

О. М. РЕВА, д-р техн. наук, проф.
В. В. КАМИШИН, д-р пед. наук, с. н. с.
С. П. БОРСУК, д-р техн. наук, доц.
С. В. ЯРОЦЬКИЙ, нач. відділу
Л. А. САГАНОВСЬКА, с. викладач

ЕНТРОПІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОЗРІЗНЕНОСТІ ФАХІВЦЯМИ ЗНАЧУЩОСТІ РИС ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЕКСПЕРТИЗИ

Резюме. Системи переваг учасників експертизи – важливий показник впливу людського чинника на прийняття рішень. Їх прикладний аспект полягає в застосуванні для розв'язання багатокритеріальних задач інтегральної оцінки інвестиційної привабливості об'єктів експертизи / проєктів, а також встановлення “компромісів” у вимогах до ступеня виразності рис інвестиційної привабливості, властивих кожному об'єкту / проєкту. Система ж переваг – упорядкований ряд зазначених рис ($n = 18$): від більш значущих (вагомих, привабливих тощо) до менш значущих.

Реалізація багатокрокової технології та алгоритму виявлення і відкидання маргінальних думок, усунення “систематичної похибки того, хто вижив” дала змогу виокремити з вихідної вибірки експертів, чисельністю $m = 90$ осіб, чотири підгрупи ($m_C = 30$ осіб, $m_H = 12$ осіб, $m_M = 11$ осіб, $m_T = 6$ осіб), у яких внутрішньо групова узгодженість думок щодо значущості рис інвестиційної привабливості задовольняє спектру системно-інформаційних критеріїв на незвичайно високому для досліджень людського чинника рівні значущості $\alpha = 1\%$. Обґрунтовано, що базовою варто вважати групову систему переваг членів підгрупи m_C . Думки експертів-маргіналів утворюють підгрупу, чисельністю $m_U = 31$ особа.

Ступінь розрізненості експертами значущості рис інвестиційної привабливості в процесі їх упорядкування визначається кількістю “пов'язаних” рангів і враховується під час визначення дисперсійного коефіцієнта конкордації (згоди) Кендалла. Запропоновано з тією ж метою застосувати й ентропію розрізненості рис. Для кожного з m випробуваних визначено показники нормованої ентропії, які узагальнені як у групі m , так і у підгрупах m_C , m_H , m_M , m_T , m_U . Застосовуючи критерій Стюдента встановлено статистично вірогідний ($\alpha = 1\%$) збіг усереднених показників ентропії. Тому важливими є критерії їх рознесення на підгрупи-кластери, згідно зі застосованою технологією виявлення, а також відсіювання маргінальних думок та усунення “систематичної похибки того, хто вижив”.

Встановлено парадоксальність гіпотези досліджень, оскільки логічно припустити, що чим більш компетентний експерт, тим суворіше він буде упорядковувати досліджувані риси інвестиційної привабливості, а отже, тим менша ентропія рангів тоді має спостерігатися в його системі переваг. З іншого ж боку, той самий високий рівень компетентності експерта може привести до свідомої його обережності в упорядкуванні досліджуваних рис, а отже, до застосування більшої кількості “пов'язаних (міддл)” рангів, що сприятиме збільшенню їх ентропії.

Для підгрупи m_C , визнаної базовою, встановлено, що більша ентропія властива більш значущій рисі інвестиційної привабливості об'єктів експертизи. Відомий підхід до визначення ентропійних коефіцієнтів конкордації не виявився ефективним в умовах наших досліджень і потребує подальшого розвитку.

Ключові слова: індивідуальні та групові системи переваг, значущість характерних рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи, нормовані вагові коефіцієнти, матриця рішень, класичні критерії прийняття рішень.

ВСТУП

Сучасні політичні реалії вказують, що провідні демократичні держави та різні компанії готові взяти активну участь у розбудові післявоєнної України [1]. Однак залучення прямих іноземних інвестицій (ПІІ) у розвиток економіки та інфраструктури нашої держави безпосередньо залежить від ступеня привабливості потенційних інвестиційних об'єктів (ІО) / проєктів (ІП).

Наведене, безумовно, потребує, з одного боку, застосування сучасних системно-інформаційних експертних технологій задля всебічно-

го і об'єктивного дослідження зазначених ІО / ІП, а отже, надання потенційному інвестору необхідної інформації для свідомого і ґрунтовного вибору більш привабливого з них.

Однак сучасніші експертні технології можуть виявитися малоефективними, якщо їх застосовують недостатньо кваліфіковані (компетентні) у певному напрямі експертизи фахівці. Тому розвиток і вдосконалення методології дослідження експертної діяльності, зокрема під час встановлення ступеня інвестиційної привабливості (СІП) відповідних ІО / ІП, є не менш актуальною науково-

практичною задачею, аніж удосконалення самих технологій оцінювання цих ІО / ІП. Адже висококваліфікований фахівець може провести ефективне дослідження об'єкта експертизи (ОЕ), застосовуючи навіть не найбільш досконалі рекомендовані технології.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ.

На сьогодні відомий і широко застосовується представницький спектр методів встановлення компетентності експертів та узгодженості їх думок [2–8 та ін.]. З-поміж них більш цікавими, на нашу думку, є такі, що орієнтуються на показники предметної діяльності. Причому експертний процес розглядають як розв'язання багатокритеріальної задачі прийняття рішень (ПР) [3; 5; 9–11 та ін.].

До перспективних експертних технологій варто зарахувати ентропійні методи, зокрема встановлення ентропійного коефіцієнта конкордації (ЕКК) [12–14 та ін.], які на сьогодні ще не знайшли широкого розповсюдження.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розвиваючи експертні технології встановлення СІП ОЕ, було сформульовано перелік з $n = 18$ характерних рис інвестиційної привабливості (РІП) (табл. 1) [15], що дозволяє достатньо повно і всебічно характеризувати ці об'єкти.

Таблиця 1

Перелік характерних рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи

РІП _i	Характер риси інвестиційної привабливості об'єкта експертизи
1	2
РІП ₁	Співвласники бізнесу
РІП ₂	Перспективність об'єкта експертизи
РІП ₃	Ризики
РІП ₄	План повернення коштів інвестору
РІП ₅	Соціально-економічний ефект
РІП ₆	Інвестиційний план
РІП ₇	Вартість пропозиції
РІП ₈	Ринок споживачів
РІП ₉	Стадія впровадження
РІП ₁₀	Термін окупності
РІП ₁₁	Правова захищеність
РІП ₁₂	Конкурентне середовище
РІП ₁₃	Менеджмент, персонал
РІП ₁₄	Маркетинг
РІП ₁₅	Гарантії повернення коштів інвестору
РІП ₁₆	Життєвий цикл
РІП ₁₇	Договірні взаємовідносини
РІП ₁₈	Чистий прибуток

До досліджень було залучено $m = 90$ досвідчених фахівців, які постійно беруть участь у проведенні різних експертиз у ДНУ УкрІНТЕІ. Застосовуючи запропоновану авторами методику, зазначені випробувані побудували індивідуальні системи переваг (СП) на множині досліджуваних характерних РІП (графи 1–19 табл. 2). Під СП розумітимемо упорядкований ряд характерних РІП (ХРІП): від більш значущих, вагомих, привабливих тощо до менш значущих. Зауважимо, що СП є складником впливу людського чинника (ЛЧ) на ПР людиною в будь-якій гуманістичній, за визначенням Л. Заде [16; 17], системі [18].

Статистично вірогідні й узгоджені групові СП (ГСП) є основою розв'язання багатокритеріальних задач ПР (ЗПР), зокрема зі встановлення, з урахуванням ступеня виразності (СВ) РІП, інтегративної оцінки СІП ОЕ, якій і лише якій притаманна система властивість емерджентності, а також визначення “компромісів” у вимогах до СВ РІП [19–21 та ін.].

Реалізовано багатокрокову технологію виявлення та відсіювання маргінальних думок та усунення “систематичної похибки того, хто вижив” [22]. Це дозволило виокремити з вихідної вибірки $m = 90$ фахівців чотири підгрупи, чисельністю $m_C = 30$, $m_H = 12$, $m_M = 11$ та $m_T = 6$ осіб, у яких внутрішньо групова узгодженість думок (ГУД) задовольняє спектру введених системно-інформаційних критеріїв (СІК) узгодженості [18; 23; 24], причому на незвичайно високому для досліджень ЛЧ рівні значущості $\alpha = 1\%$.

Обґрунтовано, що базовими щодо ставлення до значущості досліджуваних ХРІП варто вважати думки, а отже, і ГСП членів підгрупи m_C .

Індивідуальні СП (ІСП) експертів-“маргіналів” було поєднано в підгрупу, чисельністю $m_U = 31$ осіб.

Оглядаючи актуальний спектр експертних технологій, вкажемо, що не вирішеним залишається питання щодо визначення ступеня розрізнення випробуваними значущості ХРІП ОЕ. Хоча відомі показники наявності в ІСП та ГСП “пов'язаних (міддл)” рангів, що успішно застосовуються для встановлення дисперсійного коефіцієнта конкордації (ДКК) Кендалла.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Таким чином, вважаємо доцільним розширення спектра методів встановлення розрізненості впорядковуваних об'єктів, альтернатив, показників (у нашому випадку — РІП) тощо, шляхом адаптації та застосування ще й ентропійних методів [12–14; 25–31 та ін.].

Це й є **метою** пропонованої публікації. Причому варто мати на увазі невизначеність парадоксальної вихідної гіпотези досліджень, адже можна припустити, що чим більш компетентний експерт, тим суворіше він буде упорядковувати досліджувані

Таблиця 2

Матриця індивідуальних систем переваг фахівців на множині характерних рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи (фрагмент)

E _i	Ранг j-ї риси інвестиційної привабливості об'єкта експертизи в індивідуальній системі переваг j-го випробуваного, r _{ij}																		H _{Ej}
	РІП ₁	РІП ₂	РІП ₃	РІП ₄	РІП ₅	РІП ₆	РІП ₇	РІП ₈	РІП ₉	РІП ₁₀	РІП ₁₁	РІП ₁₂	РІП ₁₃	РІП ₁₄	РІП ₁₅	РІП ₁₆	РІП ₁₇	РІП ₁₈	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E ₁	1	6	4	5	7	11	16,5	13	15	14	12	16,5	10	9	2,5	18	2,5	8	0,1281
E ₂	2	17	4	2	2	14	9	11	14	14	12	18	10	8	5,5	16	5,5	7	0,1484
E ₃	4	10	15	18	14	3	13	5,5	1,5	1,5	10	16	10	5,5	7	12	8	17	0,1403
E ₄	6	10	4,5	2	1	7	8	11	18	16	12	15	13	14	3	17	4,5	9	0,1239
E ₅	7	15	5	2	4	12	13	9	14	10,5	8	16,5	10,5	16,5	1	18	3	6	0,1281
E ₆	7	9	5	5	5	10	11	8	16,5	13	14	16,5	18	15	2	12	1	3	0,1361
E ₇	7,5	10	2,5	2,5	2,5	10	7,5	10	18	17	16	13	15	14	2,5	12	5	6	0,1606
E ₈	8	11,5	5	2,5	2,5	16	11,5	9,5	17	13	9,5	18	15	14	6,5	6,5	2,5	2,5	0,1568
E ₉	9	9	5	2	2	18	9	13	16	11,5	11,5	14	7	17	5	15	4	6	0,1484
E ₁₀	9	10	5	6	4	18	17	13	13	11	8	15	16	13	1	7	3	2	0,1319
E ₁₁	10	7	12,5	8,5	6	18	15	11	8,5	16,5	14	16,5	2	5	1	12,5	3	4	0,1323
E ₁₂	10	8	3	4	2	18	16,5	16,5	13	13	6	13	15	11	1	9	7	5	0,1361
E ₁₃	10	8	4	3	2	18	16,5	16,5	13	13	6	13	15	11	1	9	7	5	0,1361
E ₁₄	10	8	5	5	5	11,5	11,5	9	17	16	15	18	7	13	1	14	3	2	0,1361
E ₁₅	10	8	7	4	5	14	17	12	11	9	6	15	18	13	3	16	2	1	0,1197
E ₁₆	10	9	1	6,5	12,5	12,5	6,5	6,5	12,5	15	3	16	6,5	18	4	2	12,5	17	0,1687
E ₁₇	10,5	4	5	3	2	15	7	13	9	16	12	10,5	6	17	18	14	8	1	0,1239
E ₁₈	10,5	7,5	3,5	2	1	10,5	12	7,5	14,5	17	17	14,5	6	5	17	3,5	9	13	0,1487
E ₁₉	10,5	7,5	3,5	2	1	10,5	12	7,5	15	17	17	13	14	6	5	17	3,5	9	0,1445
E ₂₀	11	7,5	4	4	4	12	15,5	13	10	17	14	18	15,5	6	1	9	2	7,5	0,1403
E ₂₁	11	7	6	5	8	9	10	4	18	16	17	12	15	14	1	13	2	3	0,1197
E ₂₂	11,5	7,5	6	5	1,5	17	16	14	18	13	7,5	9,5	9,5	11,5	3	15	1,5	4	0,1365
E ₂₃	12	11	6,5	2	3	17	9,5	6,5	18	15	14	13	4	6,5	1	16	6,5	9,5	0,1484
E ₂₄	12	13	2	2	2	17	16	18	14	9	8	15	11	7	5	10	4	6	0,1319
E ₂₅	12	4	6	6	6	13	10	2	16	10	10	16	18	16	1	14	3	8	0,1564
E ₂₆	12	7	4	4	4	18	9	11	17	9	9	16	13,5	13,5	1	15	2	6	0,1484
E ₂₇	12	11	6,5	2	3	17	9,5	6,5	18	15	14	13	4	6,5	1	16	6,5	9,5	0,1484
E ₂₈	12	13	2	2	2	17	16	18	14	9	8	15	11	7	5	10	4	6	0,1319
E ₂₉	12	7	4	4	4	18	9	11	17	9	9	16	13,5	13,5	1	15	2	6	0,1484
E ₃₀	12	10	6	4	5	13	11	9	17	8	7	16	18	15	1	14	2	3	0,1197
E ₃₁	12,5	6	9,5	3	2	15	7	5	17	12,5	9,5	16	11	14	1	18	4	8	0,1281
E ₃₂	13	9	2,5	2,5	2,5	18	16	17	15	11	10	7	8	12	2,5	14	5	6	0,1442
E ₈₈	18	12	5	1	2	14	11	9	17	13	15,5	15,5	10	7	8	6	4	3	0,1239
E ₈₉	18	16,5	16,5	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	4,5	4,5	3	2	1	0,1281
E ₉₀	18	9,5	4	5,5	2	17	11,5	14	7	15	13	16	8	11,5	1	9,5	5,5	3	0,1323
Н _{рп,і}	0,1348	0,1304	0,1343	0,1640	0,1585	0,1312	0,1128	0,1182	0,1333	0,1278	0,1240	0,1387	0,1223	0,1144	0,2410	0,1265	0,1499	0,1300	

РІП, а отже, тим менша ентропія рангів тоді має спостерігатися в його ІСП.

З іншого ж боку, той самий високий рівень компетентності експерта може привести до свідомої його обережності в упорядкуванні ХРІП ОЕ, а отже, до застосування більшої кількості «пов'язаних (міддл)» рангів, що автоматично сприятиме збільшенню їх ентропії.

ВСТАНОВЛЕННЯ ЕНТРОПІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОЗРІЗНЕНОСТІ ЗНАЧУЩОСТІ РИС ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ

Відповідно до методології теорії інформації [12; 13; 25–31 та ін.] і даних **табл. 2**, встановимо ентропійний показник розрізненості рангів в ІСП експертів, подавши відому формулу ентропії таким чином:

$$H_{E_j} = -\frac{1}{\ln n} \sum_k p_{r_{kj}} \cdot \ln p_{r_{kj}}, \quad (1)$$

де $p_{r_{kj}}$ — відносний показник повторюваності k -го рангу в ІСП $_{E_j}$:

$$p_{r_{kj}} = \frac{n_{r_{kj}}}{n}, \quad (2)$$

де $n_{r_{kj}}$ — кількість k -х однакових рангів у ІСП $_{E_j}$, включаючи «пов'язані (міддл)» ранги;

$$\forall n = 18: k = 1, (2n - 1) = 35.$$

Зауважимо, що застосування виразу (1) сприяє визначенню ентропії в добре зрозумілому та інтерпретованому інтервалі: $H_{E_j} = [0, 1]$.

Застосуємо наведені формули (1), (2) для аналізу ІСП першого випробуваного експерта (ІСП $_{E_1}$), що представлено в графах 2–19 рядку E_1 **табл. 2**. Здійснюючи дослідження повторюваності рангів у ІСП $_{E_1}$, отримуємо таке:

$$\begin{aligned} \forall \text{ІСП}_{E_1}: & r_{\text{ІІІ}_1} \neq r_{\text{ІІІ}_2} \neq r_{\text{ІІІ}_3} \neq r_{\text{ІІІ}_4} \neq \\ & \neq r_{\text{ІІІ}_5} \neq r_{\text{ІІІ}_6} \neq r_{\text{ІІІ}_8} \neq r_{\text{ІІІ}_9} \neq r_{\text{ІІІ}_{10}} \neq \\ & \neq r_{\text{ІІІ}_{11}} \neq r_{\text{ІІІ}_{13}} \neq r_{\text{ІІІ}_{14}} \neq r_{\text{ІІІ}_{16}} \neq r_{\text{ІІІ}_{18}}; \\ & r_{\text{ІІІ}_7} = r_{\text{ІІІ}_{12}}; \quad r_{\text{ІІІ}_{15}} = r_{\text{ІІІ}_{17}}. \end{aligned}$$

Тоді відносні показники повторюваності рангів у ІСП $_{E_1}$, встановлені відповідно до формули (2), дорівнюватимуть:

$$\begin{aligned} \forall \text{ІСП}_{E_1}: & p_{r_{\text{ІІІ}_1}} = p_{r_{\text{ІІІ}_2}} = p_{r_{\text{ІІІ}_3}} = p_{r_{\text{ІІІ}_4}} = \\ & = p_{r_{\text{ІІІ}_5}} = p_{r_{\text{ІІІ}_6}} = p_{r_{\text{ІІІ}_8}} = p_{r_{\text{ІІІ}_9}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{10}}} = \\ & = p_{r_{\text{ІІІ}_{11}}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{13}}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{14}}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{16}}} = \\ & = p_{r_{\text{ІІІ}_{18}}} = \frac{1}{18}; \\ & p_{r_{\text{ІІІ}_7}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{12}}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{15}}} = p_{r_{\text{ІІІ}_{17}}} = \frac{2}{18}. \end{aligned}$$

Підставляючи отримані результати відносних частот рангів, що зустрічаються в ІСП $_{E_j}$, у вираз (1), матимемо таке значення ентропії нерозрізненості експертом E_j значущості ХРІП ОЕ:

$$H_{E_1} = -\frac{1}{\ln 18} \left[14 \left(\frac{1}{18} \ln \frac{1}{18} \right) + 4 \left(\frac{2}{18} \ln \frac{2}{18} \right) \right] = 0.1281.$$

За аналогією обчислені та подані в графі 20 **табл. 2** показники H_{E_j} для всіх випробуваних – членів групи m . У **табл. 3** подані результати статистичної обробки показників H_{E_j} як для вихідної групи m загалом, так і для підгруп m_C , m_H , m_M , m_T , m_U . Зауважимо, що формули обчислень зазначених статистичних показників відомі, тому нами свіdomо не наводяться.

Як бачимо з **табл. 3**, у вихідній групі випробуваних чисельністю m осіб і відокремлених із неї підгруп виявилася однаковою така мінімальна ентропія розрізненості значущості досліджуваних РІП:

$$\begin{aligned} H_m^{\min}(E_j) &= H_{m_C}^{\min}(E_j) = H_{m_H}^{\min}(E_j) = H_{m_M}^{\min}(E_j) = \\ &= H_{m_T}^{\min}(E_j) = H_{m_U}^{\min}(E_j) = 0.1197. \end{aligned}$$

Із загальної чисельності базової групи випробуваних m вісім (8,89%) експлікували зазначену мінімальну ентропію розрізненості ХРІП ОЕ, які розподіляються по підгрупах таким чином: підгрупа m_C , – 3 (E_{30} , E_{34} , E_{36}), підгрупи m_H , m_M та m_T , – 1 (відповідно, E_{60} , E_{21} та E_{15}), підгрупа m_U , – 2 (E_{62} та E_{72}).

Водночас максимальну для вибірки m нерозрізненість значущості ХРІП ОЕ продемонстрував усього один випробуваний (E_{79}), який «перекочував» потім у підгрупу маргіналів m_U :

$$H_m^{\max}(E_{79}) = H_{m_U}^{\max}(E_{79}) = 0.1974.$$

Як бачимо з **табл. 3**, усереднені показники ентропії за підгрупами співпадають виключно до другого знаку після коми.

Великі значення ексцесу та невеликі значення коефіцієнтів варіації (передостанній та останній рядки **табл. 3**) вказують на високу узгодженість думок випробуваних, а також на нормальний (гостровершинний) закон розподілу показників H_{E_j} .

Наведене є підставою для застосування відомої процедури перевірки статистичної гіпотези щодо випадковості збігу / не збігу середніх значень ентропії \bar{H}_{E_j} за підгрупами, орієнтуючись насамперед на різницю між максимальним ($\bar{H}_{E_j}^{\max} = \bar{H}_{E_j}^{m_T}$) і мінімальним ($\bar{H}_{E_j}^{\min} = \bar{H}_{E_j}^{m_H}$) значеннями усереднених ентропій, обчислених для відповідних підгруп.

$$\left| \bar{H}_{E_j}^{m_T} - \bar{H}_{E_j}^{m_H} \right| < t_{k,\alpha} \sqrt{D(E_j) \cdot \left(\frac{1}{m_T} + \frac{1}{m_H} \right)}, \quad (3)$$

Таблиця 3

Статистичні показники ентропії розрізнення фахівцями значущості рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи

Статистичні показники ентропії	Умовні позначки	Група / підгрупа, кількість осіб					
		m = 90	m _C = 30	m _H = 12	m _M = 11	m _T = 6	m _U = 31
1	2	3	4	5	6	7	8
Максимальне значення	$H_{E_j}^{max}$	0,1974	0,1568	0,1445	0,1484	0,1487	0,1974
Мінімальне значення	$H_{E_j}^{min}$	0,1197	0,1197	0,1197	0,1197	0,1197	0,1197
Середнє значення	\bar{H}_{E_j}	0,1351	0,1332	0,1314	0,1369	0,1396	0,1368
Середнє геометричне значення	$M_G(H_{E_j})$	0,1345	0,1328	0,1313	0,1363	0,1392	0,1360
Дисперсія	$D(H_{E_j})$	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003
Середнє квадратичне відхилення	$\sigma(H_{E_j})$	0,0128	0,0107	0,0068	0,0131	0,0109	0,0162
Асиметрія	$As(H_{E_j})$	3,7369	3,8030	3,0362	3,2865	1,5081	5,1479
Ексцес	$Ex(H_{E_j})$	8,5055	2,6688	3,1940	2,1819	5,2696	8,8824
Коефіцієнт варіації	$v(H_{E_j}), \%$	9,45	8,05	5,15	9,53	7,80	11,84

де $t_{k,\alpha}$ — теоретичне (табличне) значення змінної Стюдента, що визначається для числа ступенів свободи $k = m_T + m_H - 2$ і рівня значущості $\alpha = 1\%$ [33];

$D(E_j)$ — узагальнена дисперсія двох вибірок m_T і m_H , що визначається таким чином:

$$D(E_j) = \frac{(m_T - 1) \cdot D_{m_T} + (m_H - 1) \cdot D_{m_H}}{m_T + m_H - 2} \quad (4)$$

Якщо нерівність (3) буде виконуватися, то вважатиметься справедливою гіпотеза щодо збігу (однаковості) середніх значень ентропій розрізненості ХРІП ОЕ у членів підгруп m_T і m_H .

Отже, для нашого випадку матимемо, що для рівня значущості $\alpha = 1\%$ і кількості ступенів свободи $k = m_T + m_H - 2 = 16$ теоретичне (табличне) значення змінної Стюдента дорівнюватиме величині [33]: $t_{k=16,\alpha=1\%} = 2.921$.

Згідно з формулою (4) та даних **табл. 3** матимемо таке значення узагальненої дисперсії:

$$D(E_j) = \frac{(6-1) \cdot 0.0001 + (12-1) \cdot 0.0001}{6+12-2} = 0.0001$$

Підставляючи чисельні значення показників $\bar{H}_{E_j}^{m_T}$, $\bar{H}_{E_j}^{m_H}$, $t_{k,\alpha}$, $D(E_j)$, m_T та m_H у вираз (3) та здійснюючи нескладні перетворення, розв'язуємо досліджувану нерівність:

$$|0.1396 - 0.1314| \{>, <, =\} 2.921 \sqrt{0.0001 \cdot \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{12}\right)} \Rightarrow \Rightarrow |0.0082| < 0.0204.$$

Нерівність (3) виконується, тому є справедливою гіпотеза щодо збігу усереднених показників $\bar{H}_{E_j}^{m_T}$, $\bar{H}_{E_j}^{m_H}$. Твердження справедливе на незвичайно високому для досліджень ЛЧ рівні значущості $\alpha = 1\%$. Оскільки досліджувана різниця зазначених показників є максимальною, то ще більш ґрунтовним буде висновок щодо збігу інших усереднених показників $\bar{H}_{E_j}^{m_k}$ (**табл. 3**).

Таким чином, можна зробити узагальнений висновок щодо однакової розрізненості ранжированих ХРІП у свідомості членів групи m та відокремлених із неї підгруп, визначеної за допомогою ентропійних показників. Тому набуває значно більшої важливості питання подальшого вдосконалення критеріїв рознесення випробуваних експертів на підгрупи-кластери, що були нами застосовані для виявлення та відсіювання маргінальних думок, а також усунення “систематичної похибки того, хто вижив”.

Дослідимо, спираючись на ентропійні показники, питання щодо ступеня розрізненості випробуваними окремими ХРІП ОЕ (**табл. 4**).

У **табл. 4** маркером помічені максимальні значення ентропії окремих РІП ОЕ, встановлених у межах досліджуваної групи m та виокремлених із неї підгруп m_C , m_H , m_M , m_T , m_U .

Встановимо, які рангові місця займають помічені РІП у ГСП з високим рівнем внутрішньої ГУД (m_C , m_H , m_M , m_T) та їх оптимізованих версій, отриманих за допомогою класичного критерію ПР Севиджа та медіани Кемені (**табл. 5**).

Таблиця 4

Ентропійні показники розрізненості окремих рис інвестиційної привабливості об'єктів експертизи

РІП _i	Ентропія розрізненості рис у групі / підгрупі, H _{РІП_i}					
	m	m _c	m _n	m _m	m _t	m _u
1	2	3	4	5	6	7
РІП ₁	0,1348	0,0328	0,0115	0,0103	0,0057	0,0345
РІП ₂	0,1304	0,0350	0,0115	0,0112	0,0057	0,0344
РІП ₃	0,1343	0,0415	0,0115	0,0105	0,0057	0,0312
РІП ₄	0,1640	0,0399	0,0138	0,0126	0,0063	0,0318
РІП ₅	0,1585	0,0399	0,0135	0,0108	0,0057	0,0353
РІП ₆	0,1312	0,0361	0,0142	0,0103	0,0057	0,0310
РІП ₇	0,1128	0,0316	0,0115	0,0103	0,0057	0,0327
РІП ₈	0,1182	0,0316	0,0115	0,0100	0,0054	0,0331
РІП ₉	0,1333	0,0409	0,0133	0,0128	0,0066	0,0307
РІП ₁₀	0,1278	0,0354	0,0120	0,0117	0,0054	0,0324
РІП ₁₁	0,124	0,0359	0,0117	0,0117	0,0060	0,0341
РІП ₁₂	0,1387	0,0393	0,0126	0,0121	0,0061	0,0320
РІП ₁₃	0,1223	0,0331	0,0112	0,0100	0,0063	0,0335
РІП ₁₄	0,1144	0,0324	0,0115	0,0112	0,0057	0,0332
РІП ₁₅	0,2410	0,0573	0,0151	0,0121	0,0054	0,0348
РІП ₁₆	0,1265	0,0362	0,0127	0,0108	0,0060	0,0316
РІП ₁₇	0,1499	0,0403	0,0132	0,0103	0,0054	0,0364
РІП ₁₈	0,1300	0,0373	0,0129	0,0115	0,0054	0,0326

Таблиця 5

Зв'язок риси інвестиційної привабливості об'єктів експертизи, що мають максимальну ентропію розрізненості зі значущістю цих рис

m _k	РІП _i з H _{РІП_i} ^{max}	Ранг риси у			Σ
		ГСП _{m_k}	ГСП _{m_k} ^S	ГСП _{m_k} ^{MK}	
1	2	3	4	5	6
m _c	РІП ₁₅	1	2	1	4
m _n	РІП ₁₅	1	1	1	3
m _m	РІП ₉	18	16.5	18	54.5
m _t	РІП ₉	10	9	10	29

Примітка: ГСП_{m_k}^S, ГСП_{m_k}^S, ГСП_{m_k}^{MK} — ГСП, отримані звичайним шляхом і за допомогою критерію Севіджа та медіани Кемені відповідно.

Як бачимо з **табл. 5**, для більш чисельних підгруп, що було виокремлено з групи m, а саме — m_c і m_n, спостерігається прямий зв'язок між більш значущою з досліджуваних ХРІП ОЕ та ентропією її розрізнення. Адже, з одного боку, чим більше чисельний склад підгрупи, тим, природно, більша варіативність думок її членів щодо значущості РІП, що й виливається у відповідні, за величиною, показники ентропії.

З іншого ж боку, чим більш кваліфіковані експерти, з ІСП яких й утворено підгрупи m_c і m_n, тим більшу обережність вони демонструють, розрізняючи за значущістю і упорядковуючи РІП. Це нібито й призвело до високих (для нашого дослідження)

значень ентропії, обумовлених більшим застосуванням "пов'язаних (міддл)" рангів саме в оцінці більш значущої ХРІП ОЕ.

Оскільки думки членів підгрупи m_c щодо значущості ХРІП ОЕ, а отже і відповідна їм ГСП_{m_c}, визнані нами базовими, то встановлений прямий зв'язок між значущістю більш важливої ХРІП та ентропією її розрізненості є обґрунтованим. Вкажемо також, що з наведених результатів більшу довіру викликають ті, що отримані для підгрупи m_c, адже її чисельний склад відповідає межі, на якій стабілізується середньо групова похибка вимірювань [18].

Водночас у підгрупах m_m і m_t, до речі теж, з високим рівнем ГУД, однак менших за чисельністю і більш схильних до впливу випадкових чинників, спостерігається, навпаки, дещо обернена залежність між значущістю ХРІП і ентропією розрізненості.

Виявлено таке співвідношення досліджуваних максимальних показників ентропій H_{РІП_{i5}}^{m_k}:

$$H_{РІП_{15}}^{m_c} : H_{РІП_{15}}^{m_n} : H_{РІП_9}^{m_m} : H_{РІП_9}^{m_t} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0.0573 : 0.0151 : 0.0128 : 0.0066 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 8.68 : 2.29 : 1.94 : 1.$$

Дослідження можливого зв'язку мінімальних значень ентропій ХРІП ОЕ, поданих у **табл. 4**, з їх значущістю не виявило будь-якої закономірності.

Щоби дійти остаточного висновку щодо зв'язку значущості ХРІП ОЕ та ентропій їх розрізненості, порівняємо ГСП, побудовані звичайним способом, і, спираючись на упорядковані (від більшої до меншої) ентропії цих рис. Застосування коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (КРКС) привел до таких результатів:

$$R_S(ГСП^{m_c}, ГСП_{En}^{m_c}) = 0.3638;$$

$$R_S(ГСП^{m_n}, ГСП_{En}^{m_n}) = 0.4969;$$

$$R_S(ГСП^{m_m}, ГСП_{En}^{m_m}) = -0.1331;$$

$$R_S(ГСП^{m_t}, ГСП_{En}^{m_t}) = -0.1950.$$

З урахуванням того, що КРКС змінюється в діапазоні R_S = [-1, +1], а встановлене за допомогою критерію Стьюдента мінімальне прийняття значення цього коефіцієнта має бути W_{En}^{m_k} = 1 - H_{E_j}^{m_k}, бачимо що з урахуванням особливостей наших досліджень не виявляється зв'язок між значущістю ХРІП ОЕ та ентропійними показниками їх розрізненості.

На завершення вкажемо, що в наукових дже-релах [12–14 та ін.] пропонується обчислювати ЕКК, який з урахуванням формули нормованої ентропії (1) матиме такий його вид:

$$W_{En}^{m_k} = 1 - \bar{H}_{E_j}^{m_k}. \tag{6}$$

Провівши нескладні обчислення, порівняємо отримувані показники ЕКК з ДКК, обчисленим для досліджуваної групи m та її підгруп звичайним чином (табл. 6).

Таблиця 6

Порівняння дисперсійних і ентропійних коефіцієнтів конкордації

Група m та її підгрупи	Група m та її підгрупи					
	m	m_C	m_H	m_M	m_T	m_U
1	2	3	4	5	6	7
W^{mk}	0,4772	0,7683	0,8289	0,7361	0,7077	0,2259
W_{En}^{mk}	0,8649	0,8668	0,8686	0,8631	0,8604	0,8632
$\varepsilon, \%$	–	35,99	4,79	17,25	21,58	–

З урахуванням доведеної вище нами гіпотези щодо статистично вірогідного збігу усереднених показників ентропій $\bar{H}_{E_i}^{mk}$ можна також умовно вважати однаковими показники ЕКК, що отримано згідно з виразом (6) і представлено в табл. 6.

Введемо відносний показник незбігу ЕКК і ДКК:

$$\varepsilon = \frac{|W^{mk} - W_{En}^{mk}|}{W^{mk}} \cdot 100\%, \quad (7)$$

і застосуємо його для порівняння результатів, представлених у табл. 6 для підгруп, що мають високий рівень внутрішньо групової узгодженості думок (m_C, m_H, m_M, m_T), яка задовольняє веденому нами комплексу СІК ГУД.

Як бачимо з останнього рядка табл. 6, введений показник розбіжності ДКК і ЕКК є досить помітним і в середньому становить величину $\bar{\varepsilon} = 19,90\%$. Однак, потрібно мати на увазі, що формуючи СІК ГУД, а також розвиваючи багатокрокову технологію і алгоритм виявлення та виокремлення маргінальних думок і усунення «систематичної похибки того, хто вижив», ми виходили з мінімально прийнятного значення ДКК Кендалла, обґрунтованого в праці [34]: $W = 0,7...0,8$, що, безумовно, вплинуло на встановлені показники ДКК.

Збільшення вимог до мінімально прийнятного значення ДКК, безумовно, призвело б й до додаткових ітерацій алгоритму виявлення та відсіювання маргінальних думок і усунення «систематичної похибки того, хто вижив». Унаслідок цього зросли б абсолютні значення ДКК. Однак у будь-якому випадку для групи m та підгрупи m_U , думки членів якої були б визнані маргінальними, цей обговорюваний ДКК не досяг би критеріально-прийнятного значення. Також додамо, що на сьогодні ще не заявлено методів встановлення статистичної вірогідності емпіричних ЕКК.

ВИСНОВКИ

З огляду на зміст отриманих і представлених у цій публікації нових наукових результатів із поглибленого дослідження СІП ОЕ, зокрема ступеня розрізненості ХРІП, визначеного за допомогою ентропійних показників, привернемо увагу до таких більш важливих положень.

1. Здійснено спробу зв'язати значущість досліджуваних ХРІП ОЕ зі ступенем їх розрізненості фахівцями в ІСП та ГСП. Причому ступінь зазначеної розрізненості має встановлюватися через нормовані ентропійні показники відповідних рангів.

2. Невизначеність вихідної гіпотези досліджень обумовлюється такими парадоксальними припущеннями:

- з одного боку, природно припустити, що чим більш компетентний експерт, тим суворіше він буде упорядковувати досліджувані РІП, унаслідок чого має мінімізуватися ентропія рангів у його ІСП;
- з іншого боку, вважаючи компетентного експерта «точним вимірювачем» значущості ХРІП ОЕ, не менш логічно припустити експлікацію ним певної обережності в упорядкуванні зазначених рис, а отже, застосуванні більшої кількості «пов'язаних (міддл)» рангів, що сприятиме збільшенню їх ентропії.

3. Великі значення ексцесу та невеликі значення коефіцієнтів варіації вказують на високий рівень ГУД щодо розрізненості значущості досліджуваних ХРІП ОЕ.

4. Застосування t -критерію Стьюдента виявило статистично вірогідний збіг абсолютних значень усереднених показників ентропій у підгрупах із високим рівнем ГУД (m_C, m_H, m_M та m_T).

5. З попереднього висновку випливає додаткова значущість СІК ГУД, що були нами запропоновані під час розроблення багатокрокової технології та алгоритму виявлення і відсіювання маргінальних думок, а також усунення «систематичної похибки того, хто вижив».

Беручи за основу ентропійно-рангову розрізненість значущості ХРІП у підгрупі m_C , визнаною базовою, встановлено, що більш інформативними є максимальні значення ентропії розрізненості рис, оскільки їм відповідають незвичайно високі рангові місця в $ГСП_{m_C}, ГСП_{m_C}^S, ГСП_{m_C}^{MK}$.

Відомий підхід до визначення ЕКК не виявився ефективним в умовах наших досліджень і потребує подальшого розвитку.

Таким чином, можна дійти узагальненого висновку щодо досягнення мети цієї публікації. З урахуванням висвітлених проблем подальші дослідження з розвитку інформаційно-ентропійних технологій експертних досліджень варто проводити в таких напрямках:

- подальшого розвитку методології суб'єктивного аналізу проф. В. О. Касьянова;
- застосування нечітких та умовних ентропій;
- розроблення статистичних критеріїв перевірки достовірності ентропійних показників тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відбудова України: принципи та політика [Електронний ресурс] / за ред. Юрія Городніченка, Ілони Сологуб, Беатріс Ведер ді Мауро. Паризький звіт I. — Center Economic Policy Recherche. — 508 с. — Режим доступу: https://cepr.org/system/files/2022-12/reconstruction%20book_Ukrainian_0.pdf.
2. Reva O. Development of a Fuzzy Approach for Consistency Determination of ATC Students' Opinions During Aircraft Flight Norms Violation Hazard Identification / O. Reva, S. Borsuk, V. Kamyshyn & A. Nevyntsyn // Fuzzy Systems and Data Mining IX. Proceeding of FSDM 2023 / Edition by Antonio J. Tallon-Ballesteros, Raquel Bertran-Barba. — IOS Press, 2023. — P. 77–81.
3. Світлична Т. І. Конспект лекцій з дисципліни “Прогнозування” / Т. І. Світлична, Н. В. Дріль. — Харків : ХНАМГ, 2010. — 112 с.
4. Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание: методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. — Киев : ДУИКТ, 2007. — 362 с.
5. Гнатієнко Г. М. Експертні технології прийняття рішень: монографія / Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк. — Київ : Маклаут, 2008. — 444 с.
6. Кількісні методи експертного оцінювання : наук.-метод. розробка / уклад. В. П. Новосад, Р. Г. Селіверстов, І. І. Артим. — Київ : НАДУ, 2009. — 36 с.
7. Групове експертне оцінювання та компетентність експертів / О. М. Величко, Л. В. Коломієць, Т. Б. Гордієнко, А. Г. Шевцов, С. Р. Карпенко, А. А. Габєр; за загальн. ред. О. М. Величка. — Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2015. — 286 с.
8. Експертні методи в автоматизованих системах керування : Формування та напрями використання експертних знань : навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : Л. Д. Ярошук. — 2-ге вид., допов. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 43 с.
9. Давиденко Є. О. Формалізація процесу формування складу експертної групи для аналізу ризиків ІТ-проектів / Є. О. Давиденко // Вісник Херсонського національного технічного університету. — 2012. — № 1 (44). — С. 163–169.
10. Циба Є. В. Ідентифікація моделі компетентності експертів за даними багато-об'єктної експертизи з різними розподілами зашумлення / Є. В. Циба, О. Є. Архипов // Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики: матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (Київ, 21–23 трав. 2015). — Київ : КПІ. — 2015. — С. 213–215.
11. Комбінована методика оцінювання компетентності експертів при виборі сценарію організації інформаційно-психологічного впливу / Г. В. Певцов, О. А. Усачова, П. Пацек, А. О. Романюк // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. — 2020. — № 2 (39). — С. 24–36. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.39.03>.
12. Архипов А. Е. Энтропийный подход к оцениванию согласованности суждений экспертов / А. Е. Архипов, С. А. Архипова, С. А. Носок // АСАУ. — 2007. — № 10 (30). — С. 8–14.
13. Касьянов В. А. Субъективный анализ монография / В. А. Касьянов. — Киев : НАУ-друк, 2007. — 512 с.
14. Обґрунтування напрямів вдосконалення експертних технологій в дослідженнях людського чинника / О. М. Рева, С. П. Борсук, С. В. Засанська, С. В. Яроцький // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2021) : збірник матеріалів XIII Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон, 25–27 трав. 2021 р.). — Херсон : ХДМА, 2021. — С. 49–54.
15. Яроцький С. В. Пілотна оцінка ставлення експертів до значущості характерних рис інноваційної привабливості об'єктів інтелектуальної власності / С. В. Яроцький // Авіаційно-космічна техніка та технологія. — 2019. — № 4. — С. 112–121. <https://10.32620/akt.2021.4sup2.15>.
16. Zadeh L. A. Outline of a new approach to the analyses of complex system and decision processes / L. A. Zadeh // IEEE Trans. System Man Cybernetics. — 1973. — Vol. 3. — № 1. — P. 28–44.
17. Zadeh L. A. A fuzzy algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts / L. A. Zadeh // Intern. Journal Man-Machin Studies. — 1976. — Vol. 8. — No. 3. — P. 249–291.
18. Методологія системно-інформаційної кваліметриї інвестиційної привабливості об'єктів експертизи : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, С. П. Борсук, С. В. Яроцький, Л. А. Сагановська. — Київ : УкрІНТЕІ, 2023. — 150 с.
19. Voloshyn A. Decision-Making Support Systems as Personal Intellectual Device of a Decision-Maker // Information: Technologies & Knowledge. — 2007. — Vol. 1. — № 2. — P. 159–162.
20. Малярець Л. М. Вирішення проблем багатокритеріальності в оцінці діяльності підприємства на основі методів багатокритеріальної оптимізації / Л. М. Малярець, О. В. Міненкова // Проблеми економіки. — 2017. — № 1. — С. 421–427.
21. Рева О. М. Теоретичні основи моделювання “компромісу” у вимогах до всебічного розвитку обдарованості тих, хто навчається / О. М. Рева, В. В. Камишин, Л. А. Сагановська, С. В. Яроцький // Освіта та розвиток обдарованої особистості. — 2022. — № 3 (86). — С. 20–27.
22. Reva O. Eliminating “systematic survivorship” in the attitude of specialists to the significance of investment attractive features of examined objects / O. Reva, V. Kamyshyn, S. Borsuk, S. Yarotskyii, V. Avramchuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2023. — Vol. 6 — No. 13 (126). — P. 54–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292875>.
23. Рева О. Системно-інформаційне обґрунтування критеріїв узгодженості систем переваг учасників освітньо-виховного процесу / О. Рева, В. Камишин // Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи. — 2022. — Вип. 1 (28). — С. 70–78. [https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1\(28\)-70-78](https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1(28)-70-78).
24. Рева О. М. Формування спектру системно-інформаційних критеріїв узгодженості експертних думок / О. М. Рева, В. В. Камишин, К. В. Кириченко, С. В. Яроцький, Л. А. Сагановська // Наука, технології, інновації. — 2023. — № 2 (26). — С. 26–39. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-2-04/>.
25. Claude E. Shannon The Mathematical Theory of Communication / Claude E. Shannon, Warren Weaver. — Univ of Illinois Press, 1963.
26. Kaufman A. Introduction a la théorie des sous-ensembles flous / A. Kaufman. — Paris : Masson, 1977. — 334 p.
27. Фреїк Н. Д. Энтропия у поглядах природничих наук / Н. Д. Фреїк, Н. Б. Ільків // Фізика і хімія твердого тіла. — 2011. — Т. 12. — № 3. — С. 809–814.

28. Сердюк С. М. Ергономічні питання проектування людино-машинних систем : навч. посіб. / С. М. Сердюк. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. — 334 с.
29. Образна концепція теорії інформації — Image conception of the information theory / З. В. Партико ; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. — Л., 2001. — 132 с.
30. Кожевников В. Л. Теорія інформації та кодування: навч. посіб. / В. Л. Кожевников, А. В. Кожевников. — Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2011. — 108 с.
31. Подлевський Б. М. Теорія інформації в задачах : підручник / Б. М. Подлевський, Р. Є. Рикалюк. — Київ : ЦУЛ, 2020. — 271 с.
32. Müller P. Heinz Tafeln der matematischen Statistik / Müller P. Heinz, Neumann Peter, Storm Regina. — Verlag : VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1979. — 275 з.
33. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: Теория, синтез, эффективность / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. А. Левин, В. А. Корнейчук. — Киев : МАКИС, 2007. — 336 с.

REFERENCES

1. Horodnichenko, Yu., Solohub, I., & Mauro, Beatris Veder di (Eds.) (2022). Vidbudova Ukrainy: pryntsyty ta polityka. Paryzkyi zvit I [Reconstruction of Ukraine: principles and politics]. Center Economic Policy Reserche. 508 p. Retrieved from: https://cepr.org/system/files/2022-12/reconstruction%20book_Ukrainian_0.pdf. [in Ukr.].
2. Reva, O., Borsuk, S., Kamyshyn, V. & Nevynitsyn, A. (2023). Development of a Fuzzy Approach for Consistency Determination of ATC Students Opinions During Aircraft Flight Norms Violation Hazard Identification. Fuzzy Systems and Data Mining IX. Proceeding of FSDM 2023. P. 77–81.
3. Svitlychna, T. I., & Dril, N. V. (2010). Konspekt lektsii z dystsypliny "Prohnozuvannia" [Synopsis of lectures on the discipline "Forecasting"]. Kharkiv, 112 p. [in Ukr.].
4. Samokhvalov, Yu. Ya., & Naumenko, E. M. (2007). Ekspertnoe otsenyvanye: Metodicheskyi aspekt [Expert evaluation: methodical aspect]. Kyiv, 362 p. [in Russ.].
5. Hnatiienko, H. M., & Snytiuk, V. Ye. (2008). Ekspertni tekhnolohii pryiniattia rishen [Expert decision-making technologies]. Kyiv, 444 p. [in Ukr.].
6. Novosad, V. P., Seliverstov, R. H., & Artym, I. I. (2009). Kilkisni metody ekspertnoho otsiniuvannia [quantitative methods of expert assessment]. Kyiv, 36 p. [in Ukr.].
7. Velychko, O. M., Kolomiets, L. V., Hordiienko, T. B., Shevtsov, A. H., Karpenko, S. R., & Haber, A. A. (2015). Hrupove ekspertne otsiniuvannia ta kompetentnist ekspertiv [Group expert evaluation and competence of experts]. Odesa, 286 p. [in Ukr.].
8. Iaroshchuk, L. D. (Ed.). (2022). Ekspertni metody v avtomatyzovanykh systemakh keruvannia: Formuvannia ta napriamy vykorystannia ekspertnykh znan [Expert methods in automated control systems: Formation and directions of use of expert knowledge]. Kyiv, 43 p. [in Ukr.].
9. Davydenko, Ye. O. (2012). Formalizatsiia protsesu formuvannia skladu ekspertnoi hrupy dlia analizu ryzykiv IT-proektiv [Formalization of the process of formation of the expert group for risk analysis of IT projects]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu* [Bulletin of the Kherson National Technical University]. 1 (44). P. 163–169. [in Ukr.].
10. Tsyba, Ye. V., & Arkhypov, O. Ye. (2015). Identyfikatsiia modeli kompetentnosti ekspertiv za danymy bahatoobiektnoi ekspertyzy z riznymy rozpodilamy zashumleniia [Identification of expert competence models based on the data of multi-objective examination with different distributions of noise]. *Teoretychni i prykladni problemy fizyky, matematyky ta informatyky* [Theoretical and applied problems of physics, mathematics and informatics]. Kyiv, P. 213–215. [in Ukr.].
11. Pievtsov, H. V., Usachova, O. A., Patsek, P., Romaniuk, A. O. (2020). Kombinovana metodyka otsiniuvannia kompetentnosti ekspertiv pry vybori tsnenariiu orhanizatsii informatsiino-psykholohichnoho vplyvu [The combined method of assessing the competence of experts when choosing the scenario of the organization of information and psychological influence]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy* [Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine]. 2 (39), 24–36. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.39.03>. [in Ukr.].
12. Arkhypov, A. E., Arkhypova, S. A., & Nosok, S. A. (2007). Entropyinui podkhod k otsenyvanyiu sohlasovannosti suzhdenyi ekspertov [Entropy approach to the evaluation of the consistency of experts]. *ASAU*. 10 (30). P. 8–14. [in Ukr.].
13. Kasianov, V. A. (2007). Sub'ektyvnyi analiz [Subjective analysis]. Kyiv, 512 p. [in Russ.].
14. Reva, O. M., Borsuk, S. P., Zasanska S. V., & Yarotskyi, S. V. (2021). Obgruntuvannia napriamiv vdoskonalennia ekspertnykh tekhnolohii v doslidzhenniakh liudskoho chynnyka [Justification of directions for improvement of expert technologies in human factors research]. *Suchasni informatsiini ta innovatsiini tekhnolohii na transporti (MINNT–2021)* [Modern information and innovative technologies in transport (MINNT-2021)]. Kherson. P. 49–54. [in Ukr.].
15. Yarotskyi, S. V. (2019). Pilotna otsinka stavlennia ekspertiv do znachushchosti kharakternykh rys innovatsiinoi pryvablyvosti obiektiv intelektualnoi vlasnosti [Pilot assessment of the attitude of experts to the significance of the characteristic features of the innovative attractiveness of intellectual property objects]. *Aviatsiino-kosmichna tekhnika ta tekhnolohiia* [Aviation and space technology and technology]. 4. 112–121. <https://doi.org/10.32620/aktt.2021.4sup2.15> [in Ukr.].
16. Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analyses of complex system and decision processes. *IEEE Trans. System Man Cybernetics*. Vol. 3, No. 1. P. 28–44.
17. Zadeh, L. A. (1976). A fuzzy algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts. *Intern. Journal Man-Machin Studies*. Vol. 8. No. 3. P. 249–291.
18. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Borsuk, S. P., Yarotskyi, S. V., & Sahanovska, L. A. (2023). Metodolohiia systemno-informatsiinoi kvalimetrii investytsiinoi pryvablyvosti obiektiv ekspertyzy [Methodology of the system-informational qualimetry of the investment attractiveness of objects of examination]. Kyiv, 150 p. [in Ukr.].
19. Voloshyn, A. (2007). Decision-Making Support Systems as Personal Intellectual Device of a Decision-Maker. *Information: Technologies & Knowledge*. Vol. 1. No. 2. P. 159–162.
20. Maliarets, L. M., & Minienkova, O. V. (2017). Vyrishennia problem bahatokryterialnosti v otsintsi diialnosti pidpriemstva na osnovi metodiv bahatokryterialnoi optymizatsii [Solving the problems of multicriteria in the assessment of enterprise activity based on methods of multicriteria optimization]. *Problemy ekonomiky* [Problems of economics]. 1. 421–427. [in Ukr.].
21. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Sahanovska, L. A., & Yarotskyi, S. V. (2022). Teoretychni osnovy

- modeliuvannya "kompromisu" u vymohakh do vsebichnoho rozvytku obdarovanosti tykh, khto navchaietsia [Theoretical bases of modeling "compromise" in the requirements for comprehensive development of giftedness of those who study]. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti* [Education and development of a gifted personality]. 3 (86). 20–27. [in Ukr.].
22. Reva, O., Kamyshyn, V., Borsuk, S., Yarotskyi S., & Avramchuk, B. (2023). Eliminating "systematic survivorship bias"; in the attitude of specialists to the significance of investment attractive features of examined objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 6. 13 (126), P. 54–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292875>. [in Ukr.].
 23. Reva, O., & Kamyshyn, V. (2022). Systemno-informatsiine obgruntuvannya kryteriiv uzgodzhenosti system perevah uchasnykiv osvitho-vykhovnoho protsesu [System and information justification of the criteria of consistency of preference systems of participants in the educational process]. *Pedahohichni innovatsii: idei, realii, perspektyvy* [Pedagogical innovations: ideas, realities, perspectives]. 1 (28). 70–78. [https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1\(28\)-70-78](https://doi.org/10.32405/2413-4139-2020-1(28)-70-78). [in Ukr.].
 24. Reva, O. M., Kamyshyn, V. V., Kyrychenko, K. V., Yarotskyi, S. V., & Sahanovska, L. A. (2023). Formuvannya spektru systemno-informatsiinykh kryteriiv uzgodzhenosti ekspertnykh dumok [Formation of the spectrum of system-informational criteria for consistency of expert opinions]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, technologies, innovations]. 2 (26), 26–39. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-2-04/>. [in Ukr.].
 25. Claude E. Shannon, & Warren Weaver (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Univ of Illinois Press.
 26. Kaufman, A. (1977). *Introduction a la théorie des sous-ensembles flous*. Paris, 334 p.
 27. Freik, N. D., & Ilkiv, N. B. (2011). Entropiia u pohliadakh pryrodnychkh nauk [Entropy in the views of natural sciences]. *Fizyka i khimiiia tverdoho tila* [Physics and chemistry of solids]. Vol. 12. No. 3. P. 809–814. [in Ukr.].
 28. Serdiuk, S. M. (2014). Erhonomichni pytannia proektuvannya liudyno-mashynnykh system [Ergonomic issues of designing man-machine systems]. *Zaporizhzhia*, 334 p. [in Ukr.].
 29. Partyko, Z. V. (2001). *Obrazna kontseptsiiia teorii informatsii — Image conception of the information theory*. Lviv, 132 p.
 30. Kozhevnykov, V. L., & Kozhevnykov, A. V. (2011). *Teoriia informatsii ta koduvannya* [Theory of information and coding]. Dnipropetrovsk, 108 p. [in Ukr.].
 31. Podlevskyi, B. M., Rykaliuk, R. Ye. (2020). *Teoriia informatsii v zadachakh* [Information theory in tasks]. Kyiv, 271 p. [in Ukr.].
 32. Müller, P. Heinz, Neumann, Peter, & Storm, Regina. *Tafeln der mathematischen Statistik*. Verlag: VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1979. 275 p. [in Ukr.].
 33. Tarasov, V. A., Herasymov, B. M., Levyn, Y. A., & Korneichuk, V. A. (2007). *Intellektualnue systemu podderzhki priniatiia reshenii: teoriia, syntez, effektivnost* [Intelligent systems of support for decision-making: Theory, synthesis, effectiveness]. Kyiv, 336 p. [in Russ.].

O. M. REVA, D. Sc. in Engineering, Full Professor

V. V. KAMYSHYN, D. Sc. in Pedagogy, Senior Researcher

S. P. BORSUK, D. Sc. in Engineering, Associate Professor

S. V. YAROTSKYI, Head of Department

L. A. SAHANOVSKA, Senior Lecturer

ENTROPY INDICATORS OF FRAGMENTATION AMONG SPECIALISTS OF THE SIGNIFICANCE OF FEATURES OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF OBJECTS OF EXPERTISE

Abstract. *The systems of preferences of expertise participants are an important indicator of the influence of the human factor on decision making. Their applied aspect lies in the use of an integral assessment of the investment attractiveness of objects of expertise/projects to solve multicriteria problems, as well as the establishment of "compromises" in the requirements for the degree of expression of investment attractiveness features inherent in each object/project. The system of advantages is an ordered series of specified features ($n = 18$): from more significant (significant, attractive, etc.) to less significant.*

The implementation of a multi-step technology and algorithm for identifying and rejecting marginal thoughts, eliminating the "systematic error of the survivor" made it possible to identify four subgroups from the initial sample of experts numbering $m = 90$ people ($m_C = 30$ people, $m_H = 12$ people, $m_M = 11$ people, $m_T = 6$ people) whose internal group consistency of opinions about the significance of features of investment attractiveness satisfies the range of system-information criteria at an unusually high level of significance for human factor studies $\alpha = 1\%$. It is substantiated that the group system of preferences of members of the m_C subgroup should be considered basic. The opinions of marginal experts form a subgroup of $m_U = 31$ people.

The degree to which experts differentiate the significance of features of investment attractiveness in the process of compiling them is determined by the number of "related" ranks and is taken into account when determining the Kendall dispersion coefficient of concordance (agreement). It is proposed to apply the entropy of the fragmentation of features for the same purpose. For each of the m subjects, normalized entropy indicators were determined, which were generalized both for group m and for subgroups m_C, m_H, m_M, m_T . Using the Student's test, a statistically probable ($\alpha = 1\%$) agreement between the average entropy indicators was established. Therefore, the criteria for dividing them into subgroups-clusters according to the applied technology for identifying and screening out marginal thoughts and eliminating the "systematic survivor bias" are important.

The paradoxical nature of the research hypothesis has been established, since it is logical to assume that the more competent the expert, the more strictly he will order the studied features of investment attractiveness, and therefore the less entropy of ranks should then be observed in his system of advantages. On the other hand, the same high level of expert competence can lead to his conscious caution in ordering the studied traits, and

therefore the use of a larger number of “connected (middle)” ranks, which will contribute to an increase in their entropy.

For the m_c subgroup, recognized as the basic one, it was found that greater entropy is characteristic of a more significant feature of the investment attractiveness of the objects of examination. The well-known approach to determining entropy concordance coefficients did not turn out to be effective under the conditions of our research and needs further development.

Taking into account the issues highlighted, further steps are outlined for the development of information-entropy technologies for expert research.

Keywords: features of investment attractiveness of the expertise objects, recognition of significance, systems of advantages, entropy, competence of experts.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Рева Олексій Миколайович — д-р техн. наук, проф., завсектору електронного врядування відділу управління та адміністрування, Національний авіаційний університет, просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058; +38 (067) 238-31-77; ran54@meta.ua; ORCID: 0000-0002-5954-290X

Камишин Володимир Вікторович — д-р пед. наук, с. н. с., чл.-кор. НАПН України, директор, ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-00-10; kvv@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-8832-9470

Борсук Сергій Павлович — д-р техн. наук, доц., голов. н. с., ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”, вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-00-10; greyone.ff@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7034-7857

Яроцький Станіслав Володимирович — начальник відділу управління та адміністрування, Національний авіаційний університет, просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058; +38 (067) 238-31-77; stas_gas@ua.fm; ORCID: 0000-0003-3934-4647

Сагановська Лариса Анатоліївна — с. викладач кафедри фізико-математичних дисциплін та інформаційних технологій в авіаційних системах, Льотна академія Національного авіаційного університету, вул. Степана Чобану, 1, м. Кропивницький, Кіровоградська обл., Україна, 25005; lora-sag@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2560-4383

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Reva O. M. — D. Sc. in Engineering, Full Professor, Head of the electronic government department in the management and administration division of National Aviation University, 1, Lubomir Guzar Ave, Kyiv, Ukraine, 03058; +38 (067) 238- 31-77; ran54@meta.ua; ORCID: 0000-0002-5954-290X

Kamyshyn V. V. — D. Sc. in Pedagogy, Corresponding Member of the NAES of Ukraine, Director of Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-00-10; kvv@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-8832-9470

Borsuk S. P. — D. Sc. in Engineering, Associate professor, Head researcher, Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; greyone.ff@gmail.com; ORCID: 0000-0002-7034-7857

Yarotskyi S. V. — Head of Department in the Management and Administration Division of National Aviation University, 1, Lubomir Guzar Ave, Kyiv, Ukraine, 03058; +38 (067) 238-31-77; stas_gas@ua.fm; ORCID: 0000-0003-3934-4647 <http://doi.org/10.35668/>

Sahanovska L. A. — Senior Lecturer of the Department of Physical and Mathematical Disciplines and Information Technologies in Aviation Systems of the Flight Academy of the National Aviation University, 1, Stepan Choban Str., Kropyvnytskyi, Kirovohrad region, Ukraine, 25005; lora-sag@ukr.net; ORCID: 0000-0002-2560-4383

