



2. ПЕДАГОГІЧНИЙ ТА ПСИХОЛОГІЧНИЙ ДОСВІД



Олексій Миколайович Рева,
доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник
Українського інституту науково-технічної
експертизи та інформації,
м. Київ, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5954-290X>



Володимир Вікторович Камишин,
доктор педагогічних наук,
с.н.с., член-кореспондент НАПН України,
в.о. директора Українського інституту
науково-технічної експертизи та інформації,
м. Київ, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8832-9470>



Світлана Валеріївна Радецька,
кандидат педагогічних наук,
доцент, завідувач кафедри теорії та
практики галузевого перекладу
Херсонського національного технічного
університету,
м. Херсон, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7308-8179>



Володимир Олександрович Липчанський,
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки, менеджменту та
комерційної діяльності
Центральноукраїнського національного
технічного університету,
м. Кропивницький, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3803-0518>

УДК 303.732.4

DOI: [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-2\(77\)-35-46](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2020-2(77)-35-46)



КІБЕРНЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВСТАНОВЛЕННЯ НЕЧІТКОЇ МІРИ РОЗПІЗНАВАННЯ РІВНІВ АКАДЕМІЧНОЇ ОБДАРОВАНОСТІ ЯК ПОКАЗНИКА УПРАВЛІННЯ ОСВІТНІМ ПРОЦЕСОМ

Анотація.

З огляду на те, що управління освітнім процесом – це безперервний ланцюг рішень, обґрунтовано, що воно має відбуватися, відповідно до таких сучасних кваліметричних показників цих рішень, як нечіткі оцінки рівнів академічної обдарованості, основні навчальні домінанти прийняття рішень, рівні домагань і системи переваг учасників процесу. Встановлено особливу роль нечітких моделей кваліметрії рівнів академічної обдарованості, що побудовані відповідно до методології нечіткої математики, для терм-множин лінгвістичних змінних відповідних якісних шкал (4-бальної, європейської «полегшеної» ECTS, 12-бальної) оцінювання рівнів академічної обдарованості на континуумі унікальної за вимірювальними властивостями абсолютної 100-бальної шкали. Моделі забезпечують як обґрунтовану кількісно-якісну відповідність оцінок у межах однієї шкали, так і обґрунтований перехід з однієї шкали в іншу.

У статті встановлено, що найбільш розрізненими є оцінки 12-бальної шкали, які мають найменшу нечітку ентропію 0,77, а найменш розрізненими – оцінки європейської шкали ECTS, де нечітка ентропія становить величину 0,86. Оцінки 4-бальної шкали займають проміжне значення за мірою розрізнення, яке дорівнює 0,81. Найгірша оцінка X і найкраща оцінка A європейської «полегшеної» шкали ECTS мають однакові показники розрізненості, тоді як для 4-бальної шкали ця різниця становить 27,5 %, а для 12-бальної шкали – 85,7 %. З порівняння міри розрізненості оцінок 4-бальної і 12-бальної шкал, орієнтовуючись на рівні академічної обдарованості, випливає, що оцінки, які стосуються низького та середнього рівня краще, відповідно на 3,4 % і 3,6 % для першої з них. Водночас набагато більш розрізненими є оцінки 12-бальної шкали, які охоплюють достатній і високий рівень академічної обдарованості, – відповідно на 13,3 % і 11,6 %.

Ключові слова: кількісно-якісні показники рівнів академічної обдарованості; міра розпізнавання; нечітка ентропія.

Якість управління будь-яким освітянським процесом забезпечується, насамперед, ефективністю безперервного, обґрунтованого, раціонального, ситуативного, конструктивного тощо ланцюга рішень, які приймаються і реалізуються в явній/неявній формі для забезпечення цього процесу. Зазначені рішення можуть бути об'єктивними чи суб'єктивними і здійснюватися під впливом багатьох чинників (як внутрішніх, так і зовнішніх), а також ризиків стохастичної і не стохастичної природи. Унаслідок цього необхідно погодитися з думкою лауреата Нобелівської премії Г. Саймона, який стверджував, що «прийняття рішень – це суть процесу управління і, що прогрес у сфері менеджменту можна забезпечити, навчаючи керівників методам прийняття рішень, а не намагаючись винайти будь-які ідеальні організаційні структури» [26]. Однак, з іншого боку, управління, тобто прийняття рішень (ПР), має відбуватися з використанням об'єктивних, добре зрозумілих і фізично вимірюваних показників і характеристик освітнього процесу (ОП). До таких показників, застосовують методологію системного аналізу та теорії прийняття рішень, було зараховано [1–3 та ін.]:

– нечіткі моделі оцінювання рівнів академічної обдарованості (РАО) (а також рівнів навчальних досягнень (РНД)), що дають уявлення про кількісно-якісну відповідність освітніх результатів на континуумі унікальної за кваліметричними особливостями абсолютної 100-бальної шкали, а також забезпечують перехід через цей континуум з однієї якісної шкали (4-бальної, ECTS, 12-бальної тощо) в іншу;

– основні навчальні домінанти, що є невід'ємним складником ПР у ОП і застосовуються для порівняння корисності (ступеня прийнятності, привабливості) альтернатив, з яких відбувається вибір і визначають ставлення до ризику, а отже, і мотивацію тих, хто навчається, на досягнення успіху/запобігання невдач;

– рівні домагань, як системо утворюючі чинники особистості, що визначають адекватність самооцінювання в прагненні досягти бажаного кінцевого результату. Так звана напруга домагання є рушійним чинником у збільшенні мотивації та досягнення бажаного кінцевого результату;

– системи переваг учасників ОП як систематизований (упорядкований) за визначеними критеріями показників і характеристик цього процесу, що значно полегшує здійснення процедури вибору тощо.

Вкажемо, що застосування лише кваліметричних показників основних навчальних домінант (якісні перетворення) і рівнів домагань (цількісні перетворення) в алгоритмі управління особистісно-орієнтованим розвитком РАО/РНД, сприяло виникненню синергетичного ефекту [4]. Особливу увагу привернемо також до актуальності проблеми виявлення, а за потреби – і до формування в користувачів перелічених показників стійких навичок ментального уявлення їх значущості, особливостей кваліметрії та прояву, а також впливу на об'єкти і суб'єкти керування ОП.

На сьогодні кваліметричні показники управління ОП, що перелічено вище, досліджує, на жаль, обмежена кількість науковців і фахівців, представників наукової школи одного зі співавторів



цієї публікації. Серед відповідних наукових досягнень необхідно привернути увагу до комплексу нечітких моделей кваліметрії РАО, що дає змогу здійснювати перехід з однієї оцінювальної шкали в іншу через континуум 100-бальної шкали з чітко визначеною впевненістю щодо кількісно-якісної відповідності оцінок різних шкал, застосовуваних у вітчизняній освітянській системі, зокрема національних 4-бальної і 12-бальної, європейської ECTS. Зауважимо, що зазначену впевненість характеризує значення функції належності лінгвістичної змінної «РНД» у певній точці чи на певному інтервалі 100-бальної шкали. Приклади таких функцій належності, що побудовані на континуумі 100-бальної шкали для національної 4-бальної і європейської шкали ECTS представлено на рисунку 1, де проілюстровано узагальнені і за спеціальною методологією оброблені думки 328 науково-педагогічних працівників українських закладів вищої освіти III–IV рівня акредитації. Було також введено імперативи на значення функцій належності, що сприяло уточненню й

об'єктивізації кваліметричних показників РАО, а також удосконаленню процедур їх поглибленого аналізу [2; 5; 6].

Такі дослідження є актуальними, незважаючи на чинні нормативи МОН України, оскільки, з одного боку, вони базуються на чіткому науковому обґрунтуванні кваліметричних особливостей характеристик і показників ОП, а з іншого – є об'єктивно потрібними за перманентної позитивної динаміки ОП. Наприклад, упровадження в практику оцінювання РАО/РНД більш надійних і валідних тестових завдань об'єктивно вимагає відповідної зміни критеріальних оцінок успішності їх виконання, особливо якщо йдеться про тестові завдання підвищеної складності, або впровадження в ОП нових, більш досконалих шкал, відмінних від застосовуваних розмірності. Таблиця 1 наочно ілюструє відповідність нормативних критеріїв МОН України і Казахстану щодо оцінювання РНД реальному спільному ставленню науково-педагогічних працівників цих країн до освітніх результатів [6].

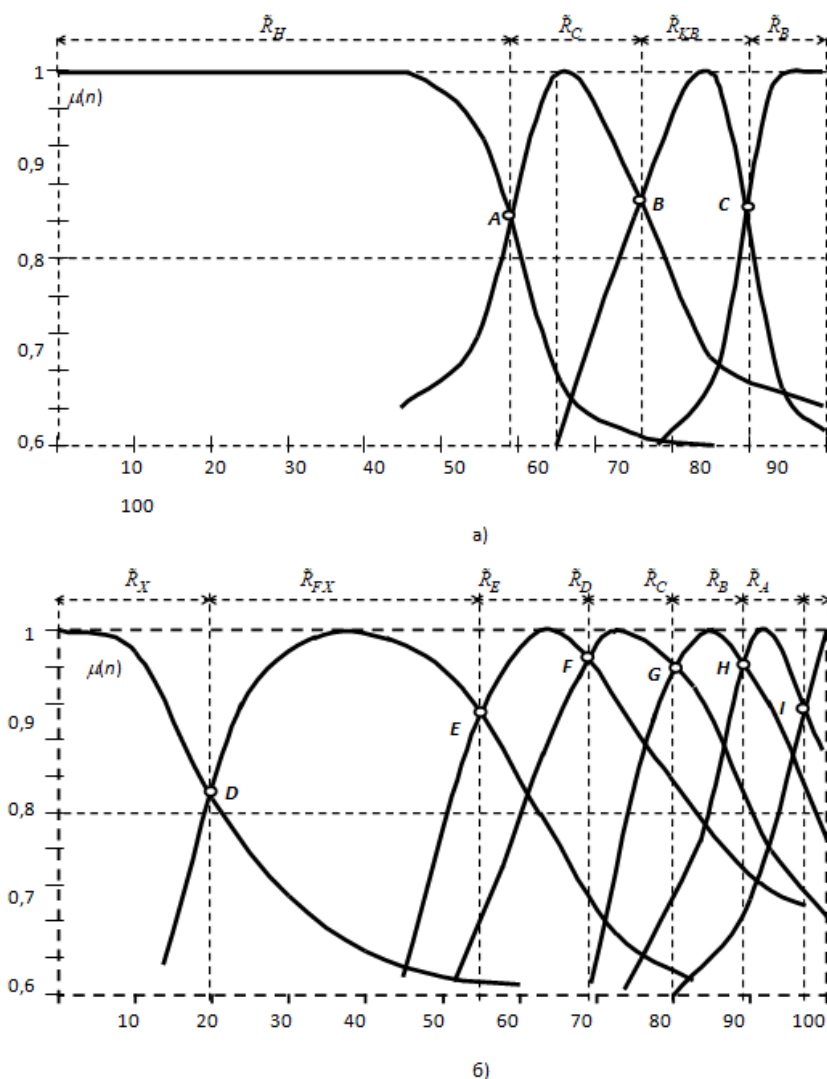


Рис. 1. Приклади емпіричних функцій належності лінгвістичної змінної «рівень академічної обдарованості»: а) для вітчизняної 4-бальної шкали; б) для шкали ECTS



Таблиця 1

Порівняння відповідності нормативних критеріїв оцінювання результатів навчання студентів думкам науково-педагогічних працівників

№	Відповідність оцінок у освітянській системі	Рівні освітніх досягнень			
		Н	С	Д	В
1	2	3	4	5	5
1	Казахстан	0–49	50–74	75–89	90–100
2	Україна	0–59	60–74	75–89	90–100
3	Емпіричні результати	0–58	59–78	79–91	92–100

З таблиці 1 зрозуміло науково-педагогічні працівники загалом є більш вимогливими стосовно нормативних вимог до оцінювання знань щодо середнього, достатнього та високого РАО/РНД, а певне ліберальне ставлення до низького РНД/РАО легко усувається введеними в працях [5; 6] імперативами на величину функції належності. Таким чином, ідеться про необхідність моніторингу й уточнення зазначених нормативів.

Зауважимо, що ефективність застосування будь-якої шкали оцінювання РАО як показників управління ОП, суттєво залежить не лише від закладених в ній кваліметричних особливостей, а й від внутрішнього переконання користувачів шкали в адекватності якісних (лінгвістичних, мотиваційних) і кількісних показників педагогічних вимірювань, що здійснюються за її допомогою. Тому вважаємо потрібним як з наукової, так і з практичної точок зору розв'язати питання щодо введення та кількісного оцінювання певної кваліметричної міри, що характеризує можливості розрізнення суб'єктами (педагогічний персонал) і об'єктами (ті, хто навчаються) ОП досліджуваних РАО на континуумі унікальної за кваліметричними властивостями абсолютної 100-бальної шкали, що застосовують як аргумент нечіткої моделі встановлення цих РАО (рис. 1).

З огляду на специфіку досліджуваних нечітких моделей кваліметрії РАО виду, поданих на рисунку 1, уявляється можливим виявити нечітку міру розпізнавання цих рівнів учасниками ОП на континуумі абсолютної 100-бальної шкали. З аналізу наукових джерел [8–3; 15; 16; 18–20 та ін.] видно різноманітність відповідних нечітких мір. Оглядаючи їх спектр, вважаємо доцільним орієнтуватися на нечітку ентропію, оскільки її вимірність для оцінювання міри розпізнавання кваліметричних показників так званих гуманістичних систем переконливо доведена у працях [8; 14; 16; 18; 24; 25 та ін.]. Зокрема, ідеться про нечітку міру розпізнавання в ерготичних авіаційних гуманістичних системах: ступеня відповідності льотно-технічних характеристик тренажерів і літаків початкового навчання; точності пілотування відповідно до прийнятої шкали за визначеними польотними параметрами; рівнів небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден.

Вкажемо, що за визначенням Л. Заде (Lotfi Askar Zadeh), одного з фундаторів нечіткої математики, «гуманістичні – це такі системи, на поведінку яких значний вплив здійснюють судження, сприйняття або емоції людини: економічні системи, правові системи, загальноосвітні системи тощо. Сама людина (індивід) та процеси її мислення також можуть розглядатись як гуманістичні системи» [21]. Таким чином, гуманістичні системи – це будь-які системи, до функціонування яких залучена людина. Залежно від цілей, яких прагне досягти людина в гуманістичній системі, може бути виділена деяка множина класів гуманістичних систем. Тому відповідно до критеріїв, встановлених у праці [22], до числа гуманістичних нескладно зарахувати ще й освітні гуманістичні системи, а саме: такі, в яких мета діяльності фахівця – науково-педагогічного працівника, педагогічного колективу є передача тим, хто навчається, необхідних знань, вмінь та навичок, умінь вчитися тощо. Наведена спорідненість гуманістичних систем дає змогу вважати можливим застосування методів визначення нечіткої ентропії в них. Таким чином, відповідно до вищевказаного і змісту наукових джерел [8–18 та ін.], метою цієї статті є встановлення нечіткої міри розпізнавання РАО за допомогою кількісних показників нечіткої ентропії.

Ентропія будь-якої системи вимірює ступінь невпорядкованості компонентів системи щодо ймовірності їх стану. І якщо розглядати N станів E_1, E_2, \dots, E_N деякої системи, з якими пов'язана відповідна ймовірність p_1, p_2, \dots, p_N їх існування, то тоді ентропія системи в загальному розумінні визначається так:

$$H(p_1, p_2, \dots, p_N) = -\sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln p_i. \quad (1)$$

Нескладно довести, що $H = 0$, тобто ентропія системи мінімальна, якщо:

$$\forall \begin{cases} p_r = 1; \\ r \in \{1, 2, \dots, N\}; \\ i \neq r. \end{cases} \quad p_i = 0. \quad (2)$$

Однак, якщо $P = 1$, то ентропія системи максимальна за умови:



$$p_1 = p_2 = \dots = p_N = \frac{1}{N}. \quad (3)$$

Якщо застосувати відому формулу

$$H(p_1, p_2, \dots, p_N) = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i. \quad (4)$$

то ентропія буде змінюватися в нормованому і добре інтерпретованому інтервалі $[0, 1]$. У такому разі:

$$H_{\min} = 0, \quad H_{\max} = 1. \quad (5)$$

Розглянемо загальні рекомендації щодо застосування поняття нечіткої ентропії деякої підмножини. Використовуючи значення функції належності кожного терму (якісної оцінки) лінгвістичної змінної «РАО», що утворює цю нечітку підмножину (шкалу), вводиться такий показник нечіткої ентропії $\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$ [8]:

$$\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) = \frac{\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)}{\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)}, \quad (6)$$

де $\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$ – значення функції належності j -го терму \tilde{R}_j (окремої оцінки лінгвістичної змінної «РАО»), що разом з іншими термами (оцінками) утворюють певну терм-множину (множину термінів) певної оціночної шкали розмірністю $n(j=1, n)$, на певному i -му інтервалі (Δn_i) кількісної 100-бальної шкали;

N_j – кількість значень функції належності j -го терму лінгвістичної змінної «РАО», отримані в процесі досліджень.

$$H(\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_1), \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_2), \dots, \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_{N_j})) = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^{N_j} [\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)] =$$

$$= \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) \right) \cdot \left(\ln \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) \right) - \sum_{i=1}^{N_j} \left(\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) \ln \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) \right) \right]}{\ln N_j \sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)}. \quad (10)$$

Для зручності застосування формул (6) і (10) подано результати досліджень, на яких будувалася нечітка модель, наприклад, на рисунку 1 (а), у відповідному табличному виді (табл. 2). Вкажемо, що в такому

Розглядаючи терм-множини лінгвістичної змінної «РАО», вкажемо, що:

– для 4-бальної національної шкали терм-множина зазначеної лінгвістичної змінної охоплює чотири рівні РАО (низький (Н), середній (С), достатній – конструктивно-варіативний (КВ), високий (В)) і формально записується так:

$$T^M(РАО) = \tilde{R}_H + \tilde{R}_C + \tilde{R}_{KB} + \tilde{R}_B; \quad (7)$$

– для шкали ECTS йдеться вже про сім термів-оцінок РАО:

$$T^M(РАО) = \tilde{R}_X + \tilde{R}_{EX} + \tilde{R}_E + \tilde{R}_D + \tilde{R}_C + \tilde{R}_B + \tilde{R}_A; \quad (8)$$

– для національної 12-бальної шкали – про 12:

$$T^M(РАО) = \tilde{R}_1 + \tilde{R}_2 + \tilde{R}_3 + \tilde{R}_4 + \tilde{R}_5 + \tilde{R}_6 + \tilde{R}_7 + \tilde{R}_8 + \tilde{R}_9 + \tilde{R}_{10} + \tilde{R}_{11} + \tilde{R}_{12}; \quad (9)$$

де «+» – умовна позначка логічного об'єднання термів (оцінок) у шкалу.

Значимо, що значення функції належності – це число з інтервалу $[0, 1]$ ($\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i) = [0, 1]$), що вказує на ступінь впевненості у висновку, де певний кількісний вимір РАО, що проведений за 100-бальною шкалою дійсно «скоріше належить/неналежить» до відповідної якісної (лінгвістичної оцінки).

У такому випадку загальну формулу обчислень ентропії розрізнення / не розрізнення кожної нечіткої (лінгвістичної) оцінки шкал 7–9 можна подати так:

обчисленні знаменника виразу (6) тривіальні та подані в останньому рядку таблиці 2. Розглянемо для прикладу знаходження показників нечіткої ентропії терму «низький РАО» (\tilde{R}_j) за допомогою формули (6):

$$\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_1) = \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_2) = \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_3) = \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_4) = \frac{1}{5,54} = 0,18;$$

$$\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_5) = \frac{0,93}{5,54} = 0,17; \quad \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_6) = \frac{0,5}{5,54} = 0,09; \quad \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_7) = \frac{0,08}{5,54} = 0,01; \quad \pi_{\tilde{R}_j}(\Delta L_8) = \frac{0,03}{5,54} = 0,01.$$



Таблиця 2

Приклад формування матриці значень функцій належності лінгвістичної змінної «Рівень академічної обдарованості» для обчислень нечіткої ентропії розпізнавання якісних оцінок національної 4-бальної шкали на континуумі 100-бальної шкали

Інтервали континууму 100-бальної шкали	Значення функцій належності $\mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$ термів 4-бальної шкали			
	\tilde{R}_H	\tilde{R}_C	\tilde{R}_{KB}	\tilde{R}_{KB}
1	2	3	4	5
$\Delta n_1 = 0 \div 10$	1	0	0	0
$\Delta n_2 = 11 \div 20$	1	0	0	0
$\Delta n_3 = 21 \div 30$	1	0	0	0
$\Delta n_4 = 31 \div 40$	1	0,06	0	0
$\Delta n_5 = 41 \div 50$	0,93	0,18	0	0
$\Delta n_6 = 51 \div 60$	0,5	0,72	0	0
$\Delta n_7 = 61 \div 70$	0,08	0,91	0,34	0
$\Delta n_8 = 71 \div 80$	0,03	0,45	0,88	0,04
$\Delta n_9 = 81 \div 90$	0	0,18	0,65	0,65
$\Delta n_{10} = 91 \div 100$	0	0,11	0,05	1
$\sum_{i=1}^{N_j} \mu_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$	5,54	2,61	1,92	1,69

Результати проведених обчислень подані у графі 2 таблиці 3, у якій останній рядок заповнюється після застосування формули (10). За аналогією обчислено та подані в інших графах цієї таблиці значення нечіткої ентропії $\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$

інших оцінок РАО досліджуваної національної 4-бальної шкали. Розглянемо приклад знаходження інтегративного (цілісного) показника нечіткої ентропії $H(\tilde{R}_j)$ для терму «низький РАО» шкали 7:

$$\begin{aligned}
 H\left(\pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_i)\right) &= -\frac{1}{\ln N_H} \sum_{j=1}^{N_H=8} \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_j) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_j) = \\
 &= \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_1) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_1) + \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_2) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_2) + \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_3) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_3) + \\
 &+ \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_4) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_4) + \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_5) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_5) + \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_6) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_6) + \\
 &+ \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_7) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_7) + \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_8) \cdot \ln \pi_{\tilde{R}_H}(\Delta n_8) = \\
 &= 4 \cdot 0,18 \cdot \ln 0,18 + 0,17 \cdot \ln 0,17 + 0,09 \cdot \ln 0,09 + 2 \cdot 0,01 \cdot \ln 0,01 = 0,88.
 \end{aligned}$$

Далі за аналогією було обчислено та подано в останньому рядку таблиці 3 показники нечіткої ентропії розрізнення

інших якісних оцінок РАО національної 4-бальної шкали на континуумі кількісної 100-бальної шкали.

Таблиця 3

Показники нечіткої ентропії як міри розпізнавання термів (оцінок) 4-бальної шкали на континуумі 100-бальної шкали

Інтервали континууму 100-бальної шкали	Значення нечіткої ентропії $\pi_{\tilde{R}_j}(\Delta n_i)$ розпізнавання термів (оцінок) 4-бальної шкали			
	\tilde{R}	\tilde{R}_I	\tilde{R}_{KB}	\tilde{R}
1	2	3	4	5
$\Delta n_1 = 0 \div 10$	0,18	0	0	0



$\Delta n_2 = 11 \div 20$	0,18	0	0	0
$\Delta n_3 = 21 \div 30$	0,18	0	0	0
$\Delta n_4 = 31 \div 40$	0,18	0,02	0	0
$\Delta n_5 = 41 \div 50$	0,17	0,07	0	0
$\Delta n_6 = 51 \div 60$	0,09	0,28	0	0
$\Delta n_7 = 61 \div 70$	0,01	0,35	0,18	0
$\Delta n_8 = 71 \div 80$	0,01	0,17	0,46	0,02
$\Delta n_9 = 81 \div 90$	0	0,07	0,34	0,38
$\Delta n_{10} = 91 \div 100$	0	0,04	0,03	0,59
$H(\tilde{R}_j)$	0,88	0,83	0,83	0,69

З отриманих результатів бачимо, що міра розрізнення якісних оцінок національної 4-бальної шкали на континуумі абсолютної 100-бальної шкали обернена до значущості оцінок: чим більш престижною є лінгвістична оцінка, тим вищий рівень її розрізненості, а отже, менше абсолютне значення ентропії. Міра розрізненості найгіршої якісної оцінки досліджуваної шкали дорівнює величині $H(\tilde{R}_H) = 0,88$ і на 27,5 % гірша за показник найкращої оцінки: $H(\tilde{R}_B) = 0,69$. Середнє значення ентропії всієї 4-бальної шкали дорівнює величині 0,81, а середнє геометричне значення є дещо обережнішим – 0,80.

Для здійснення порівняльного аналізу ефективності розрізнення тими самими науково-педагогічними працівниками якісних (лінгвістичних) оцінок інших за розмірністю шкал на континуумі тієї ж 100-бальної шкали, застосову-

ючи вже на рисунку 1 (б), було обчислено і подано в таблиці 4 показники нечіткої ентропії оцінок шкали ECTS. У цій же таблиці, застосовуючи нечіткі моделі кваліметрії РАО у 12-бальній шкалі [1; 2], подано результати обчислення нечіткої ентропії розпізнавання оцінок цієї шкали.

Отже, найбільш розрізненою є найкраща оцінка 12-бальної шкали, оскільки $H(\tilde{R}_{12}) = H(\tilde{R}_j) = 0,49$, найменш розрізненою, – найгірша оцінка цієї ж шкали: $H(\tilde{R}_1) = H(\tilde{R}_j) = 0,91$. Як бачимо, найкращою з точки зору мінімізації узагальненої невизначеності думок науково-педагогічних працівників щодо ступеня розрізненості якісних оцінок досліджуваних шкал на континуумі 100-бальної шкали є 12-бальна шкала, а найгіршою – шкала ECTS, а от 4-бальна шкала посідає проміжне місце між ними, оскільки:

$$\bar{H}(\tilde{R}_{j=A,X}) = 0,86 > \bar{H}(\tilde{R}_{j=2,4}) = 0,81 > \bar{H}(\tilde{R}_{j=1,12}) = 0,77. \quad (11)$$

Таблиця 4

Порівняльний аналіз міри розрізнення науково-педагогічними працівниками якісних оцінок національної 4-бальної європейської шкали ECTS на континуумі 100-бальної шкали

№	Шкала	Показники нечіткої ентропії			
		для найгіршої оцінки шкали	для найкращої оцінки шкали	для шкали загалом	
				усереднений показник, $\bar{H}(\tilde{R}_j)$	середнє геометричний показник, $H(\tilde{R}_j)$
1	2	3	4	5	6
1	Національна 4-бальна	$H(\tilde{R}_j) = 0,88$	$H(\tilde{R}_B) = 0,69$	0,81	0,80
2	Європейська ECTS	$H(\tilde{R}_X) = 0,75$	$H(\tilde{R}_A) = 0,75$	0,86	0,86
3	Національна 12-бальна	$H(\tilde{R}_1) = 0,91$	$H(\tilde{R}_{12}) = 0,49$	0,77	0,76
Середнє значення		0,85	0,64	0,81	0,81
Середнє геометричне значення		0,84	0,63	0,81	0,81

$$\hat{H}(\tilde{R}_{j=A,X}) = 0,86 > \hat{H}(\tilde{R}_{j=2,4}) = 0,80 > \hat{H}(\tilde{R}_{j=1,12}) = 0,76. \quad (12)$$



Певна близькість міри розрізненості оцінок 4-бальної і 12-бальної шкали нескладно пояснити тим, що друга з них є похідною від першої та наочно ілюструє рисунку 2 [1; 2; 23].



Рис. 2. Співвідношення якісних лінгвістичних оцінок рівнів навчальних досягнень 4-бальної та 12-бальної шкал

Наведене дає змогу об'єднати отримані значення нечіткої ентропії розрізнення оцінок 12-бальної шкали за якісними РАО і знову ж порівняти їх з відповідними показниками 4-бальної шкали (табл. 5). З отриманих результатів, й для 12-бальної шкали спостерігається обернений характер (навіть ще чіткіше виражений, ніж для 4-бальної) залежності між значущістю оцінок й рівнем їх розрізненості. Для низького та середнього РАО показники їх розрізненості краще для 4-бальної шкали відповідно на 3,4 % і 3,6 %. Разом з тим, для більш привабливих РАО, а саме достатнього та високого, їх розрізненість краща

вже для 12-бальної шкали: відповідно на і 13,3 % і 11,6%.

Таким чином, уперше доведено можливість застосування показників нечіткої ентропії для встановлення міри розпізнавання науково-педагогічними працівниками якісних оцінок різних шкал на континуумі кількісної 100-бальної шкали. Це має принциповий характер для визначення показників, за яких здійснюється управління ОП. Однак, науковий і практичний інтерес має застосування з відповідною метою інших нечітких мір, зокрема Сугено і Шоке, що має стати предметом подальших досліджень.

Таблиця 5

Порівняння міри розрізнення оцінок 4-бальної та 12-бальної шкал з урахуванням академічної обдарованості

Нечітка ентропія розрізненості оцінок 12-бальної шкали	Показники, узагальнені по рівнях академічної обдарованості		Рівні академічної обдарованості	Нечітка ентропія розрізнення рівнів досягнень у 4-бальній шкалі $H(\tilde{R}_{j, j=2,4})$
	$\bar{H}(\tilde{R}_{PAO_k})$	$\hat{H}(\tilde{R}_{PAO_k})$		
1	2	3	4	5
$\bar{H}(\tilde{R}_{1, j=1,12}) = 0,91$	0,91	0,91	Низький, початковий	$H(\tilde{R}_H) = 0,88$
$\bar{H}(\tilde{R}_{2, j=1,12}) = 0,88$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{3, j=1,12}) = 0,93$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{4, j=1,12}) = 0,84$	0,86	0,86	Середній, репродуктивний	$H(\tilde{R}_C) = 0,83$
$\bar{H}(\tilde{R}_{5, j=1,12}) = 0,86$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{6, j=1,12}) = 0,88$				



$\bar{H}(\tilde{R}_{7, j=1,12}) = 0,70$	0,72	0,72	Достатній, конструктивно- варіативний	$H(\tilde{R}_{KB}) = 0,83$
$\bar{H}(\tilde{R}_{8, j=1,12}) = 0,78$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{9, j=1,12}) = 0,69$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{10, j=1,12}) = 0,78$	0,61	0,59	Високий, творчий	$H(\tilde{R}_B) = 0.69$
$\bar{H}(\tilde{R}_{11, j=1,12}) = 0,55$				
$\bar{H}(\tilde{R}_{12, j=1,12}) = 0,49$				

Таким чином, відповідно до отриманих і поданих у цій статті нових наукових результатів, зосередимося на таких найбільш важливих положеннях.

1. Уперше науково-обгрунтовано та практично доведено можливість застосування апарату нечіткої математики, зокрема нечіткої ентропії для встановлення міри розрізнення якісних оцінок спектру шкал (національних 4-бальної та 12-бальної, а також європейської «полегшеної» ECTS) на континуумі кількісної абсолютної 100-бальної шкали.

2. Встановлено, що найбільш розрізненими є оцінки 12-бальної шкали $\bar{H}(\tilde{R}_{j=1,12}) = 0,77$, найменш розрізненими – оцінки європейської шкали ECTS: $H(R_{ECTS}) = 0,86$, а узагальнені показники розрізненості оцінок 4-бальної шкали займають проміжне значення $\bar{H}(\tilde{R}_{j=2,4}) = 0,81$.

3. Найгірша оцінка \bar{X} і найкраща оцінка A європейської «полегшеної» шкали ECTS мають однакові показники розрізненості, тоді як для 4-бальної шкали ця різниця становить 27,5 %, а для 12-бальної шкали – 85,7 %.

4. З порівняння міри розрізненості оцінок 4-бальної та 12-бальної шкал, орієнтуючись на РАО, впливає, що оцінки, які стосуються низького та середнього рівня краще, відповідно на 3,4 % і 3,6 %. Разом з тим, набагато більш розрізненими є оцінки 12-бальної шкали, що охоплюють достатній і високий РАО – відповідно на 13,3 % і 11,6 %.

5. Подальші дослідження вважаємо доцільним проводити за такими напрямками: а) застосування нечітких мір Сугено і Шоке для більш поглибленого аналізу міри розрізнення якісних оцінок РАО на континуумі кількісної шкали; б) розроблення інтелектуального модулю підтримки рішень у процесі управління освітнім процесом тощо.

Використані літературні джерела

1. Камішин В.В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія. Київ : Інформ. сист., 2012. 270 с.

2. Камішин В.В. Теоретико-методологічні основи системно-інформаційної кваліметрії в управлінні навчально-виховним процесом : автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.06. Київ, 2014.

3. Камішин В.В. Розробка структурної моделі системно-інформаційної кваліметрії в управлінні розвитком академічної обдарованості. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2016. № 12. С. 5–11.

4. Камішин В.В., Рева О.М., Бурдельна Є.А., Трушковський К.Ю. Синергетика особистісно-орієнтованого розвитку академічної обдарованості. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2019. № 1. С. 53–62.

5. Камішин В.В. Імперативи у встановленні прохідного балу рівнів навчальних досягнень студентів. *Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика*. 2013. Вип. 11. С. 49–59.

6. Рева А.Н. Модели нечеткой кваліметрії и сопоставления уровней учебных достижений студентов в разных оценочных шкалах. Варна, Болгария, 31 мая – 7 июня 2013 г., в 3-х т. Т. II. Днепропетровск–Варна, 2013. С. 411–416.

7. Шеридан Т.Б. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором. Москва : Машиностроение, 1980. 400 с.

8. Кофман А. Введение в теорию нечетких. Москва: Радио и связь, 1982. 432 с.

9. Аверкин А.Н. Нечеткие множества в задачах управления и искусственного интеллекта. Москва : Книга по Требованию, 2013. 312 с.

10. Нечеткие множества и теория возможностей : последние достижения : пер. с англ. В. Б. Кузьмина ; под ред. С. И. Травкина, Р. Р. Ягера. Москва : Радио и связь, 1986. 408 с.

11. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. Т. 3. Эффективность технических. Москва : Машиностроение, 1988. 328 с.

12. Дюбуа Д. Теория возможностей: Приложения к представлению знаний в информатике. Москва: Радио и связь, 1990. 288 с.

13. Zhenyuan Wang. Fuzzy Measure Theory / Zhenyuan Wang, J. George // Plenum Press, New York, 1991.



14. Рева А.Н. Эргономические основы первоначальной профессиональной подготовки пилотов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта: в 2 т. / Киевский международный университет гражданской авиации. Т. 1. Киев, 1996. 376 с.

15. Сявавко М.С. Математика прихованих можливостей : навч. посіб. Острог : Нац. ун-т «Острозька академія», 2011. 396 с.

16. Шульгін В.А. Нечітка ентропія як міра розпізнавання пілотами оцінок точності пілотування. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2013. № 10. С. 231–235.

17. Рева О.М., Шульгін В.А., Мухтаров П.Ш., Мірзосєв Б.М. Нечітка міра розпізнавання авіадиспетчерами небезпеки порушень норм ешелонування повітряних суден. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2015. № 7. С. 141–147.

18. Касьянов В.А. Безопасность полетов как объект субъективного анализа. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. № 4. Т. 2. С. 47–53.

19. Касьянов В.А. Субъективный риск для предметных и рейтинговых предпочтений. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. № 4. С. 30–41.

20. Борсук С.П. Нечітка ентропія розрізнення студентами авіаційними диспетчерами рівня ризику під час порушення норм горизонтального ешелонування. Київ : НАУ-друку, 2015. С. 14–18.

21. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений, пер. с англ. Н. И. Ринго. Москва : Мир, 1976. 165 с.

22. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Ленинград : Наука, 1982. 270 с.

23. Трушковський Ю.К. Кваліметричні особливості 12-бальної шкали оцінювання знань учнів. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. № 10. С. 16–19.

24. Манасян Н.С. Нечеткая энтропия как критерий отбора инновационных проектов. 2013. №1 (33). С. 49–53.

25. Смагин В.А. Вероятностный критерий оценивания нечеткой энтропии. *Информация и космос*. 2015. № 2. С. 42–46.

26. Саймон Герберт / М. Блауг // 100 великих экономистов после Кейнса = Great Economists since Keynes: An introduction to the lives & works of one hundred great economists of the past. Санкт-Петербург : Экономикс, 2009. С. 252–255.

References

1. Kamyshyn, V.V. (2012). *Metody systemnoho analizu u kvalimetrii navchalno-vykhovnoho protsesu [Methods of system analysis in the qualimetry of the educational process]*. Kyiv. 270 p.

2. Kamyshyn, V.V. (2014). *Teoretyko-metodolohichni osnovy systemno-informatsiinoi kvalimetrii v upravlinni*

navchalno-vykhovnym protsesom [Theoretical and methodological foundations of system-information qualimetry in the management of the educational process]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv.

3. Kamyshyn, V.V., & Reva, O.M. (2016). *Rozrobka strukturnoi modeli systemno-informatsiinoi kvalimetrii v upravlinni rozvytkom akademichnoi obdarovanosti [Development of a structural model of system-information qualimetry in the management of the development of academic talent]*. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti – Education and development of a gifted person*. 12. P. 5–11.

4. Kamyshyn, V.V., Reva, O.M., Burdelna, Ye.A., & Trushkovskiy, K.Iu. (2019). *Synerhetyka osobystisno-oriietovanoho rozvytku akademichnoi obdarovanosti [Synergetics of personality-oriented development of academic talent]*. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti – Education and development of a gifted person*. 1. P. 53–62.

5. Kamyshyn, V.V. (2013). *Imperatyvy u vstanovleni prokhidnoho balu rivniv navchalnykh dosiahnen studentiv [Imperatives in establishing the passing score of student achievement levels]*. *Navchannia i vykhovannia obdarovanoi dytyny: teoriia ta praktyka – Education and upbringing of a gifted child: theory and practice*. Vol. 11. P. 49–59.

6. Reva, A.N. (2013). *Modeli nechetkoj kvalimetrii i sopostavlenija urovnej uchebnyh dostizhenij studentov v raznyh ocenochnyh shkalah [Models of fuzzy qualimetry and comparison of levels of student achievement in different assessment scales]*. Varna. P. 411–416.

7. Sherydan, T.B. (1980). *Sistemy chelovekmashina: Modeli obrabotki informacii, upravlenija i prinjatija reshenij chelovekom-operatorom [Human-machine systems: Models of information processing, control and decision-making by a human operator]*. Moscow, 400 p.

8. Kofman, A. (1982). *Vvedenie v teoriju nechetkih [Introduction to the theory of fuzzy]*. Moscow. 432 p.

9. Averkyn, A.N. (2013). *Nechetkie mnozhestva v zadachah upravlenija i iskusstvennogo intellekta [Fuzzy sets in control and artificial intelligence tasks]*. Moscow. 312 p.

10. Travkyna, S.Y., & Yahera, R.R. (in Ed.) (1986). *Nechetkie mnozhestva i teorija vozmozhnostej : poslednie dostizhenija [Fuzzy sets and theory of possibilities: recent achievements]*. Moscow. 408 p.

11. *Nadezhnost' i jeffektivnost' v tehnikе [Reliability and efficiency in technology]* (1988). Moscow. 328 p.

12. Diubua, D. (1990). *Teorija vozmozhnostej: Prilozhenija k predstavleniju znanij v informatike [Theory of possibilities: Applications to the representation of knowledge in computer science]*. Moscow. 288 p.

13. Zhenyuan, Wang. (1991). *Fuzzy Measure Theory*. New York.

14. Reva, A.N. (1996). *Jergonomicheskie osnovy pervonachal'noj professional'noj podgotovki pilotov [Ergonomic bases of initial professional training of pilots]*. *Doctor's thesis*. Kiev. 376 p.



15. Siavavko, M.C. (2011). *Matematyka prykhovanykh mozhlyvoste [Mathematics of hidden possibilities]*. Ostroh. 396 p.

16. Shulhin, B.A. (2013). Nechitka entropiia yak mira rozpoznavannia pilotamy otsinok tochnosti pilotuvannia [Fuzzy entropy as a measure of pilots' recognition of piloting accuracy estimates]. *Avyatsyonno-kosmycheskaia tekhnika y tekhnolohiia – Aerospace engineering and technology*. 10. P. 231–235.

17. Reva, O.M., Shulhin, V.A., Mukhtarov, P.Sh., & Mirzoiev, B.M. (2015). Nechitka mira rozpoznavannia aviadyspetcheramy nebezpeky porushen norm eshelonuvannia povitrianykh suden [Fuzzy measure of recognition by air traffic controllers of the danger of violations of aircraft separation standards]. *Avyatsyonno-kosmycheskaia tekhnika y tekhnolohiia – Aerospace engineering and technology*. 7. P. 141–147.

18. Kasianov, V.A. (2012). Bezopasnost' poletov kak ob'ekt sub'ektivnogo analiza [Flight safety as an object of subjective analysis]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij – Eastern European Journal of Advanced Technology*. 4. P. 47–53.

19. Kasianov, V.A. (2014). Sub'ektivnyj risk dlja predmetnyh i rejtingovyh predpochtenij [Subjective risk for subject and rating preferences]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij – Flight safety as an object of subjective analysis. Eastern European Journal of Advanced Technology*. 4. P. 30–41.

20. Borsuk, C.P. (2015). Nechitka entropiia rozrznennia studentamy aviatsiinymy dyspetcheramy rivnia ryzyku pid chas porushennia norm horyzontalnoho eshelonuvannia [Fuzzy entropy of distinction by students by aviation dispatchers of the level of risk during violation of norms of horizontal separation]. Kiev. P. 14–18.

21. Zade, L. (1976). *Ponjatje lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij [The concept of a linguistic variable and its application to approximate decision making]*. Moscow 165 p.

22. Hubynskiy, A.Y. (1982). *Nadezhnost' i kachestvo funkcionirovaniya jergaticeskikh sistem [Reliability and quality of functioning of ergatic systems]*. Lenynhrad: 270 p.

23. Trushkovskiy, Yu.K. (2017). Kvalimetrichni osoblyvosti 12-balnoi shkaly otsiniuvannia znan uchniv [Qualimetric features of the 12-point scale for assessing students' knowledge]. *Osvita ta rozvytok obdarovanoi osobystosti – Education and development of a gifted person*. 10. P. 16–19.

24. Manasian, N.S. (2013). *Nechetkaja jentropija kak kriterij otbora innovacionnyh proektov [Fuzzy entropy as a criterion for selection of innovative projects]*. P. 49–53.

25. Smahyn, V.A. (2015). Veroyatnostnyj kriterij ocenivaniya nechetkoj jentropii [Probabilistic criterion for estimating fuzzy entropy]. *Informacija i kosmos – Information and space*. 2. P. 42–46.

26. Saimon, Herbert (2009). *100 velikih jekonomistov posle Kejnsa [An introduction to the lives & works of one hundred great economists of the past]*. St.Peterburh. P. 252–255.

Reva Oleksii, Kamyshyn Volodymyr, Radetska Svitlana, Lypchanskiy Volodymyr. Cybernetic Approach to Fuzzy Measurement Recognition of Academic Gifted Levels as an Indicator of Educational Process Management.

Summary.

Based on the fact that the management of an educational process is the essence of a continuous chain of decisions, it is justified that it should take place based on such modern qualimetric indicators of these decisions as academic talent fuzzy assessments, basic educational decision-making dominants, claims levels and benefits of the process participants. The special fuzzy models' role of academic giftedness levels of qualimetry which are built based on the methodology of fuzzy mathematics, for linguistic variables' term sets of corresponding quality scales (4-point, European "facilitated" ECTS, 12-point) assessment of academic giftedness levels according to the measuring properties of the absolute 100-point scale. The models provide both a reasonable quantitative and qualitative correspondence of estimates within one scale, and a reasonable transition from one scale to another. The corresponding conclusion is made based on the value of the membership function.

It was found that the most disparate are the scores of 12-point scale, which have the lowest fuzzy entropy of 0,77, the least disparate – the scores of the European ECTS scale: fuzzy entropy is 0,86, scores of 4-point scale are intermediate as the distinction, which is equal to 0,81. The worst grade X and the best grade A of the European "light" ECTS scale have the same differences, while for a 4-point scale this difference is 27,5%, and for a 12-point scale – 85,7%. A comparison of the difference degree between the scores on the 4-point and 12-point scales, based on the level of academic talent, shows that the grades for low and medium level are better, respectively, by 3,4% and 3,6% for the first of them. At the same time, the estimates of the 12-point scale are much more diverse, covering a sufficient and high level of academic talent – by 13,3% and 11,6%, respectively.

Key words: quantitative and qualitative indicators of academic talent levels; recognition measure; fuzzy entropy.

Рева О.М., Камышин В.В., Радецкая С.В., Липчанский В.О. Кибернетический подход к установлению нечеткой меры распознавания уровней академической одаренности как показателя управления учебным процессом.

Аннотация.

Исходя из того, что управление учебно-воспитательным процессом – это суть непрерывная цепь решений, обосновано, что оно должно происходить, опираясь на такие современные квалиметрические показатели этих решений, как нечеткие оценки уровней академической одаренности, основные доминанты принятия решений, уровни притязаний и системы предпочтений участников процесса. Установлена особая роль нечетких моделей квалиметрии



уровней академической одаренности, строящихся на основе методологии нечеткой математики для терм-множества лингвистических переменных соответствующих качественных шкал (4-балльной, европейской «облегченной» ECTS, 12-балльной) оценивания уровней академической одаренности на континууме уникальной по измерительным возможностям абсолютной 100-балльной шкалы. Модели обеспечивают как обоснованное количественно-качественное соответствие оценок в границах одной шкалы, так и обоснованный переход из одной шкалы в другую. Соответствующий вывод делается, опираясь на значение функции принадлежности.

Обоснована актуальность проблемы распознавания количественно-качественных оценок уровней академической одаренности пользователями данных шкал, а именно объектами (обучаемыми) и субъектами (педагогический персонал) управления учебно-воспитательным процессом. Применяя научную аналогию и родственность гуманистических (в понимании Л. Заде) систем, впервые научно-обосновано и практически подтверждено возможность применения аппарата нечеткой математики для установления меры различения качественных оценок спектра шкал (национальных 4-балльной и 12-балльной, а также ев-

ропейской «облегченной» ECTS) на континууме количественной абсолютной 100-балльной шкалы.

Определено, что наиболее различимыми являются оценки 12-балльной шкалы, которые имеют наименьшую нечеткую энтропию, равную 0,77, наименее различимыми – оценки европейской шкалы ECTS: нечеткая энтропия которых составляет 0,86. Оценки различимости 4-балльной шкалы занимают промежуточное значение, равное 0,81. Наихудшая оценка X и наилучшая оценка A европейской «облегченной» шкалы ECTS имеют одинаковые показатели различимости, в то время, как для 4-балльной шкалы эта разница составляет 27,5 %, а для 12-балльной шкалы – 85,7 %. Из сравнения меры различимости оценок 4-балльной и 12-балльной, ориентируясь уровни академической одаренности, вытекает, что оценки низкого и среднего уровня лучше соответственно на 3,4 % и 3,6 % для первой из них. В то же время намного более различимыми являются оценки 12-балльной шкалы, охватывающие достаточный и высокий уровень академической одаренности, – соответственно на 13,3 % и 11,6 %.

Ключевые слова: количественно-качественные показатели уровней академической одаренности; мера распознавания; нечеткая энтропия.

Стаття надійшла до редколегії 16 березня 2020 року

