

УДК 330.322:502:17: 65.011.03

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ В ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКУ НЕВИКОРИСТАНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ

*Д.В. Стефанишин, д-р техн. наук;
Ю.Д. Стефанишина,
(Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України)*

Запропоновано новий метод формування структури інвестиційного портфеля в природокористуванні на основі попарного порівняння альтернатив з урахуванням ризику невикористаних можливостей.

Предлагается новый метод формирования структуры инвестиционного портфеля в природопользовании на основе парного сравнения альтернатив с учетом риска неиспользованных возможностей.

The new method for portfolio structure create in natural resources use on base of pairwise comparison of alternatives with taking account of risks of lost opportunities has been proposed.

Ресурси (фінансові, матеріальні, людські тощо), що спрямовуються на реалізацію інвестиційних програм у природокористуванні, зазвичай обмежені. Обмеження можуть вплинути на хід виконання інвестиційної програми, порушити графіки її виконання. У результаті інвестор може не отримати очікуваного ефекту, що позначиться на його подальших пріоритетах при оцінюванні значимості тих чи інших інвестиційних проектів.

Приймаючи рішення, інвестор має бути свідомим щодо власного вибору і його рішення має бути обґрунтованим. Оскільки інвестиційні проекти в природокористуванні завжди спрямовані на віддалене майбутнє, інвестор вимушено здійснює свій вибір в умовах невизначеності та ризику [1-7]. Відповідно основною задачею інвестора при обґрунтуванні рішення стає мінімізація власного ризику, яку він, зазвичай, намагається вирішувати на основі його диверсифікації шляхом створення так званого інвестиційного портфеля.

Ідея диверсифікації ризику «в портфелі» (а portfolio) не нова [6, 7]. Як відомо, вона спрямована на зниження сукупного портфельного ризику шляхом розподілу наявних активів (ресурсів, інвестицій тощо) між кількома напрямками

діяльності. У більшості випадків виділяються три характерні напрямки диверсифікації портфельного ризику.

Наприклад, коли мова йде про виробничу сферу, інвестор може розподілити наявні ресурси в таких напрямках:

1) забезпечення необхідного рівня надійності й ефективності наявного устаткування, впровадження новітніх ремонтно-профілактичних заходів з метою подовження використання наявних виробничих потужностей, недопущення їх вибуття внаслідок зносу та старіння устаткування, будівель, конструкцій, технологій, модернізація устаткування, реконструкція споруд тощо;

2) добудова раніше розпочатих об'єктів з використанням і розширенням бази застосування апробованих на практиці технологій;

3) реалізація перспективних (інноваційних) проектів, які можуть забезпечити максимальне зростання активів, зазвичай, у віддаленій перспективі.

В інвестиційних проектах, направлених на раціональне, екологічно безпечне природокористування, диверсифікація інвестиційного ризику може бути досягнута розподілом інвестиційного ресурсу в таких трьох напрямках:

1) впровадження природоохоронних заходів, розвиток програм з охорони здоров'я, розширення індивідуального і соціального захисту працівників та населення в умовах існуючих систем природокористування;

2) модернізація устаткування, підвищення екологічної та соціальної безпеки існуючого виробництва;

3) реалізація інноваційних проектів, які в перспективі можуть забезпечити високі рівні екологічної та соціальної безпеки в природокористуванні.

Оскільки при оцінці ситуації за умов невизначеності та ризику носію рішення важко уникнути суб'єктивізму, то сукупний ризик «в портфелі» буде залежати і від ставлення (схильності або несхильності) носія рішення до ризику, пов'язаного з різними напрямками інвестування, з яких випливають різні очікувані результати, і, зокрема, від ставлення до ризику невикористаних можливостей [1-7].

Загалом можна виділити три характерні психологічні типи поведінки інвестора як носія рішення в умовах невизначеності та ризику [1-8]: обережність або ж песимізм, конформізм або ж байдужість до ризику, оптимізм або схильність до ризику. Відповідно можуть визначатися три характерні напрямки портфельного інвестування: 1) збереження, удосконалення і максимальне використання вже досягнутих результатів у певній сфері діяльності; 2) розширення досягнутих результатів у вибраній сфері діяльності або впровадження аналогічних технологій в іншій сфері; 3) інноваційні зміни, тобто впровадження новітніх технологій тощо. Структури інвестиційних портфелів, в яких поєднуються ці три характерні психологічні типи поведінки інвестора на ринку, надалі вважатимемо базовими структурами.

Кожен з цих трьох базових напрямків інвестування, при необхідності, може деталізуватися, розгалужуватися на додаткові напрямки, генеруючи різні альтернативи (загалом – безліч альтернатив) щодо формування структури

інвестиційного портфеля, досліджувати кожну з яких окремо, з метою наступного порівняння, стає практично неможливо.

Розглянемо задачу формування оптимальної базової структури інвестиційного портфеля в природокористуванні з урахуванням ризику невикористаних можливостей на основі мінімізації сукупного ризику, який визначається при попарному порівнянні альтернативних планів щодо розподілу інвестиційного ресурсу. Для вирішення задачі припускається, що серед безлічі можливих альтернатив існує скінченна множина \mathbf{A} ефективних і оптимальних у тому чи іншому сенсі, за тими чи іншими критеріями, правилами чи ознаками [9], альтернатив. Нехай ці альтернативи можуть порівнюватися між собою за ризиком [9, 10] згідно з правилом:

$$d_{opt} = \{a_{i,opt} \mid a_{i,opt} \in \mathbf{A}, \wedge r_{i,opt} = \min(r_{ij}, r_{ji})\} \forall a_i, a_j, i, j = \overline{0, n}, i \neq j, \quad (1)$$

де r_{ij}, r_{ji} – ризики попарного порівняння альтернатив a_i, a_j [11-14].

Нехай скінченна множина оптимальних з тієї чи іншої точки зору альтернатив формується на основі формальних правил, які можуть відображати певну психологічну позицію носія рішення щодо ризику загалом і ризику невикористаних можливостей зокрема (несхильність, байдужість, схильність).

Задача вирішується у два етапи.

На першому етапі з урахуванням трьох напрямків інвестування, психологічної позиції інвестора щодо ризику невикористаних можливостей та вибраної носієм рішення стратегії диверсифікації портфельного ризику генерується скінченна множина альтернатив щодо структури інвестиційного портфеля [13, 15, 16].

На другому етапі здійснюється попарне порівняння відібраних, оптимальних в тому чи іншому сенсі, з урахуванням тієї чи іншої психологічної позиції, альтернатив, серед яких далі вже вибирається найкраща за критерієм мінімального ризику (1).

Нехай p_k, s_k – невід’ємні значення деяких числових характеристик, що описують програшні p та виграшні s ефекти на відповідних трьох напрямках інвестування, $k = \overline{1,3}$.

Введемо множину змінних $X = \{x_k\}$, $k = \overline{1,3}$, що характеризують активність (частки) інвестора на k -х напрямках інвестиційної діяльності, упорядкованих за зростанням програшного ефекту p , де $x_k \geq 0$, $x_k = \frac{c_k}{c}$, $\sum_{k=1}^3 x_k = 1$, $\sum_{k=1}^3 c_k = c$ – інвестиційний ресурс. Розподіляючи інвестиційний ресурс $\frac{c}{c}$ між відповідними напрямками діяльності x_k , $k = \overline{1,3}$, упорядкованими за зростанням програшного ефекту p , будемо формувати портфелі вартістю c з $k = \overline{1,3}$ активів на множині $X = \{x_k\}$, з відповідними частками x_k , $k = \overline{1,3}$.

Задамо три сценарії поведінки інвестора як носія рішення при формуванні базової структури інвестиційного портфеля:

1) *песимістичний* – носій рішення-песиміст- не виявляє схильності до ризику;

нехай за цим сценарієм інвестор буде намагатися збільшувати частку x_1 в кожному портфелі, орієнтуючись на обмеження виду $x_1 \geq 1/3$;

2) *нейтральний* – нехай носій рішення (інвестор), діючи за цим сценарієм, надаватиме перевагу частці x_2 ($x_2 \geq 1/3$);

3) *оптимістичний* – схильність до ризику; нехай за цим сценарієм носій рішення діятиме, орієнтуючись на обмеження виду $x_3 \geq 1/3$.

Пропонуються наступні оцінки сукупного ризику $r(x_k)$, $k = \overline{1,3}$, для портфелів виду $(x_1, x_2, x_3)_{(1)}$, сформованих за сценарієм 1, в залежності від очікуваного програшу інвестора з урахуванням ризику невикористаних можливостей:

$$r_1(x_1, x_2, x_3)_{(1)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_1(x_2 + x_3) + s_2x_1, \quad (2)$$

$$r_2(x_1, x_2, x_3)_{(1)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_1x_2 + s_2(x_1 + x_3), \quad (3)$$

$$r_3(x_1, x_2, x_3)_{(1)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_1(x_2 + x_3) + s_3x_1, \quad (4)$$

$$r_4(x_1, x_2, x_3)_{(1)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_1x_2 + s_2x_3 + s_3x_1; \quad (5)$$

за сценарієм 2:

$$r_5(x_1, x_2, x_3)_{(2)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_2(x_1 + x_3) + s_3x_2, \quad (6)$$

$$r_6(x_1, x_2, x_3)_{(2)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_2(x_1 + x_3) + s_1x_2; \quad (7)$$

за сценарієм 3:

$$r_7(x_1, x_2, x_3)_{(3)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_3(x_1 + x_2) + s_2x_3, \quad (8)$$

$$r_8(x_1, x_2, x_3)_{(3)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_2(x_1 + x_3) + s_3x_2, \quad (9)$$

$$r_9(x_1, x_2, x_3)_{(3)} = p(x_1, x_2, x_3) + s_2x_1 + s_3x_2 + s_1x_3. \quad (10)$$

Тут в усіх випадках (2)÷(10): $p(x_1, x_2, x_3) = p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3$ – власні ризики портфелів. Інші складові повних ризиків портфелів представляють собою ризики невикористаних можливостей, що визначаються виграшними ефектами на альтернативних частках.

Окрім того, при реалізації кожного зі сценаріїв (1, 2, 3) носій рішення може застосувати одну з трьох стратегій формування структури інвестиційного портфеля, збільшуючи ту чи іншу частку x_k за рахунок інших складових:

1) рівномірно зменшуючи частки альтернатив;

2) максимально зберігаючи частку менш ризикованої з відкинутих альтернатив;

3) максимально зберігаючи частку більш ризикованої з відкинутих альтернатив.

У випадку трьох, визначених нами як базові, напрямків інвестування, і, відповідно, при трьох сценаріях поведінки носія рішення і трьох стратегіях формування структури портфеля можна отримати 27 оптимальних у певному сенсі

інвестиційних портфельів, кожен з яких відобразатиме певну позицію інвестора щодо ризиків невикористаних можливостей та певний сценарій формування портфеля з урахуванням різних співвідношень між окремими складовими ризиків невикористаних можливостей.

Для апробації методу проводилися модельні експерименти щодо формування оптимальної базової структури інвестиційного портфеля при різних значеннях характеристик, що описують очікувані виграшні ефекти на трьох напрямках інвестування. Дані для чисельних розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення очікуваних програшних та виграшних ефектів, прийняті при модельних експериментах щодо формування структури інвестиційного портфеля $\{x_k\}$, $k = \overline{1,3}$

Програшні ефекти p_k часток x_k	Виграшні ефекти s_k часток x_k				
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
0,05	0,07	0,065	0,06	0,08	0,1
0,1	0,13	0,125	0,13	0,13	0,15
0,2	0,25	0,23	0,3	0,25	0,22

Розглядалися п'ять модельних варіантів, для кожного з яких з метою формування ефективних інвестиційних портфельів виграшні ефекти приймалися більшими за програшні ефекти часток: $s_k > p_k$, $k = \overline{1,3}$.

У результаті чисельного моделювання згідно з вибраними варіантами (див. табл. 1) при 27 різних способах формування базової структури портфеля й відповідних чисельних значеннях виграшних ефектів часток були отримані оптимальні (за критерієм мінімального ризику, $r(x_k) \rightarrow \min$) структури. Деякі з цих оптимальних структур для кожного варіанта даних повторювалися при різних способах формування портфеля.

На рис. 1 наведені ілюстративні приклади чисельного моделювання й вибору оптимальної базової структури інвестиційного портфеля в залежності від способу його формування згідно з даними для варіанта 1 (див. табл. 1).

А). При $r(x_k) = r_4(x_1, x_2, x_3)_{(1)}$ (5). При формуванні портфеля використовувалася стратегія 2 з максимальним збереженням частки менш ризикованої з відкинутих альтернатив.

x_1	...	0,58333	0,60833	0,63333	0,65833	0,68333	0,70833	...
x_2	...	0,33333	0,33333	0,33333	0,33333	0,31667	0,29167	...
x_3	...	0,08333	0,05833	0,03333	0,00833	0	0	...
$r_4(x_1, x_2, x_3)_{(1)}$	...	0,25917	0,25842	0,25767	0,25692	0,25883	0,26208	...

Б). При $r(x_k) = r_8(x_1, x_2, x_3)_{(3)}$ (9). При формуванні портфеля використовувалася стратегія 1 з рівномірним зменшенням часток альтернатив.

x_1	...	0,33333	0,33333	0,33333	0,31667	0,26667	0,21667	...
x_2	...	0,13333	0,08333	0,03333	0	0	0	...
x_3	...	0,53333	0,58333	0,63333	0,68333	0,73333	0,78333	...
$r_8(x_1, x_2, x_3)_{(3)}$	...	0,28267	0,28167	0,28067	0,2825	0,29	0,2975	...

Рис. 1. Приклади чисельного моделювання й вибору оптимальної базової структури інвестиційного портфеля згідно з даними для варіанта 1 за критерієм $r(x_k) \rightarrow \min$

Результати чисельного моделювання й вибору альтернативних структур оптимальних портфелів a_i (альтернатив) в залежності від різних (всього 27) способів їх формування зведені в табл. 2÷6.

Таблиця 2

Оптимальні структури інвестиційного портфеля при різних способах його формування (виграшні ефекти приймалися згідно з варіантом 1)

Параметр и портфеля	Портфелі (альтернативи)						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	1	0,683333	0,658333	0	0,333333	0,33333 3	0,33333 3
x_2	0	0,316667	0,333333	1	0,333333	0,03333 3	0,00833 3
x_3	0	0	0,008333	0	0,333333	0,63333 3	0,65833 3
l_i	0,05	0,065833	0,067917	0,1	0,116667	0,14666 7	0,14916 7
g_i	0,07	0,089	0,0915	0,13	0,15	0,186	0,189

Таблиця 3

Оптимальні структури інвестиційного портфеля при різних способах його формування (виграшні ефекти приймалися згідно з варіантом 2)

Параметри портфеля	Портфелі (альтернативи)						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	1	0,683333	0,658333	0	0,333333	0,333333	0,333333
x_2	0	0,316667	0,333333	1	0,333333	0,033333	0,008333
x_3	0	0	0,008333	0	0,333333	0,633333	0,658333
l_i	0,05	0,065833	0,067917	0,1	0,116667	0,146667	0,149167
g_i	0,065	0,084	0,086375	0,125	0,14	0,1715	0,174125

Таблиця 4

Оптимальні структури інвестиційного портфеля при різних способах його формування (виграшні ефекти приймалися згідно з варіантом 3)

Параметри портфеля	Портфелі (альтернативи)						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	1	0,683333	0	0,333333	0,333333	0,333333	0
x_2	0	0,316667	1	0,333333	0,033333	0,008333	0
x_3	0	0	0	0,333333	0,633333	0,658333	1
l_i	0,05	0,065833	0,1	0,116667	0,146667	0,149167	0,2
g_i	0,06	0,082167	0,13	0,163333	0,214333	0,218583	0,3

Вибрані таким чином альтернативи, що далі мали попарно порівнюватися з метою вибору серед них найкращої, упорядковувалися за зростанням очікуваного сумарного, з урахуванням трьох часток, програшу (власного, системного ризику) портфеля:

$$l_i = \sum_{k=1}^3 p_k \cdot x_{ik} \cdot \quad (11)$$

Очікувані сумарні виграші g_i кожного з відібраних оптимальних портфелів a_i відповідно визначалися:

$$g_i = \sum_{k=1}^3 s_k \cdot x_{ik} \cdot \quad (12)$$

У формулах (11), (12) маємо: x_{ik} – k -і частки, $k = \overline{1,3}$, у структурі i -х оптимальних портфелів (альтернатив), що були відібрані при різних способах формування інвестиційного портфеля; p_k , s_k – програшні та виграшні ефекти на відповідних k -х напрямках інвестування.

Таблиця 5

Оптимальні структури інвестиційного портфеля при різних способах його формування (виграшні ефекти приймалися згідно з варіантом 4)

Параметри портфеля	Портфелі (альтернативи)						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
x_1	1	0,683333	0,658333	0	0,333333	0,333333	0,333333
x_2	0	0,316667	0,333333	1	0,333333	0,033333	0,008333
x_3	0	0	0,008333	0	0,333333	0,633333	0,658333
l_i	0,05	0,065833	0,067917	0,1	0,116667	0,146667	0,149167
g_i	0,08	0,095833	0,098083	0,13	0,153333	0,189333	0,192333

Оптимальні структури інвестиційного портфеля при різних способах його формування (виграшні ефекти приймалися згідно з варіантом 5)

Параметри портфеля	Портфелі (альтернативи)							
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
x_1	1	0,68333	0,658333	0,63333	0,33333	0	0,333333	0,33333
x_2	0	0,31667	0,333333	0,33333	0,63333	1	0,333333	0,00833
x_3	0	0	0,008333	0,03333	0,03333	0	0,333333	0,65833
l_i	0,05	0,06583	0,067917	0,07167	0,08667	0,1	0,116667	0,14917
g_i	0,1	0,11583	0,117667	0,12067	0,13567	0,15	0,156667	0,17942

На другому етапі вирішення поставленої задачі здійснювалося попарне порівняння відібраних, оптимальних в залежності від способу формування, альтернативних структур інвестиційного портфеля за повним (сукупним) ризиком, що оцінювався з урахуванням власного ризику портфеля і ризику невикористаних можливостей.

Якщо l_i, g_i та l_j, g_j – числові характеристики, що узагальнюють програшні l та виграшні g ефекти відібраних альтернатив $a_i, a_j, i \neq j$, відповідно, то повний (сукупний) ризик альтернативи a_i в порівнянні з a_j буде [11-14]:

$$r_{ij} = l_i + g_j, \quad (13)$$

де g_j являє собою ризик невикористаних можливостей альтернативи a_i при існуванні a_j .

Сукупний ризик альтернативи a_j при її порівнянні з a_i у свою чергу буде:

$$r_{ji} = l_j + g_i. \quad (14)$$

Згідно з правилом (1) альтернатива a_i вважається кращою в порівнянні з a_j , якщо:

$$r_{ij} < r_{ji}. \quad (15)$$

Таблиці рішень для вибору найкращих альтернатив серед відібраних у результаті чисельного моделювання при заданих варіантах даних (табл. 1) співвідношення між програшними p_k та виграшними s_k ефектами на k -х напрямках інвестування оптимальних інвестиційних портфелів з різними частками $x_k, k = \overline{1,3}$, сформованих різними способами, наводяться на рис. 2÷6.

a_i / a_j	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0,139	0,1415	0,18	0,2	0,236	0,239
a_2	0,13583		0,15733	0,19583	0,21583	0,25183	0,25483
a_3	0,13792	0,15692		0,19792	0,21792	0,25392	0,25692
a_4	0,17	0,189	0,1915		0,25	0,286	0,289
a_5	0,18667	0,20567	0,20817	0,24667		0,30267	0,30567
a_6	0,21667	0,23567	0,23817	0,27667	0,29667		0,33567
a_7	0,21917	0,23817	0,24067	0,27917	0,29917	0,33517	

Рис. 2. Таблиця рішень при порівнянні альтернативних інвестиційних портфельів для варіанта 1 (дані по альтернативам див. у табл. 2)

a_i / a_j	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0,134	0,13638	0,175	0,19	0,2215	0,22413
a_2	0,13083		0,15221	0,19083	0,20583	0,23733	0,23996
a_3	0,13292	0,15192		0,19292	0,20792	0,23942	0,24204
a_4	0,165	0,184	0,18638		0,24	0,2715	0,27413
a_5	0,18167	0,20067	0,20304	0,24167		0,28817	0,29079
a_6	0,21167	0,23067	0,23304	0,27167	0,28667		0,32079
a_7	0,21417	0,23317	0,23554	0,27417	0,28917	0,32067	

Рис. 3. Таблиця рішень при порівнянні альтернативних інвестиційних портфельів для варіанта 2 (дані по альтернативам див. у табл. 3)

a_i / a_j	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0,13217	0,18	0,21333	0,26433	0,26858	0,35
a_2	0,12583		0,19583	0,22917	0,28017	0,28442	0,36583
a_3	0,16	0,18217		0,26333	0,31433	0,31858	0,4
a_4	0,17667	0,19883	0,24667		0,331	0,33525	0,41667
a_5	0,20667	0,22883	0,27667	0,31		0,36525	0,44667
a_6	0,20917	0,23133	0,27917	0,3125	0,3635		0,44917
a_7	0,26	0,282167	0,33	0,36333	0,41433	0,41858	

Рис. 4. Таблиця рішень при порівнянні альтернативних інвестиційних портфельів для варіанта 3 (дані по альтернативам див. у табл. 4)

a_i / a_j	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0,14583	0,14808	0,18	0,20333	0,23933	0,24233
a_2	0,14583		0,16392	0,19583	0,21917	0,25517	0,25817
a_3	0,14792	0,16375		0,19792	0,22125	0,25725	0,26025
a_4	0,18	0,19583	0,19808		0,25333	0,28933	0,29233
a_5	0,19667	0,2125	0,21475	0,24667		0,306	0,309
a_6	0,22667	0,2425	0,24475	0,27667	0,3		0,339
a_7	0,22917	0,245	0,24725	0,27917	0,3025	0,3385	

Рис. 5. Таблиця рішень при порівнянні альтернативних інвестиційних портфельів для варіанта 4 (дані по альтернативам див. у табл. 5)

a_i / a_j	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
a_1		0,16583	0,1676 7	0,1706 7	0,1856 7	0,2	0,2066 7	0,2294 2
a_2	0,165 8		0,1835	0,1865	0,2015	0,2158 3	0,2225	0,2452 5
a_3	0,167 9	0,18375		0,1885 8	0,2035 8	0,2179 2	0,2245 8	0,2473 3
a_4	0,171 7	0,1875	0,1893 3		0,2073 3	0,2216 7	0,2283 3	0,2510 8
a_5	0,186 7	0,2025	0,2043 3	0,2073 3		0,2366 7	0,2433 3	0,2660 8
a_6	0,2	0,21583	0,2176 7	0,2206 7	0,2356 7		0,2566 7	0,2794 2
a_7	0,216 7	0,2325	0,2343 3	0,2373 3	0,2523 3	0,2666 7		0,2960 8
a_8	0,249 2	0,265	0,2668 3	0,2698 3	0,2848 3	0,2991 7	0,3058 3	

Рис. 6. Таблиця рішень при порівнянні альтернативних інвестиційних портфельів для варіанта 5 (дані по альтернативам див. у табл. 6)

У результаті проведених модельних досліджень згідно з даними, наведеними в табл. 1, було встановлено:

кращою альтернативою для варіанта 1 співвідношення між програшними та виграшними ефектами буде a_7 – портфель з частками $x_1 = 0,33333$; $x_2 = 0,00833$; $x_3 = 0,65833$;

те ж саме для варіанта 2 буде a_4 – портфель з частками $x_1 = 0$; $x_2 = 1$; $x_3 = 0$;

те ж саме для варіанта 3 буде a_7 – портфель з частками $x_1 = 0$; $x_2 = 0$; $x_3 = 1$;

те ж саме для варіанта 4 буде a_7 – портфель з частками $x_1 = 0,333333$; $x_2 = 0,008333$; $x_3 = 0,658333$;

те ж саме для варіанта 5 співвідношення між програшними та виграшними ефектами буде a_2 – портфель з частками $x_1 = 0,683333$; $x_2 = 0,316667$; $x_3 = 0$.

Можна показати, що при різних комбінаціях вхідних даних та при різних способах формування базової структури (x_1, x_2, x_3) ефективного інвестиційного портфеля, $s_k > p_k$, $k = \overline{1,3}$, з урахуванням ризиків невикористаних можливостей, серед базових структур, що характеризуються трьома напрямками інвестування, можна виділити 16 характерних альтернативних портфельів (альтернатив), а саме: (1; 0; 0), (0,683333; 0,316667; 0), (0,658333; 0,333333; 0,008333), (0,633333; 0,333333; 0,033333), (0,333333; 0,633333; 0,033333), (0,333333; 0,658333; 0,008333), (0,316667; 0,683333; 0), (0; 1; 0), (0,333333; 0,333333; 0,333333), (0,333333; 0,033333; 0,633333), (0,333333; 0,008333; 0,658333), (0,316667; 0; 0,683333), (0,033333; 0,333333; 0,633333), (0,008333; 0,333333; 0,658333), (0; 0,316667; 0,683333), (0; 0; 1).

Метод може використовуватися при прийнятті рішень щодо інвестиційних програм у природокористуванні, які направлені на реалізацію концепції сталого розвитку, при одночасному вирішенні економічних, екологічних і соціальних задач.

* * *

1. Rowe W. An anatomy of risk// W. J. Wiley. 1997. – 488 p.
2. Ястремський О.І. Основи теорії економічного ризику. – К.: Вид-во АртЕк, 1997. – 248 с.
3. Бернштейн П. Против богов: Укрощение риска / Пер. с англ. – М.: Вид-во ЗАО «Олимп-Бизнес», 2000. – 400 с.
4. Сяваско М.С., Рибицька О.М. Математичне моделювання за умов невизначеності. – Львів: Вид-во НВФ «Українські технології», 2000. – 319с.
5. Мирцхулава Ц.Е. Опасности и риски на некоторых водных и других системах. Виды, анализ, оценка. В 2-х книгах. – Тбилиси: Вид-во «Мецниереба» («Наука»), 2003. – 538 с.
6. Вітлінський В.В., Верченко П.І., Сігал А.В., Наконечний Я.С. Економічний ризик: ігрові моделі. – К.: Вид-во КНЕУ, 2002. – 446 с.
7. Мороз О.В., Матвійчук А.В. Оптимальне управління економічними системами в умовах невизначеності та ризику. – Вінниця: Вид-во УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 177с.
8. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. Пер. с польск. Г.Е. Минца, В.Н. Поруса/ Под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Изд-во Прогресс, 1979. –504 с.
9. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Наука, 1981. –560 с.
10. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений/ Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. –206 с.
11. Стефанишин Д.В., Стефанишина Ю.Д. Адитивна модель сукупного ризику у

природокористуванні// Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. Вип. 1(41). – Рівне: Вид-во НУВГП. 2008. С.72-77.

12. *Стефанишин Д.В., Стефанишина Ю.Д., Кубай М.В.* Метод порівняння варіантів рішень в природокористуванні з врахуванням ризиків невикористаних можливостей// Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки: зб. наук. праць/ Кам'янець-Подільський національний університет, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАНУ. – Кам'янець-Подільський, 2008. Вип. 1. – С. 174-181.

13. *Стефанишин Д.В.* Вибрані задачі оцінки ризику та прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності. – К.: Вид-во Азимут-Україна, 2009. –104 с.

14. *Stefanyshyn D.V., Stefanyshyna Yu.D.* A method of decision making at risk in natural resources use by pairwise comparison of alternatives with taking account of risks of lost opportunities// Proc. of Int. Scientific School "Modelling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems". July 7-11, 2009. Saint-Petersburg, Russia. P.P. 435-439.

15. *Стефанишин Д.В., Стефанишина Ю.Д., Кубай М.В.* Про формування портфеля з врахуванням ризику невикористаних можливостей// Інформаційні технології та моделювання в економіці. Зб. наук. праць Першої Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: Брама-Україна, 2009. С.217-218.

16. *Стефанишина Ю.Д., Стефанишин Д.В.* Про оптимальну структуру інвестиційної програми екологізації природокористування з врахуванням ризику невикористаних можливостей// Збірка тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (13-17 травня 2008 р. м. Київ)/ Укладач Д.Е.Бенатов. –К.: НТУУ «КПІ», 2009. С.244-245.

Отримано: 25.10.2011 р.