a_{5j} = 90; \min a_{6j} = 75$$

$$W = \max (\min a_{ij}) = \max (150, 135, 120, 105, 90, 75) = 150, \text{ тобто } x_{opt} = X_1.$$

Для знаходження оптимальної стратегії за критерієм Севіджа (мінімізація ризиків) потрібно побудувати матрицю ризиків (r_{ij}). Елементами матриці ризиків є величини ризиків r_{ij} , що представляють собою різницю між найбільшим виграшом β_j при даному стані природи S_j та виграшем a_{ij} , який гарантує вибрана стратегія гравця X_i .

Розрахуємо значення r_{ij} та побудуємо матрицю ризиків (табл. 3).

Таблиця 2. Вирішальні правила для критеріїв Вальда, Севіджа, Лапласа, Гурвіца

Назва критерію	Формула	Примітка
Критерій Вальда	$W = \max_i \min_j a_{ij}$	Нижня ціна гри
Критерій Севіджа	$S = \min_i \max_j r_{ij}$	$r_{ij} = \beta_j - a_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij} \geq 0$
Критерій Лапласа	$L = \max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}$	де n – кількість станів природи
Критерій Гурвіца	$H = \max_i \left[\alpha \cdot \max_i a_{ij} + (1 - \alpha) \cdot \min_j a_{ij} \right]$	де α – коефіцієнт довіри, $0 \leq \alpha \leq 1$

Таблиця 3. Матриця ризиків (r_{ij})

$X_i \backslash S_j$	50	100	150	200	$\max r_{ij}$
100	150-150=0	400-400=0	610-450=160	650-450= 200	200
110	150-135=15	400-385=15	610-490=120	650-490= 160	160
120	150-120=30	400-370=30	610-530=80	650-530= 120	120
130	150-105=45	400-355=45	610-570=40	650-570= 80	80
140	150-90= 60	400-340= 60	610-610=0	650-610=40	60
150	150-75= 75	400-325= 75	610-575=35	650-650=0	75
β_j	150	400	610	650	

У крайньому правому стовпчику матриці ризиків покажемо максимальний ризик при застосуванні кожної стратегії. Оптимальною буде та, за якої ризик мінімальний. Це стратегія $x_{opt} = X_5$.

Також виконаємо розрахунки за виразами для вирішального правила за критерієм Лапласа. Для знаходження оптимальної стратегії потрібно визначити середній виграш при застосуванні кожної стратегії:

$$\begin{aligned} (a_{1j})_{cp} &= (150 + 400 + 450 + 450)/4 = 362,5 \\ (a_{2j})_{cp} &= (135 + 385 + 490 + 490)/4 = 375 \\ (a_{3j})_{cp} &= (120 + 370 + 530 + 530)/4 = 387,5 \\ (a_{4j})_{cp} &= (105 + 355 + 570 + 570)/4 = 400 \\ (a_{5j})_{cp} &= (90 + 340 + 610 + 610)/4 = \mathbf{412,5} \\ (a_{6j})_{cp} &= (75 + 325 + 575 + 650)/4 = 396,25 \end{aligned}$$

а потім вибираємо ту стратегію, для якої ця величина максимальна. Це стратегія $x_{opt} = X_5$.

Для знаходження оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца потрібно розрахувати значення елементів матриці Гурвіца h_{ia} для різних величин коефіцієнта довіри (табл.4).

Результати розрахунків за всіма критеріями зводимо до порівняльної таблиці (табл. 4).

6. Обґрунтування прийнятого рішення.

В умовах невизначеності ми приймаємо рішення на основі міркувань і здорового глузду, тобто не строго оптимальні, а «прийнятні», при обговоренні яких різні підходи і критерії виступають у ролі спірних сторін.

Для заданої ситуації можна рекомендувати такій підхід.

Дуже обережний підхід до справи (за критерієм **Вальда**) вказує на стратегію X_1 , тобто підприємству варто виконувати доставку вантажів лише власними транспортними засобами, обсяг транспортованого вантажу складе 100 у.в.о. Прибуток буде мінімальний (150 у.з.о.).

При зваженому ризику (за критерієм **Севіджа**) можна використати стратегію X_5 , тобто залучити до перевезення 40 запозичених транспортних засобів. Максимальний ризик складе **60** у.з.о.

У разі недостатньої інформації про попит на перевезення (за критерієм **Лапласа**) можна також використати стратегію X_5 , розраховуючи на середній прибуток **362,5** у.з.о.

Критерій **Гурвіца** показав однозначну рекомендацію при будь-якому з трьох запропонованих коефіцієнтів довіри — стратегію X_6 , тобто виконувати замовлення із використанням максимальної кількості автомобілів, а відповідно виконувати перевезення максимально можливого обсягу вантажів. Висновок такий, що чим більше транспортуємо, тим більшим буде прибуток підприємства.

Таблиця 4. Матриця Гурвіца (h_{ia})

$X_i \backslash h_{ia}$	$\alpha = 0,3$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,9$
100	240	300	420
110	241,5	312,5	454,5
120	243	325	489
130	244,5	337,5	523,5
140	246	350	558
150	247,5	362,5	592,5
<i>max</i>	247,5	6	592,5

Таблиця 5. Порівняльна таблиця

Стратегії гравця	$\min a_{ij}$	$\max r_{ij}$	$\max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}$	h_{ia} $\alpha=0,3$	h_{ia} $\alpha=0,5$	h_{ia} $\alpha=0,9$
$X_1 = 100$	150	200	362,5	240	300	420
$X_2 = 110$	140	160	377,5	241,5	312,5	454,5
$X_3 = 120$	120	120	387,5	243	325	489
$X_4 = 130$	105	80	400	244,5	337,5	523,5
$X_5 = 140$	90	60	412,5	246	350	558
$X_6 = 150$	75	75	396,25	247,5	362,5	592,5
Критерій	$W = 150$	$S = 60$	$L = 412,5$	$H = 247,5$	$H = 362,5$	$H = 592,5$
Оптимальна стратегія	X_1	X_5	X_5	X_6	X_6	X_6

Висновки. Кожен критерій пропонує нове рішення, і невизначеність стану перетворюється у відсутність ясності, якого саме критерію дотримуватися. Це пояснюється тим, що різні критерії пов'язані з різними обставинами, в яких приймаються рішення, тому для порівняльної оцінки рекомендовано одержати додаткову інформацію про обставини, в яких буде прийматися рішення. При залученні додаткових транспортних засобів, не власних, варто орієнтуватися на перевірених перевізників із оптимальними тарифами, що дозволить, у результаті, зменшити собівартість виконання перевезень в міжнародному сполученні. Також потрібно звертати увагу на виставлений замовнику тариф, який повинен бути не тільки обґрунтованим з економічної точки зору й покривати всі затрати собівартості перевезення, але й максимально задовольняти очікуваний прибуток підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Катренко А.В. Дослідження операцій. Підручник. – Львів: “Магнолія Плюс”, 2004. – 549 с.
2. Фон Нейман Дж., Моргенштерн Ш. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970.—780с.
3. Кунда Н.Т. Дослідження операцій у транспортних системах. Навчальний посібник для студентів напряму «Транспортні технології» вищих навчальних закладів. – К.: Видавничий дім «Слово», 2008. – 400 с.
4. Гончарь П. С., Гончарь Л. Э., Завалишин Д. С. Теория игр. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011.
5. Моделі, методи і алгоритми розв'язання задач теорії ігор / В.Д. Данчук, Г.С. Прокудін, О.І. Цуканов, А. Аль-Амморі // Навчальний посібник. – К.: НТУ, 2018. – 292 с.