

УДК 519.832
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.5.1/43>

Хоботня Т.Г.
Національний транспортний університет

Стеценко І.А.
Національний транспортний університет

Мазорчук Т.В.
Національний транспортний університет

Бордюг Д.Р.
Національний транспортний університет

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ КОЕФІЦІЄНТА ДОВІРИ ПІД ЧАС ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ ІГОР З ПРИРОДОЮ

У статті, на основі комплексного аналізу, розглянуто залежність вибору оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца від рівня коефіцієнта довіри при вирішенні задач теорії ігор з природою. Розглядається математичний апарат оцінки стратегій із застосуванням коефіцієнта довіри, що дозволяє врахувати індивідуальне суб'єктивне ставлення особи, яка приймає рішення, до ризику. У роботі представлено детальну методiku послідовних ітераційних розрахунків із послідовним зменшенням кроку обчислень для точного визначення граничних значень коефіцієнта довіри. Запропоновано підхід до аналізу впливу зовнішніх економічних умов на результати вибору оптимальної стратегії шляхом розгляду альтернативних умов задачі. Особливу увагу приділено вивченню характеру залежності між рівнем оптимізму особи, що приймає рішення, та обраною стратегією. У дослідженні описано процедуру багатоступінчастого аналізу чутливості результату до зміни суб'єктивних параметрів. Представлено детальний аналіз можливих варіантів вибору стратегії за різних умов. Робота містить повний опис методології поступового уточнення критичних параметрів за допомогою ітераційних процедур. Запропоновано комплексний підхід до оцінки стійкості результатів вибору стратегії при зміні вихідних умов задачі. Дослідження включає глибокий аналіз теоретичних аспектів застосування критерію Гурвіца при різних рівнях невизначеності та варіантах поведінки природи. Дослідження містить детальний опис процедури обчислення та аналізу показників ефективності стратегій за різних значень коефіцієнта довіри. Розглянуто питання адаптації критерію Гурвіца до умов ринкової невизначеності та коливань попиту. Робота включає аналіз можливостей вдосконалення методу шляхом комбінування з різними варіаціями зміни умов задачі. Розроблено концепцію багаторівневого аналізу результатів застосування критерію Гурвіца в умовах динамічного середовища.

Ключові слова: теорія прийняття рішень, прийняття рішень в умовах невизначеності, критерій Гурвіца, коефіцієнт довіри, оптимальна стратегія, аналіз залежності, закономірність.

Постановка проблеми. Теорія прийняття рішень в умовах невизначеності пропонує низку формальних методів для вибору оптимальних стратегій, серед яких особливе місце займає критерій Гурвіца. Цей критерій, будучи компромісом між крайнім песимізмом і оптимізмом, приймає до розгляду коефіцієнт довіри, який має враховувати суб'єктивне ставлення особи, що приймає рішення, до ризику. Однак саме ця суб'єктивна складова може бути джерелом проблеми значного

розриву між теоретичними передумовами критерію та його практичною ефективністю [1, с. 283].

Основна проблема полягає в структурній нестійкості рішень отриманих за допомогою критерію Гурвіца. Дослідження показують, що при певних умовах мінімальна зміна коефіцієнту довіри може призводити до різкої зміни оптимальної стратегії. Більш того існують ситуації коли деякі проміжні стратегії виявляються неефективними незалежно від значення коефіцієнту довіри,

що значно обмежує вибір альтернатив для особи, що приймає рішення. Ця нестійкість особливо критична в умовах динамічного середовища, коли зовнішні умови можуть різко змінюватися.

З наукової точки зору, дана проблема безпосередньо пов'язана з необхідністю подальшого розвитку апарату теорії прийняття рішень. Виникає потреба у дослідженні умов стійкості критерію Гурвіца, аналізі впливу структури матриці виграшів на характер залежності між коефіцієнтом довіри та оптимальною стратегією, а також розробці методів адаптації до реальних умов функціонування різних систем.

З практичної точки зору ненадійність результатів, отриманих за критерієм Гурвіца, становить серйозну перешкоду для його широкого впровадження в управлінську практику. Проблема удосконалення критерію Гурвіца безпосередньо з завданнями підвищення ефективності управління ризиками та адаптації бізнес-моделей до умов середовища в яких вони функціонують.

Таким чином поставлена проблема має комплексний характер, поєднуючи теоретичні аспекти розвитку математичного апарату теорії прийняття рішень в умовах невизначеності з практичною необхідністю отримання надійних результатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і практичні аспекти прийняття рішень в умовах невизначеності із застосуванням апарату теорії ігор з природою, були досліджені різними вітчизняними науковцями, серед яких Г. С. Прокудін, Н. Т. Кунда, І. М. Коваленко, А. В. Катренко.

Суттєвий вклад в розвиток даного підходу внесли зарубіжні вчені, зокрема О. Моргенштерн, Т. Сааті, Р. Акоф, Р. Черчмен, та ін.

Метою даної статті є дослідження, на конкретному прикладі, особливостей застосування критерію Гурвіца при виборі оптимальної стратегії в умовах невизначеності. Особлива увага приділяється аналізу впливу коефіцієнта довіри на вибір оптимальних стратегій. На практичному прикладі буде проведено комплексне дослідження залежності між рівнем оптимізму особи, що приймає рішення (коефіцієнт довіри) та вибором стратегії, з виявленням послідовності зміни рекомендованих рішень. Крім цього важливо також врахувати залежність між зміною умов задачі та характером впливу коефіцієнту довіри на вибір стратегії. Розглянемо, як погіршення чи поліпшення умов впливає на зміну вибору оптимальних стратегій та стабільність рішень отриманих із застосуванням критерію Гурвіца.

Виклад основного матеріалу. Ігри з природою як математичний апарат описують ситуації, в яких

особа що приймає рішення вступає в ігрові відносини з деякою абстрактною особою, яку умовно можна назвати «природою».

Відмінна особливість гри з природою складається в тому, що в ній свідомо діє тільки один з учасників, в більшості випадків званий Гравцем 1.

Гравець 2 (природа) свідомо проти Гравця 1 не діє, а виступає як такий, що не має конкретної мети і випадковим чином вибираючи чергові "ходи" партнер по грі.

Термін «природа» характеризує деяку об'єктивну дійсність, яку не треба розуміти буквально, це може бути величина попиту на товар чи послугу, рівень інфляції, зміни в законодавстві, тощо. В деяких випадках «Гравцем 2», дійсно може бути природа: погодні умови, природні та стихійні лиха. Загалом будь яку господарську діяльність людини можна розглядати як гру з природою.

Математична модель задач ігор з природою представляє собою матрицю виграшів, яку складають на основі інформації про виграші гравця при різних станах природи та про розподіл станів, якщо є така інформація. Ставиться задача: вибрати стратегію гравця, яка має перевагу над іншими стратегіями, при певних стратегіях природи, тобто при певних умовах задачі [2, с. 72-81].

Для знаходження оптимальної стратегії застосовують різні критерії вибору оптимального рішення. Якщо дуже бояться програти, використовують максимінний критерій Вальда. Минимаксний критерій Севіджа теж край песимістичний, але орієнтується на ризик. Коли немає інформації про обставини, в яких приймається рішення, застосовують нейтральний критерій Лапласа. Критерій Гурвіца передбачає більш урівноважений вибір між позицією крайнього песимізму та позицією крайнього оптимізму.

При застосуванні критерія Гурвіца обирають 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.

Вирішальне правило для вибору оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца має наступний вигляд:

$$H = \max_i [\alpha \times \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) \times \min_j a_{ij}]$$

де, α – коефіцієнт довіри, $0 \leq \alpha \leq 1$

Ефективність критерію Гурвіца значною мірою залежить від структури матриці виграшів, оскільки він враховує лише критичні значення виграшів для кожної із запропонованих стратегій, ігноруючи її повний профіль ризику.

При виборі коефіцієнта довіри α постає питання впливу його значення на вибір оптимальної стратегії гравця в конкретно визначених умовах.

Умова: автотранспортне підприємство виконує перевезення вантажів від вантажовідправника до вантажоодержувача. Обслуговування одного автомобіля становить 20 тис. у.г.о. на місяць. За один місяць автомобіль приносить дохід 55 тис. у.г.о. Керівництво компанії може виділити АТЗ у кількості $X = 2, 3, 4$ (стратегії), а у залежності від попиту на перевезення вантажів автомобілем кількість АТЗ, яка може задовольнити потреби клієнтів $S = 1, 2, 3, 5$ (поведінка природи), заздалегідь невідома і залежить від багатьох випадкових факторів (пори року, погоди, святкових днів і т.д.). Якщо вантажоотримувачі потребують більшої кількості автомобілів, чим задіяла компанія, то вона може підвищити інтенсивність руху автомобілів на 10%, збільшуючи таким чином обсяги перевезень та дохід від них.

Умова збільшення інтенсивності руху АТЗ є важливою, оскільки вона частково компенсує втрати від малих потужностей підприємства, однак не повністю їх усуває, що формує специфічну структуру матриці виграшів.

Визначимо учасників гри, зокрема: гравець – автотранспортне підприємство; природа – попит на перевезення; стратегії гравця – кількість АТЗ яку може виділити компанія $X_i = (2, 3, 4)$; стратегія природи – необхідна кількість АТЗ яка невідома і може задовольнити попит на вантажні перевезення $S_j = (1, 2, 3, 5)$.

Побудуємо матрицю виграшів a_{ij} елементи якої – це різниця між очікуваним доходом та експлуатаційними затратами з урахуванням кількості АТЗ, яка визначає прибуток компанії.

	A	B	C	D	E	F
1		Дохід	55	110	165	275
2		S_j				
3	Витрати	X_i	1	2	3	5
4	-40	2	15	70	81	81
5	-60	3	-5	50	105	121,5
6	-80	4	-25	30	85	162

Рис. 1. Формування матриці виграшів

Для знаходження оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца потрібно розрахувати значення елементів матриці Гурвіца h_{ia} для різних величин коефіцієнта довіри. До прикладу розрахунок для $\alpha = 0,2$

$$h_{1,\alpha=0,2} = 0,2 \times 81 + 0,8 \times 15 = 28,2 \rightarrow \text{MAX}$$

$$h_{2,\alpha=0,2} = 0,2 \times 121,5 + 0,8 \times (-5) = 20,3$$

$$h_{3,\alpha=0,2} = 0,2 \times 162 + 0,8 \times (-25) = 12,4$$

Всі інші розрахунки проведено автоматично в застосунку EXCEL.

	A	B	C	D	E	F	G	H
34	Матриця виграшів (за критерієм Гурвіца)					$\alpha * \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) * \min_j a_{ij}$		
35		S_j						
36	X_i		1	2	3	5	$\alpha=0,2$	$\alpha=0,5$
37	2	15	70	81	81	81	28,2	48
38	3	-5	50	105	121,5	121,5	20,3	58,25
39	4	-25	30	85	162	162	12,4	68,5
40					max		28,2	68,5

Рис. 2. Визначення оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца

Попередні розрахунки за критерієм Гурвіца показали, що при $\alpha=0,2$ оптимальною є стратегія X_1 , а при $\alpha = 0,5$ та $0,8$ – стратегія X_3 . Стратегія X_2 , в свою чергу не визначається оптимальною за жодних із прийнятих значень α .

Виникає закономірне питання, чи існують значення коефіцієнту довіри α за яких оптимальною буде стратегія X_2 , і як саме відбувається перехід між стратегіями при безперервній, послідовній зміні α . Дане питання має не лише теоретичний, але й практичний інтерес, оскільки воно, в пев-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
43	Матриця виграшів (за критерієм Гурвіца)					$\alpha * \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) * \min_j a_{ij}$									
44		S_j													
45	X_i		1	2	3	5	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,2$	$\alpha=0,3$	$\alpha=0,4$	$\alpha=0,5$	$\alpha=0,6$	$\alpha=0,7$	$\alpha=0,8$	$\alpha=0,9$
46	2	15	70	81	81	81	21,6	28,2	34,8	41,4	48	54,6	61,2	67,8	74,4
47	3	-5	50	105	121,5	121,5	7,65	20,3	32,95	45,6	58,25	70,9	83,55	96,2	108,85
48	4	-25	30	85	162	162	-6,3	12,4	31,1	49,8	68,5	87,2	105,9	124,6	143,3
49					max		21,6	28,2	34,8	49,8	68,5	87,2	105,9	124,6	143,3

Рис. 3. Розрахунок оптимальної стратегії для $\alpha \in [0,1; 1]$

ній мірі, визначає стабільність та обґрунтованість рекомендацій, отриманих із застосуванням критерію Гурвіца. Якщо проміжна стратегія ні за яких умов не є оптимальною, це може вказувати як на її неефективність, так і на обмеженість самого критерію в заданих умовах [3, с. 383].

Для вирішення поставлених питань було проведено серію ітераційних розрахунків. Спочатку стратегії визначалися при значеннях коефіцієнту довіри α в діапазоні від 0,1 до 1 з кроком 0,1. Даний розрахунок дозволив отримати загальну картину залежності.

Результати показали, що при $\alpha \in [0,1; 0,3]$ оптимальною є стратегія X_1 , а при $\alpha \in [0,4; 1]$ – стратегія X_3 . Відповідно точка переходу між стратегіями X_1 – X_3 лежить в інтервалі між $\alpha = 0,3$ та $\alpha = 0,4$. Вже на даному етапі виявили, що стратегія X_2 є домінованою за критерієм Гурвіца, її розрахунковий показник ніколи не перевищує показників стратегій X_1, X_3 одночасно. Для більш точного визначення точки переходу та перевірки припущення про домінування було проведено розрахунки з кроком 0,01 для діапазону $\alpha \in [0,30; 0,40]$

Результати засвідчили аналогічну картину, перехід від стратегії X_1 до X_3 знаходиться в межах

$\alpha \in [0,33; 0,44]$. Стратегія X_2 знову не є оптимальною. На даному етапі можна зробити попередній висновок про те, що проміжна стратегія X_2 є менш ефективною за критерієм Гурвіца, не залежно від значення коефіцієнту довіри α . Для подальшого уточнення критичного значення коефіцієнту довіри α , було застосовано крок 0,001 в діапазоні $\alpha \in [0,331; 0,340]$.

В результаті розрахунків встановили, що критичне значення коефіцієнту довіри α при якому відбувається перехід між стратегіями X_1 – X_3 становить близько 0,331. Зауважимо, що навіть при високій точності розрахунків стратегія X_2 не була визнана оптимальною. Це підтверджує гіпотезу про її неефективність у рамках даної моделі. Фінальні розрахунки з кроком 0,0001 в діапазоні $\alpha \in [0,3301; 0,3310]$ підтвердили отриманий результат, з високою точністю.

Зміна оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца при зміні коефіцієнту довіри α може відбуватися не поступово, без проміжного етапу, де була б оптимальною стратегія X_2 . Відповідно при заданій структурі матриці виграшів проміжна стратегія не є ефективною за критерієм Гурвіца

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
53	Матриця виграшів (за критерієм Гурвіца)					$\alpha * \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) * \min_j a_{ij}$									
54	S_j														
55	X_i	1	2	3	5	$\alpha=0,31$	$\alpha=0,32$	$\alpha=0,33$	$\alpha=0,34$	$\alpha=0,35$	$\alpha=0,36$	$\alpha=0,37$	$\alpha=0,38$	$\alpha=0,39$	$\alpha=0,4$
56	2	15	70	81	81	35,46	36,12	36,78	37,44	38,1	38,76	39,42	40,08	40,74	41,4
57	3	-5	50	105	121,5	34,215	35,48	36,745	38,01	39,275	40,54	41,805	43,07	44,335	45,6
58	4	-25	30	85	162	32,97	34,84	36,71	38,58	40,45	42,32	44,19	46,06	47,93	49,8
59					max	35,46	36,12	36,78	38,58	40,45	42,32	44,19	46,06	47,93	49,8

Рис. 4. Розрахунок оптимальної стратегії для $\alpha \in [0,31; 0,4]$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
61	Матриця виграшів (за критерієм Гурвіца)					$\alpha * \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) * \min_j a_{ij}$									
62	S_j														
63	X_i	1	2	3	5	$\alpha=0,331$	$\alpha=0,332$	$\alpha=0,333$	$\alpha=0,334$	$\alpha=0,335$	$\alpha=0,336$	$\alpha=0,337$	$\alpha=0,338$	$\alpha=0,339$	$\alpha=0,34$
64	2	15	70	81	81	36,846	36,912	36,978	37,044	37,11	37,176	37,242	37,308	37,374	37,44
65	3	-5	50	105	121,5	36,8715	36,998	37,125	37,251	37,378	37,504	37,631	37,757	37,884	38,01
66	4	-25	30	85	162	36,897	37,084	37,271	37,458	37,645	37,832	38,019	38,206	38,393	38,58
67					max	36,897	37,084	37,271	37,458	37,645	37,832	38,019	38,206	38,393	38,58

Рис. 5. Розрахунок оптимальної стратегії для $\alpha \in [0,331; 0,34]$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70	Матриця виграшів (за критерієм Гурвіца)					$\alpha * \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) * \min_j a_{ij}$									
71	S_j														
72	X_i	1	2	3	5	$\alpha=0,3301$	$\alpha=0,3302$	$\alpha=0,3303$	$\alpha=0,3304$	$\alpha=0,3305$	$\alpha=0,3306$	$\alpha=0,3307$	$\alpha=0,3308$	$\alpha=0,3309$	$\alpha=0,3400$
73	2	15	70	81	81	36,7866	36,7932	36,7998	36,8064	36,813	36,8196	36,8262	36,8328	36,8394	37,44
74	3	-5	50	105	121,5	36,7577	36,7703	36,78295	36,7956	36,80825	36,8209	36,8336	36,8462	36,8589	38,01
75	4	-25	30	85	162	36,7287	36,7474	36,7661	36,7848	36,8035	36,8222	36,8409	36,8596	36,8783	38,58
76					max	36,7866	36,7932	36,7998	36,8064	36,813	36,8222	36,8409	36,8596	36,8783	38,58

Рис. 6. Розрахунок оптимальної стратегії для $\alpha \in [0,3301; 0,3310]$

шому зростанні впевненості гравця α – оптимальною є стратегія X_3 . Відповідно в умовах вищої рентабельності проміжна стратегія X_2 знаходить своє місце для певного діапазону α . Поліпшення фінансових показників змінює структуру матриці виграшів таким чином, що стратегія X_2 перестає бути домінованою і стає оптимальною для гравця із середнім рівнем оптимізму та впевненості в ситуації. Це важливе заключення яке свідчить про те, що рекомендації за критерієм Гурвіца сильно залежать від абсолютних значень виграшів.

При погіршенні умов (дохід становить 45 тис.у.г.о.) результати розрахунків за критерієм Гурвіца при значенні коефіцієнту довіри α в діапазоні від 0,1 до 1 з кроком 0,1 повертаються до вихідної закономірності.

Подальші розрахунки з більшою точністю, відповідно меншим кроком (0,01, 0,001, 0,0001) підтвердили вихідні результати. Стратегія X_2 не є оптимальною а перехід від X_1 до X_3 відбувається не поступово при $\alpha \approx 0,331$. Присутня симетричність впливу, за якою зниження доходу повертає систему фактично до вихідного стану, де проміжна стратегія не є ефективною за жодного значення α .

Залежність вибору оптимальної стратегії за критерієм Гурвіца від коефіцієнта довіри α не завжди є послідовною. Характер даної залежності суттєво залежить від вихідних параметрів задачі, що в свою чергу підкреслює важливість аналізу рівня чутливості рішення до суб'єктивного параметра α та врахування конкретних економічних умов при застосуванні критерія Гурвіца для прийняття управлінських рішень. Обмеженість кри-

терію Гурвіца, впливає з моменту ігнорування цілісного профілю ризику стратегії концентруючись лише на її граничних результатах [4, с. 408].

Висновки. За результатами проведених розрахунків вибору оптимальної стратегії в умовах невизначеності за критерієм Гурвіца встановили, що залежність між рівнем коефіцієнту довіри та оптимальною стратегією має нелінійний характер і за певних умов може проявлятися у вигляді різких змін оптимального рішення. Це може вказувати на структурну нестійкість критерію Гурвіца в умовах, коли деякі проміжні стратегії виявляються неефективними незалежно від рівня довіри особи, що приймає рішення.

Особливого значення набуває вплив умов на результати застосування критерію. Дослідження показало, що зміна умов суттєво впливає на характер залежності між коефіцієнтом довіри та оптимальною стратегією. Поліпшення умов призвело до більш плавного та поступового переходу між стратегіями, тоді як погіршення зберігає різку динаміку зміни рішень.

Для практичного застосування критерію Гурвіца слід проводити попередній аналіз чутливості рішення до зміни коефіцієнта довіри. У разі виявлення різкої залежності є доцільним розглянути можливість застосування альтернативних критеріїв або комбінованого підходу. Важливо також періодично перераховувати оптимальні стратегії при зміні умов в яких приймається рішення.

Отримані результати вказують на доцільність індивідуального підходу до вибору параметрів критерію Гурвіца для кожного конкретного випадку його застосування.

Список літератури:

1. Прокудін Г.С., Хоботня Т.Г., Третиниченко Ю.О., Коп'як Н.В. Застосування змішаних стратегій при управлінні міжнародними вантажними перевезеннями. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Вип. 1 (48). 2021. С. 283–292.
2. 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.
3. Хоботня Т.Г., Мазорчук Т.В., Стеценко І.А. Аналіз залежності результатів дослідження від рівня коефіцієнту довіри при вирішенні задач теорії ігор. *LXXIX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: Тези доповідей. К.: НТУ. 2023. С. 383.
4. Хоботня Т.Г., Мазорчук Т.В., Стеценко І.А. Аналіз залежності результатів дослідження від впливу різних факторів при вирішенні задач теорії ігор з природою. *Ювілейна наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: Тези доповідей. К.: НТУ. 2024. Вип. 80. С. 408.

Khobotnia T.H., Stetsenko I.A., Mazorchuk T.V., Bordiuh D.R. OPTIMAL STRATEGY SELECTION BASED ON THE CONFIDENCE COEFFICIENT IN DECISION-MAKING PROBLEMS IN GAMES AGAINST NATURE

This paper, based on a comprehensive analysis, examines the dependence of the optimal strategy selection according to the Hurwitz criterion on the confidence level coefficient in game theory problems. The mathematical framework for evaluating strategies using the confidence coefficient is considered, which allows for accounting for the individual subjective risk attitude of the decision-maker.

The study presents a detailed methodology of sequential iterative calculations with a progressively decreasing computation step to accurately determine the threshold values of the confidence coefficient. An approach is proposed for analyzing the impact of external economic conditions on the results of optimal strategy selection by considering alternative problem scenarios.

Particular attention is paid to investigating the nature of the relationship between the decision-maker's level of optimism and the chosen strategy. The research describes a procedure for multi-stage sensitivity analysis of the outcome to changes in subjective parameters.

A detailed analysis of possible strategy choices under various conditions is provided. The work contains a complete description of the methodology for the gradual refinement of critical parameters using iterative procedures. A comprehensive approach is proposed for assessing the stability of strategy selection results when the initial problem conditions change. The investigation includes an in-depth analysis of the theoretical aspects of applying the Hurwitz criterion under different levels of uncertainty and variants of nature's behavior. The study provides a detailed description of the procedure for calculating and analyzing strategy performance indicators for different values of the confidence coefficient. The issue of adapting the Hurwitz criterion to conditions of market uncertainty and demand fluctuations is considered.

The work analyzes possibilities for improving the method by combining it with various modifications of changing problem conditions. A concept for a multi-level analysis of the results of applying the Hurwitz criterion in a dynamic environment is developed.

Key words: *decision theory, decision-making under uncertainty, Hurwicz criterion, confidence coefficient, optimal strategy, sensitivity analysis, uncertainty modeling, strategic robustness.*

Дата надходження статті: 25.09.2025

Дата прийняття статті: 15.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025