

**Володимир Вікторович Kamiшин,**

кандидат технічних наук,
лауреат Державної премії УРСР
в галузі науки і техніки,
лауреат Державної премії України
в галузі освіти,
директор Інституту обдарованої дитини
НАПН України
м. Київ, Україна

УДК 37.091.2:004.4115.538:005.6

ШКАЛИ КВАЛІМЕТРІЇ У ДИДАКТИЦІ

Учитывая важность обеспечения четкой квалиметрии академической одаренности и применяя методы системного анализа, проведен сравнительный анализ наиболее известных шкал оценивания знаний (4-балльной, 7-балльной (ECTS), 9-балльной стенойнов, 10-балльной стенов, 100-балльной и 200-балльной) по критериям номинального и количественно-качественного различения обучаемых.

Ключевые слова: шкалы измерения и балльные шкалы, методы системного анализа, эффективность оценивания академической одаренности.

Considering the importance of ensuring proper Qualimetry academic giftedness and using methods of systems analysis, were hold comparative analysis of most famous knowledge assessment (4-point system, 7-point system (ECTS), 9-point stanine system, 10-point system stens, 100-point and 200-point systems) criteria for nominal, quantitative and qualitative distinction learners.

Key words: measurement scale and points scale, methods of system analysis, effectiveness estimation of academic giftedness.

Ефективність процесу кваліметрії навчально-виховного процесу (НВП) знань тих, хто навчається, залежить, з одного боку, від ефективності відповідних шкал чи систем оцінювання, що при цьому застосовуються, а з іншого – від якості навчальних завдань (у тому числі тестів), що охоплюють певну частину знань, які контролюються. Сьогодні у закладах освіти України застосовуються різні оцінні системи, зокрема, 4-бальна (скорочена 5-бальна), 12-бальна, 100-бальна та 200-бальна (від зовнішнього незалежного оцінювання – ЗНО). Ще більше таких систем спостерігається в об'єднаній Європі [1–4]. До того ж, запровадження європейської «полегшеної шкали оцінювання» ECTS, як видно з недоліків її формування не стало панацеєю та кардинально не розв'язало спірні питання взаємного визнання рівнів навчальних досягнень (РНД) студентів країн-членів Євросоюзу [5].

Міністерство освіти і науки України приділяє суттєву увагу проблемам кваліметрії знань студентів і вимагає від вищих навчальних закладів «уведення механізму об'єктивного педагогічного контролю з вивчення результатів діяльності системи вищої освіти і рівнів навчальних досягнень тих, хто навчається». Сюди віднесено також «технологію стандартизованого тестування» [6; 7]. При цьому рекомендується

орієнтуватись на вимоги Міжнародної стандартної класифікації занять (ISCO-88), Міжнародної стандартної класифікації освіти (ISCED-97), Міжнародного стандарту якості серії ISO 9000, а також на критерії та стандарти, узгоджені країнами-учасниками Болонського процесу. Узагальнені [5], відповідні процеси стримуються у вітчизняній освітянській системі відсутністю достатньої кількості наукових результатів, що б не фрагментарно, а системно та інформаційно дослідили ці процеси.

Існує безліч визначень поняття «вимірювання», що відрізняються залежно від точки зору конкретного дослідника. Спільним у визначеннях є таке: *вимірювання – це алгоритмічна операція приписування чисел речам (об'єктам, предметам, станам) у відповідності з певними правилами.* Таку відповідність забезпечує те, що результати вимірювань містять інформацію про об'єкт, де кількість інформації залежить від ступеня повноти цієї відповідності і різноманітності варіантів. Провівши аналіз сутності кваліметрії в дидактиці, Н. М. Розенберг сформулював його дефініцію так [8, 15]: «вимірювання в педагогіці – це пізнавальний процес, який на підставі числової системи (або системи класів) складається з отриманої інформації, що характеризують деякі ознаки педагогічних



об'єктів або явищ або вказують на клас, до якого вони відносяться». Вимірювання коефіцієнта інтелектуальності (IQ) – це присвоєння чисел характеру зворотної реакції, що виникає в студента, учня на групу типових тестових завдань.

Процес будь-якого вимірювання має здійснюватися за допомогою певних шкал. Використовуючи дослідження П. Супеса та Дж. Зінеса, можна визначити впорядковану трійку, що складається з емпіричної системи з відношеннями кількісної системи функції, яка гомоморфно зображує вихідну систему в іншу [9]. Таке перевтілення умовно показано на рис. 1 [5; 10].

Необхідно зазначити, що вчені вітчизняних ВНЗ проводять перманентні дослідження з удосконалення процесів організації НВП в умовах запровадження

кредитно-модульної системи (КМС) його організації й об'єктивізації процесів вимірювання та оцінювання знань студентів, шляхом застосування об'єктивного тестового контролю. Незважаючи на позитивні зрушення проблеми педагогічної кваліметрії знань упродовж останніх 15 років висвітлено в обмеженій кількості фундаментальних наукових та навчально-методичних праць [5; 11–15]. Недостатньо використовується досвід не тільки педагогічної, але і психологічної, соціологічної, біологічної кваліметрії [16–27].

Таким чином, зазначимо, що вчені та фахівці з кваліметрії НВП не використовують у дослідженнях властивості відомих шкал вимірювання, що застосовуються у будь-якій галузі людської діяльності. Усунення недоліку, що сформульований, і є *метою* цієї статті.

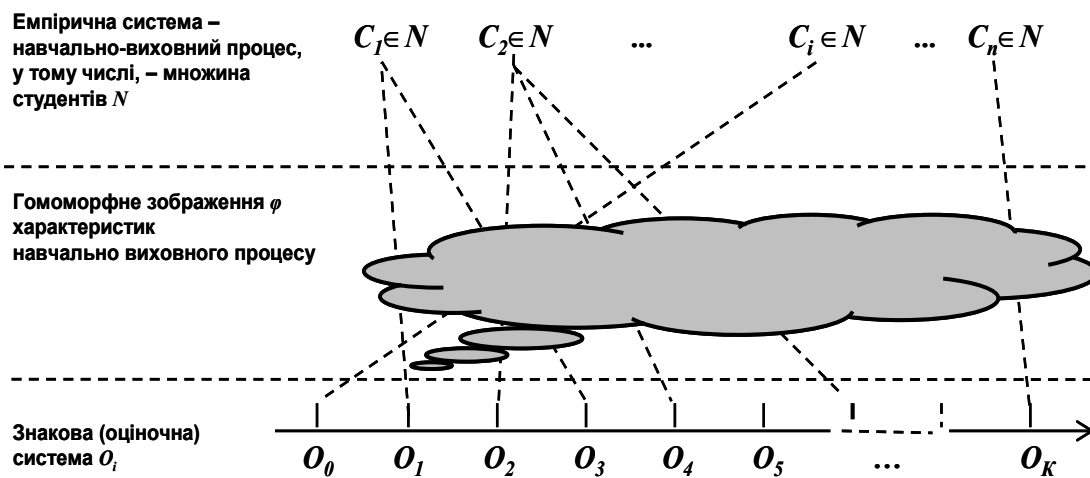


Рис. 1. Загальна ілюстрація кваліметрії навчально-виховного процесу

Реалізація системно-кваліметричного підходу до порівняння бальних шкал оцінювання знань

Вимірювання перетворює властивості сприйняття особистістю те, що піддається доопрацюванню і називаються «числами». Необхідну інформацію одержують на основі результатів дослідження шляхом їх перетворень (обробки експериментальних даних). Зрозуміло, що, чим точнішою є відповідність між станами та їх позначками, тим більше інформації можна взяти з обчислення даних і навпаки.

Особливості шкал впливають на ефективність вимірювання. Уявлення про «шкали вимірювань» створюють певну групу понять. Розглянемо різноманітні шкали вимірювань та особливості їх застосування у дидактиці, спираючись на відповідні підходи [8; 10; 13; 14; 17; 24; 28–31]. Кожний тип шкали має свою інформативність і клас допустимих перетворень, за межі яких не можна виходити без ризику отримати хибні результати. Особливого значення набуває це зауваження в дослідженнях ефективності процесів кваліметрії НВП, що залежать від великої кількості різних за характером і природою чинників,

взаємопов'язаних та притаманних науково-педагогічному працівнику/учню/студенту, а також навчальному завданню, що виконується під час перевірки.

Ми розглядатимемо такі об'єкти (студенти/учні), про будь-які два стани рівня навчальних досягнень можна сказати, чи різняться вони, чи ні, і застосувати такі алгоритми вимірювань, що ставлять у відповідність різним станам навчальної компетенції різні позначення. Наведене означає, що стани досліджуваних об'єктів, та їх позначення мають задовольняти такі аксіоми тотожності:

- 1^o. Або $A = B$, або $B = A$
- 2^o. Якщо $A = B$, то $B = A$
- 3^o. Якщо $A = B$ і $B = C$, то $A = C$

де « $=$ » – позначка відношення еквівалентності. І якщо A і B – числа, він означає рівність.

У вимірюванні будь-яких показників поширені метричні, номінальні шкали та шкали впорядкування. Серед метричних шкал розрізняють абсолютні шкали, інтервальні шкали та шкали відношень. Тип шкали

необхідно враховувати, коли йдеться про дії, що здійснювати з числовими значеннями показника. У теорії вимірювань це називають *проблемою адекватності (усвідомлення)* числових тверджень. Її суть полягає в тому, що числове твердження вважають адекватним тоді, коли значення його істинності є інваріантним відносно допустимих перетворень шкали. Розглянемо перелічені типи шкал у порядку зростання їх досконалості.

1. *Номинальна (класифікаційна, найменувань)* – це менш досконала, проста за змістом, якісна шкала. Номинальне вимірювання (присвоєння *позначення*) умовно називається «вимірюванням». Це процес групування предметів за класами, де об'єкти, що належать до одного класу, ідентичні (або майже ідентичні) щодо певної ознаки або властивості. Для позначення класів використовують числа, що слугують поясненням поняття «номинальне вимірювання». Номинальна шкала зберігає відношення еквівалентності та відмінності між об'єктами. Тут числа використовують тільки для позначення і відокремлення об'єкта: об'єктам одного класу присвоюється одне число або інша спеціальна позначка, а об'єктам різних класів – різні числа (позначки). Це можуть бути бали будь-якої шкали оцінювання знань, літерні позначки, як це зроблено у шкалі ECTS, чи в оціночній системі Великої Британії. Переваги між об'єктами не встановлюються. Ця шкала – єдина з точністю до взаємної однозначної відповідності, тому відповідні поняття масштабу і точки початку відліку.

Особлива потреба у класифікації виникає у випадках, коли стани, що класифікуються, розглядаються на безперервній множині – континуумі знань (рис. 2).

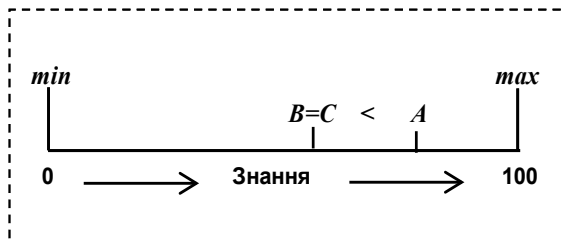


Рис. 2. Уявлення знань як точок континууму

Завдання кваліметрії розв'язується ефективно, якщо множину знань розбити на підмножин, штучно створюючи класи еквівалентності, кожний з яких відповідає тій чи іншій оцінці прийнятої шкали. Тоді належність стану до будь-якого класу можна реєструвати на шкалі найменувань. Умовність введених класів (не шкальних позначок, а класів) рано чи пізно проявиться на практиці.

Розглянемо операції, що припустимі з даними, які подаються у номинальній шкалі. Позначення класів – це лише символи, якщо для цього використані номери. Таким чином, якщо в одного учня у класному журналі номер 4, а у другого – 8, то ніяких інших висновків робити не можна, окрім того, що йдеться про різних учнів. Не можна сказати, що другий «у два рази кращий (гірший)». З номерами не можна

поводитись як з числами, за винятком визначення їх рівності чи нерівності. Ці відношення допускаються між елементами номинальної шкали (див. аксіоми 1^0-3^0). Було б недоречно говорити, що учень, який отримав з певної навчальної дисципліни оцінку «12» за 12-бальною шкалою, у три рази розумніший, ніж той, хто має «4». Тому, обробляючи будь-які дані, зафіксовані у номинальній шкалі, можна здійснювати тільки операцію перевірки їх збігу чи ні. Така операція зображується за допомогою символу Кронекера:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1: & x_i = x_j \\ 0: & x_i \neq x_j \end{cases}, \quad (2)$$

де x_i, x_j – записи різних вимірювань.

За результатами операції зі застосування символу Кронекера можна здійснювати складніші перетворення:

– рахувати кількість збігів, наприклад, число спостережень k -го класу:

$$n_k = \sum_{j=1}^n \delta_{k,j}$$

де n – загальна кількість спостережень;

– обчислювати відносні частоти класів, наприклад частота k -го класу: $p_k = n_k / n$;

– порівнювати ці частоти між собою, визначаючи, наприклад, моду – номер класу, що зустрічається найчастіше:

$$k_{max} = \arg \max_k p_k;$$

– виконувати різноманітні статистичні процедури, суворо спостерігаючи, щоб у них з вихідними даними не здійснювалось, окрім перевірки їх на збіг. Із цією метою можна використати критерій χ^2 , інші тести і критерії на відносних частотах, коефіцієнт згоди тощо. [5; 8; 15; 17; 18; 22; 24–26; 29].

Розмірність шкали оцінювання залежить від можливостей науково-педагогічного працівника для розрізнення класифікації тих, хто навчається. Потрібно також враховувати психофізіологічні можливості особистості (науково-педагогічного працівника/студента) щодо запам'ятовування класів цього розрізнення, тому що:

по-перше, відоме *магічне число Міллера* (7 ± 2), що визначає ємність оперативної пам'яті особистості пояснює зручність використання тієї чи іншої шкали [31–33];

по-друге, з психологічної теорії розпізнавання образів відомо, що досвідчені фахівці спроможні ефективно пізнавати класи об'єктів, якщо їх загальна кількість не перевищує 11 [34].

Таким чином, можна зазначити, що більш відомі бали шкали оцінювання знань (4-бальна, 7-бальна (ECTS), 9-бальна, 10-бальна та 12-бальна) знаходяться в інтервалах. Порівнюючи шкали оцінювання знань, виявлено, що досконалою з них є 100-бальна шкала (табл. 1). До того ж, встановлено [30], що певним науково-педагогічним працівникам не вистачає розмірності цієї шкали, тому вони здійснюють спроби



її «покращення», застосовуючи ще й проміжні градації вимірювання знань шляхом введення «дробових» балів. Тому впровадження для ЗНО 200-бальної шкали є закономірним, однак вона не застосовується у НВП закладів освіти.

2. Шкала впорядкування (ранжування, рейтингова) – більш досконала та інформативніша, ніж номінальна, тому що відповідні показники, які нею вимірюються, дають змогу говорити про відношення типу «краще/гірше», «більше/менше», що існують між об'єктами, властивими людському мисленню [32; 35]. На цій шкалі відсутні поняття масштабу і точки початку вимірювань. Порядкове вимірювання можна здійснити, коли вимірювач здатний знайти в об'єктах відмінність ступенів ознаки або властивості. Тоді застосовується властивість «впорядкування» чисел, і вони приписуються об'єктам так: число, що приписане об'єктові A , більше від числа і приписане для B , то це означає, що A містить більше певної властивості, ніж B : $A > B$.

Відомою порядковою шкалою є «ранг у класі школи» (або розповсюджений на Заході «ранг випуску в університеті»). Номери встановлюються від 1, для максимального середнього значення оцінок до n – до мінімального середнього значення оцінок у класі (навчальній групі, потоці) з n учнів/студентів. Якщо, наприклад, 3 перших студенти мають максимально можливі середні, то кожний з них має отримати ранг

(середній, мідлранг), що дорівнює 2, що містить середнє перших трьох рангів 1, 2 і 3. Цей спосіб призначення чисел ґрунтується на умові збереження постійної суми пов'язаних і непов'язаних рангів: $1 + 2 + 3 = 2 + 2 + 2$.

Порядкові шкали застосовуються для вимірювання в дидактиці рівня навчальних досягнень, розумових здібностей, дисциплінованості, ступеня привабливості навчальних дисциплін або майбутньої професії. Щодо таких шкал Н. М. Розенберг зазначає [8, 27]: «у педагогічній практиці монопольним способом оцінювання засвоєння слугує позначка на порядковій шкалі. Таке розповсюдження порядкових шкал у НВП та дослідженнях навчання та виховання пояснюється, тим, що в багатьох випадках, вивчаючи педагогічні об'єкти і явища, маємо кількісні міри, сильніші, ніж оцінка порівняльної інтенсивності тієї ж ознаки у різних об'єктів». Він вказує на те, що «тільки такий чутливий, складний і рухливий інструмент, як особистість-спостерігач, може забезпечити задовільну інформацію щодо діяльності або характерних особливостей іншої особи чи об'єкта. особистість виступає в ситуаціях, як вимірювальний прилад з індивідуальними особливостями і характеристиками: вибіркоким сприйняттям, пам'яттю, інтелектом і відсутністю чутливості до того, що важливо в педагогічному або психологічному відношенні...».

Таблиця 1.

Порівняльна ефективність шкал оцінювання знань

| № | Зміст завдання вимірювання рівнів навчальних досягнень | Ранжирування шкал оцінювання знань за ефективністю |
|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Класифікаційне розрізнення тих, хто навчається | 200-бальна >> 100-бальна >> 12-бальна > 10-бальна > > 9-бальна > 7-бальна > 5-бальна |
| 2 | Рейтингова оцінка тих, хто навчається | 200-бальна >> 100-бальна >> 12-бальна > 10-бальна > > 7-бальна > 5-бальна |
| 3 | Кількісне оцінювання знань | 200-бальна >> 100-бальна >> 12-бальна ≈ 10-бальна ≈ ≈ 9-бальна ≈ 7-бальна ≈ 5-бальна |
| 4 | Лінгвістична (нечітка) оцінка тих, хто навчається | 12-бальна > 10-бальна > 9-бальна > 7-бальна > > 5-бальна >> 100-бальна >> 200-бальна |
| ПРИМІТКИ: > – ознака переваги; >>> – ознака суттєвої переваги; «≈» – ознака еквівалентності. | | |

Не існує математичного закону або правила, що забороняли б робити арифметичні дії чи здійснювати інші операції над числами, що приписані об'єктам у ході порядкового вимірювання. Проте результати цих операцій можуть і не показати кількість властивостей, що аналізується, і яку мають об'єкти, відповідні цим числам. Наприклад, є 4 студенти A, B, C, D , яких можна так ранжувати (від найгіршого до найкращого) за рівнем академічної успішності:

$$1\text{-й ранг} \quad 2\text{-й ранг} \quad 3\text{-й ранг} \quad 4\text{-й ранг}$$

$$D < B < A < C$$

Тоді різниця між «рангами» (R) студентів:

$$C \text{ і } D \text{ дорівнює } R_C - R_D = 4 - 1 = 3;$$

$$A \text{ і } B \text{ дорівнює } R_A - R_B = 3 - 2 = 1.$$

Чи є різниця у тому, що знання між особистостями C і D утричі вища, ніж між A і B ? Ні. Результати арифметичних дій у цьому випадку не можна інтерпретувати так, що вони показують кількісні якості, які мають студенти. Ми можемо робити з числами, що одержуємо, будь-що, але зіткнемось з питанням: «Чи мають значення результати цих операцій?» Отже, підкреслимо, що числа на шкалі впорядкування визначають тільки порядок розташування об'єктів, але



не дозволяють стверджувати «на скільки (у скільки разів) один об'єкт кращий (гірший) від іншого».

Застосування шкали впорядкування сприяє формуванню систем переваг учасників НВП. Під системою переваг, згідно з [5; 29; 32; 36] буде розумітися будь-яка форма ранжування досліджуваних характеристик процесу.

Розповсюдження шкали впорядкування набули в обробці експертної інформації про порівняльні оцінки якісних властивостей об'єктів. Такі оцінки даються у балах, а шкали називають бальними (ранговими, рейтинговими). Оцінювання в балах притаманне суб'єктивізму, але його питома вага може бути різною. З цієї точки зору виділяють два види бальних оцінок: 1) за наявності загальноприйнятого еталона, 2) за відсутності такого. Клас шкал упорядкування (рангів) з'являється, якщо окрім аксіом 1^0 – 3^0 класи задовольняють такі аксіоми впорядкування:

$$\begin{aligned} 4^0. \text{ Якщо } A > B, \text{ то } B < A \\ 5^0. \text{ Якщо } A > B \text{ і } B > C, \text{ то } A > C \end{aligned} \quad (3)$$

Позначивши такі класи символами та встановивши між ними ті ж відношення порядку, ми отримуємо шкалу простого впорядкування. Наприклад, їх застосування є нумерація черговості, військові звання, призові місця в конкурсі, зокрема, шкільних чи студентських олімпіадах. Іноді виявляється, що не кожному парю класів можна суворо впорядкувати за перевагами: деякі пари вважаються рівними (див. розглянутий приклад із пов'язаними рангами). Тоді аксіоми 4^0 – 5^0 видозмінюються:

$$\begin{aligned} 4^0. \text{ Або } A \leq B, \text{ або } A > B \\ 5^0. \text{ Якщо } A \geq B \text{ і } B \geq C, \text{ то } A \geq C \end{aligned} \quad (4)$$

Шкала, що відповідає аксіомам 4^0 – 5^0 , називається шкалою слабого впорядкування. Інша ситуація виникає, де існують пари класів, непорівнянні між собою, тобто, $A \leq B$, ні $B \leq A$ (це відрізняється від умови слабого впорядкування, де одночасно $A > B$ і $B > A$, то $A = B$). У цьому випадку говорять про шкалу часткового впорядкування. Такі шкали виникають у соціологічних дослідженнях суб'єктивних переваг.

Ми переконатись, що характерною особливістю порядкових (у суворому розумінні) шкал є те, що відношення порядку порівнюються. Тому порядкові експериментальні дані, якщо відображені цифрами, не можна розглядати як числа, з ними не можна виконувати дії, що призводять до отримання різних результатів при перетворенні шкали, не порушуючи порядку. Не можна обчислити вибіркоче середнє порядкових вимірювань, тобто

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

тому що перехід до монотонно перетвореної шкали $x' = f(x)$ при усередненні дасть:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x'_i \neq \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Проте допустимою є операція, що дозволяє встановити, яке з двох спостережень x_i чи x_j краще, хоча цю процедуру ми можемо подати через різницю $x_i - x_j$. Уведемо індикатор позитивних чисел – функцію:

$$C(t) = \begin{cases} 1: & t \geq 0 \\ 0: & t < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Якщо $x_i \geq x_j$ та введено цифрову шкалу порядку, то $C(x_i - x_j) = 1$, або $C(x_i - x_j) = 0$, що й дозволяє встановити перевагу x_i перед x_j . Отже, число

$$R_i = \sum_{j=1}^n C(x_i - x_j)$$

де n – кількість об'єктів, що порівнюються, називається рангом i -го об'єкта, що пояснює походження іншої назви шкал упорядкування – рангові. Якщо наявний слабкий порядок, то частина спостережень збігається (у статистиці така група спостережень називається зв'язкою) і члени зв'язки отримують однаковий (старший для них) ранг. Коли це незручно, звертаються до призначення рангу, середнього для цієї зв'язки або призначають ранги від меншого до більшого. Отже, під час вимірювання у порядкових шкалах обробка даних повинна ґрунтуватися на операціях, що допустимі для цих шкал – обчислення δ_{ij} і R_i . З цими числами можна «працювати» довільно: окрім знаходження частот і мод (як для номінальної шкали):

- визначити вибіркочну медіану, тобто, спостереження з рангом R_i , найближчим до числа $n/2$;
- розбити вибірку на частини у будь-якій пропорції, знаходячи вибіркочні квантілі будь-якого рівня p , $0 < p < 1$ (спостереження з рангом R_i , найближчим до величини np);
- визначити коефіцієнти рангової кореляції R_s , Спірмена між серіями порядкових спостережень чи коефіцієнт множинної рангової кореляції – коефіцієнт конкордації Кендала W [5; 8; 15; 17; 18; 22; 24–26; 28];
- будувати за допомогою отриманих величин інші статистичні процедури.

У тих випадках, де стани об'єктів дозволяють робити порядкові порівняння, хоч і в експерименті вони вимірюються через величини, пов'язані з ними опосередковано, такі, що фіксуються у числових шкалах, ці вимірювання залишаються вимірюваннями у порядковій шкалі. І. Пфанцагль наводить показові приклади вищезазначеного [28], одним з яких є оцінювання розумових здібностей, коли орієнтуються на час, що витрачає випробуваний на розв'язання тестової задачі.

Ми до назви шкали впорядкування додали вислів «у суворому розумінні». Справа в тім, що порядкові (у суворому розумінні) шкали визначаються для заданого набору об'єктів, що порівнюються. У цих шкал



немає загальноприйнятого, тим більше стандарту. Тому за певних умов правомірний вираз «перший у світі, другий в Європі» означає, що, український студент – переможець всесвітньої олімпіади (наприклад, з математики чи інформатики), посів друге місце на загальноєвропейських змаганнях. Як видно з розміреності розглядуваних нами різних шкал оцінювання, ефективною з точки зору рейтингової оцінки учнів/студентів є 100-бальна шкала (табл. 1).

Метричні шкали. Інтервальне вимірювання. Якщо впорядкування об'єктів можна виконати точно, що відомими стануть відстані між властивостями будь-яких двох з них, то вимірювання буде суттєво сильнішим, ніж у шкалах упорядкування. Ця шкала може мати довільні точки відліку та масштаб. Також необхідно встановити одиницю вимірювання (кількість правильних відповідей студента на тест-завдання). Об'єкту присвоюється число, що дорівнює певній кількості еталонних одиниць вимірювання, еквівалентне кількості властивості, притаманній об'єкту.

Наслідком такої розміреності шкал цього класу є незалежність відношень двох інтервалів від того, за якою зі шкал ці інтервали виміряно (яка одиниця довжини інтервалу та значення прийнято за початок відліку). Зв'язок між вимірами у таких шкалах є лінійним: $y=ax+b$, $a>0$, $-\infty < b < +\infty$. Це співвідношення можна виразити словами «шкала інтервалів єдина з точністю до лінійних перетворень». Побудовані шкали називають *інтервальними*. Важлива особливість, що відрізняє інтервальне вимірювання від вимірювання відношень, що нами розглядається, полягає у тому, що властивість оцінюваного об'єкта не втрачається, де результат вимірювання дорівнює нулю. Тому, якщо студент отримав оцінку «2» за 4-бальною шкалою, то це не означає, що він не має знань з певної навчальної дисципліни. Точка нуль на інтервальній шкалі є довільною.

Проте невідомо, в яких «еталонних одиницях» необхідно вимірювати довжину відповідних інтервалів та їх різницю, і чому має дорівнювати нуль (мінімальне значення) та максимальне значення недисциплінованості. Числа, що приписуються у процесі такого вимірювання, мають властивість однозначності та впорядкування і становлять кількість одиниць вимірювання, властивих досліджуваному об'єктам. Окрім того істотною є різниця між числами.

Назва «шкала інтервалів» наголошує, що на цій шкалі інтервали мають значення дійсних чисел і тільки з інтервалами необхідно здійснювати арифметичні операції: якщо виконати арифметичні операції із самими відкликами, забувши про їх відносність, то маємо ризик отримати незадовільні результати.

Подібно до того, як визначення показника символу Кронекера є єдиною операцією, що допускається здійснювати над спостереженнями у номінальній шкалі, а обчислення рангу спостереження – у шкалі впорядкування, в інтервальній шкалі єдиною новою допустимою операцією зі спостереженнями є визначення інтервалів між ними. З інтервалами можна виконувати будь-які арифметичні операції, а також

вдаватися до будь-яких способів статистичної обробки даних. Наприклад, дисперсія, має об'єктивний фізичний зміст, а вихідні моменти, у тому числі середнє значення, є відносними поряд з початком відклику. Тому поняття відносної похибки (зокрема, коефіцієнта варіації $v = \sigma / \bar{x}$, де σ – стандартне відхилення, \bar{x} – математичне очікування) не має значення для інтервальної шкали.

Це не означає, що результати вимірювань неможна підсумовувати на шкалі інтервалів (наприклад, обчислювати вибіркове середнє $\bar{x} = (1/n) \sum x_i$). Однак з такою величиною необхідно поводитись так як з іншими вихідними спостереженнями: вона залишається інтервальною величиною і набуває числового змісту у процесі визначення інтервалів. Тому вибіркOVA дисперсія має об'єктивний зміст, хоча і визначається через \bar{x} за виразом

$$S^2 = M(X - \bar{x})^2$$

Річ у тому, що $X - \bar{x}$ є інтервалом.

Беручи до уваги рис. 2, бачимо, що обсяг знань учня/студента визначається точкою на континуумі знань і розглядається як різниця між мінімально визначеним (точка відліку) знанням і його реальним виміром. Завдання успішно розв'язується у випадку застосування для виміру 100-бальної шкали, що можна сформулювати за допомогою відповідних тестів. Як показано у [5], таку проблему можна розв'язати шляхом застосування методів лінгвістичних змінних і нечітких множин. Наведене дістало відображення у відповідному ранжуванні ефективності шкал оцінювання знань за ефективністю (табл. 1).

Із зазначеного стає зрозумілим, що показники успішності навчання можуть мати шкали різних типів. Це дає можливість дати точніше визначення кількісного та якісного показника. Кількісними показниками будемо називати такі, що мають шкалу не менш досконалу, ніж інтервальна. Якісними показниками називатимемо такі, що мають шкалу менш досконалу, ніж інтервальна.

4. **Вимірювання відношень.** Нехай величини рівня навчальних досягнень, що вимірюються, задовольняють не тільки аксіоми 4^0 і 5^0 , але ж і аксіоми адитивності:

$$6^0. \text{ Якщо } A = P \text{ і } B > 0, \text{ то } A + B > P$$

$$7^0. A + B = B + A$$

$$8^0. \text{ Якщо } A = P \text{ і } B = Q, \text{ то } A + B = P + Q$$

$$9^0. (A + B) + C = A + (B + C)$$

Це посилення шкали: вимірювання допускають порівняння не тільки значень показників або їх різниць, але й різних арифметичних комбінацій цих значень, якщо йдеться про те, що вони мають фізичний зміст. Введена у такий спосіб шкала називається *шкалою відношень*. Цей клас шкал має такі особливості: відношення двох спостережених значень величини,



що вимірюється і незалежить від проведено вимірювання. Цю вимогу задовольняє вираз типу $y=a \cdot x$, $a \neq 0$, $a > 0$, тобто, числа відображають, у скільки разів властивість одного об'єкта перевищує ту ж властивість іншого. Така процедура називається перетворенням розтягання. Отже, йдеться про відношення властивостей об'єктів, що вимірюються. Їх встановлення відповідно до точної інтервальної шкали у термінах кількості властивості в об'єктах немає значення.

Величини, що вимірюються на шкалі відношень і мають абсолютний нуль, хоча й залишається свобода у виборі одиниць. Тому, якщо нульова точка не довільна, а абсолютна, то маємо твердження, що у студента А вдвічі, втричі або в чотири рази більше деякої властивості (знань), ніж у В. Проте одразу ж зазначимо, що йдеться не про знання в цілому з визначеної навчальної дисципліни, а про оцінку знань за допомогою певного тесту. Результатів виконання цього тесту дозволяють робити висновки щодо співвідношення навчальної компетентності студентів А і В. У науках про поведінку людини переважна більшість вимірювань належить до номінального, порядкового та інтервального рівнів. Лише менш важливі змінні в цих галузях допускають вимірювання відношень. Іноді змінні шкали відношень, такі як час (розв'язання задачі або завчання тексту), зріст або відстані, можуть становити інтерес, але це відбувається нечасто.

5. *Абсолютна шкала.* Розглянемо таку шкалу, що має абсолютні нуль і одиницю. Ця шкала не єдина з точністю до якогось перетворення. Так же властивості має числова вісь, що називають *абсолютною шкалою*. Важливою особливістю шкали у порівнянні з іншими є абстрагованість (безрозмірність) і абсолютність її одиниці. Це дозволяє здійснювати над вимірами абсолютної шкали такі операції, які є недоречними для вимірів інших шкал, зокрема, застосовувати їх як показник ступеня і аргументу логарифма.

Числова вісь використовується як шкала вимірювання в явній формі обліку предметів, і присутня в інших шкалах. Внутрішні властивості числової осі є різними, і теорія чисел до цього часу невичерпала їх до кінця. А деякі безрозмірні числові відношення, що спостерігаються у природі (явище резонансу, гармонійні відношення розмірів, звуків, закони теорії подібності та розміреності, квантування енергії елементарних часток тощо), викликають захоплення та здивування. В абсолютній шкалі визначається, наприклад, кількість об'єктів (предметів, подій тощо), що можна виміряти одиничним способом за допомогою ряду натуральних чисел.

Зі шкал оцінювання знань кількісним вимірюванням в абсолютній шкалі відповідають 100-бальна та 200-бальна шкали, використовувати які зручно тому, що вони сприяють асоціативному уявленню науково-педагогічного працівника як вимірювача та оцінювача знань, а також тих, хто навчається, щодо відсотка (0÷100) засвоєння навчального матеріалу.

Зазначене відобразилося у ранжуванні систем оцінювання (табл. 1). У результаті наших досліджень

виявлено, що 100-бальна шкала може бути основою створення різних оціночних систем [5], незалежно від статистично-імовірнісного [17; 18; 24] чи нечіткого [5; 37; 38] підходів до їх формування. У табл. 2 показано основні відомості про розглянуті шкали вимірювань. Зазначимо також, що чим сильніша шкала, тим більше відомостей про об'єкт, явище та процес, що вивчаються, дають вимірювання. Тому важливим є намагання кожного дослідника провести вимірювання за сильнішою шкалою. Звернемо увагу на те, що вибір шкали вимірювання орієнтовано на об'єктивні відношення, яким підпорядкована спостережувальна та вимірювальна величини. Проводити вимірювання доцільно за шкалою, що максимально узгоджується з цими відношеннями. Можна проводити вимірювання за іншою слабшою шкалою, але це призведе до втрати частини корисної інформації. При цьому використання більш потужної шкали є небезпечним в отриманні даних що не матимуть тієї сили, на яку орієнтується їх обробка.

6. *Лінгвістичні (нечіткі) шкали.* Шкали вимірювань у дидактиці дозволяють провести кількісно-якісну кваліметрію рівня навчальних досягнень тих, хто навчається. Разом з тим, вважаємо доцільним процитувати Н. М. Розенберга, який справедливо зазначає [8, 6–7]: «Ніколи дидактичні вимірювання не будуть панацеєю від негараздів, закінченою системою точного знання, в межах якої можна легко розв'язувати складні дидактичні проблеми. Єдино правильний шлях раціонального синтезу якісного і кількісного аналізу». На цей *раціональний синтез* і спрямовано лінгвістичні (нечіткі) шкали. Їх розробці сприяла нагальна потреба розв'язання питання: чи можуть кількісні методи вимірювань бути ефективними під час аналізу освітніх гуманістичних систем (у розумінні Л. Заде [39])?. Зазначений підхід інтуїтивно, але застосовується на практиці психолого-педагогічної кваліметрії. Зокрема, характеристики оцінок шкали ECTS мають виражений, нечіткий, характер, тому їх можна поєднати у таку терм-множину (множину термінів) відповідної лінгвістичної змінної [5; 39]:

$$T_{ECTS}^M (PHD) = \tilde{T}_X + \tilde{T}_{FX} + \tilde{T}_E + \tilde{T}_D + \tilde{T}_C + \tilde{T}_B + \tilde{T}_A =$$

$$= \underset{X}{\text{незадовільно}} + \underset{FX}{\text{незадовільно}} + \underset{E}{\text{достатньо}} + \underset{D}{\text{задовільно}} + \underset{C}{\text{добре}} + \underset{B}{\text{дуже добре}} + \underset{A}{\text{відмінно}} \quad (6)$$

де $\tilde{T}_A, \tilde{T}_B, \tilde{T}_C, \tilde{T}_D, \tilde{T}_E, \tilde{T}_{FX}, \tilde{T}_X$ – терми (назви) РНД балів шкали ECTS;

$T_{ECTS}^M (PHD)$ – терм-множина лінгвістичної змінної РНД шкали ECTS;



Узагальнені характеристики шкал вимірювання

| Шкала | Характеристика | Визначаючи Відношення | Еквівалентне перетворення шкал | Допустимі операції над даними | Вторинна обробка даних |
|---------------|---|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Номінальна | Об'єкти класифіковані, а класи позначені номерами. Якщо номер одного класу більше або менше іншого, це ще нічого не каже про властивості об'єктів, за виключенням того, що вони відрізняються | еквівалентність (а) | перестановка найменувань | обчислення символу Кронекера δ_{ij} | обчислення відносних частот і операції над ними |
| Впорядкування | Відповідні значення чисел, що присвоюються предметам, відображають кількість властивості, що належить предметам. Рівні різниці чисел не означають рівних різниць у кількості властивостей | $a + \text{переваги}$ (б) | не змінює порядку (монотонне) | обчислення δ_{ij} і рангів R_i | обчислення відносних частот і вибіркового квантилів, операції над ними |
| Інтервальна | Існує одиниця вимірювання, за допомогою якої предмети можна не тільки впорядкувати, але ж і приписати їм числа так, щоб рівні різниці чисел, що присвоюються предметам, відображали рівні відмінності у кількості властивості, що вимірюється | $a + b + \text{зберігання відношень інтервалів}$ (в) | лінійне перетворення | обчислення δ_{ij} , R_i та інтервалів (різностей між спостереженнями) | арифметичні дії над інтервалами |
| Відношень | Числа, що присвоюються предметам, мають всі властивості інтервальної шкали, але ж, крім того, на цій шкалі існує абсолютний нуль. Значення нуля свідчить про відсутність властивості, що оцінюється. Відношення чисел, що присвоюються у вимірюванні, відображають кількісні відношення властивості, що вимірюються | $a + b + v + \text{зберігання відношень двох значень}$ (д) | зрушення: $y = x + nb$, $b = \text{const}$, $n = 0, 1, 2, \dots$ | всі арифметичні операції | будь-яка зручна обробка, що допускається |
| Абсолютна | Вся сукупність характеристик попередніх шкал, а також різноманіття їх сукупності | $a + b + v + d + \text{безрозмірна одиниця} + \text{безрозмірний нуль}$ | шкала унікальна | всі арифметичні операції, використання у якості показника ступеня, основи і аргументу логарифму | будь-яка необхідна обробка |

Нечіткою є класифікація рівня навчальних досягнень навчених, проведена МОН України [40], що дозволяє сформувати терм-множину відповідної лінгвістичної змінної, але вже для 4-бальної шкали оцінювання [5; 37]:

$$T_4^M(\text{РНД}) = \tilde{T}_{"2"} + \tilde{T}_{"3"} + \tilde{T}_{"4"} + \tilde{T}_{"5"} =$$

низький, "незадовільно"

= *перцептивно продуктивний* +

середній, "задовільно"

+ *репродуктивний* +

достатній, "добре"

+ *конструктивно варіативний* +

$$\text{високий, "відмінно"} + \text{творчий} \quad (7)$$

де $T_4^M(\text{РНД})$ – ТМ ЛЗ «РНД» 4-бальної шкали оцінювання знань;

$\tilde{T}_{"2"}, \tilde{T}_{"3"}, \tilde{T}_{"4"}, \tilde{T}_{"5"}$ – терми (назви) РНД-балів шкали оцінювання.

Якщо виходити з того, що будь-яка шкала оцінювання складається за якісним принципом «сильно – середнє – слабко – 0 (нейтрально) – слабко – середнє – сильно» [29; 41], то можна отримати якісні,



характерологічні, лінгвістичні оцінки 12-бальної шкали [5; 37]:

$$\begin{aligned}
 T_{12}^M(\text{РНД}) &= \tilde{T}_1 + \tilde{T}_2 + \tilde{T}_3 + \tilde{T}_4 + \tilde{T}_5 + \tilde{T}_6 + \tilde{T}_7 + \\
 &+ \tilde{T}_8 + \tilde{T}_9 + \tilde{T}_{10} + \tilde{T}_{11} + \tilde{T}_{12} = \\
 &= \overset{1 \text{ бал}}{\text{гірший серед двієчників}} + \\
 &+ \overset{2 \text{ бали}}{\text{середнячок серед двієчників}} + \\
 &+ \overset{3 \text{ бали}}{\text{крайший серед двієчників}} + \\
 &+ \overset{4 \text{ бали}}{\text{гірший серед трієчників}} + \\
 &+ \overset{5 \text{ балів}}{\text{середнячок серед трієчників}} + \\
 &+ \overset{6 \text{ балів}}{\text{крайший серед трієчників}} + \\
 &+ \overset{7 \text{ балів}}{\text{гірший серед четвірочників}} + \\
 &+ \overset{8 \text{ балів}}{\text{середнячок серед четвірочників}} + \\
 &+ \overset{9 \text{ балів}}{\text{крайший серед четвірочників}} + \\
 &+ \overset{10 \text{ балів}}{\text{гірший серед відмінників}} + \\
 &+ \overset{11 \text{ балів}}{\text{середнячок серед відмінників}} + \\
 &+ \overset{12 \text{ балів}}{\text{крайший серед відмінників}}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

де $T_{12}^M(\text{РНД})$ – ТМ ЛЗ «РНД» 12-бальної шкали оцінювання знань;

$\tilde{T}_1, \tilde{T}_2, \dots, \tilde{T}_{12}$ – терми (лінгвістичні назви) РНД-балів шкали.

Наведені пропозиції щодо якісного аналізу складових 12-бальної шкали більш логічні та зрозумілі, ніж штучні рекомендації щодо переходу від оцінювання знань від 4-бальної шкали до 12-бальної [40], що не мають науково-методичного обґрунтування, лише спираються на інтуїтивне намагання «покрасити» 4-бальну шкалу введенням додаткових градацій, що додають до балів плюси та мінуси, тому не досконали та незрозумілі.

У контексті аналізу 12-бальної шкали не втратила практичного значення та актуальності шкала Бофорта для вимірювання сили вітру, що може слугувати зразком для розробки лінгвістичних шкал (табл. 3) [5; 14; 27]. Більш того, під час розробки відповідних нормативних рекомендацій не було враховано досвіду переходу до дробових балів, при формуванні лінгвістичних оцінок 10-бальної шкали на базі 5-бальної [42]:

- 1 – немає знання предмета;
- 2 – дуже погані знання;
- 3 – погані знання;
- 4 – незадовільні знання;
- 5 – незадовільні знання;
- 6 – задовільні знання;
- 7 – недостатньо добрі знання;
- 8 – добрі знання;
- 9 – дуже добрі знання;
- 10 – відмінні знання.

Експліцитна, якісна, лінгвістична характеристика-диференціація рівня навчальних досягнень учнів/студентів є важливою у процесі кваліметрії знань тому, що пов'язана з рівнем домагань, якому притаманні властивості мотивуючого чинника [5; 32; 43; 44]. «Я отримав погану оцінку», – сумує студент-відмінник, який склав іспит на четвірку. Разом з тим, завзятий прогульник, ледар двієчник стверджуватиме, що чудово впорався з рубіжним контролем чи будь-яким іншим випробуванням, якщо отримує трійку.

Нині відома та директивно закріплена відмова від якісного оцінювання рівня навчальних досягнень за 12-бальною шкалою пояснюється необхідністю запобігти моральному травмуванню учнів. Травмування у процесі поточного) вимірювання та оцінювання знань відсутнє, тому що бали шкали визнані *позитивними*, але відсутня і мотивація та спрямованість того ж студента/учня на опанування знань. Хоча, з іншого боку, реально травмування відбувається пізніше, коли учень з *позитивними* оцінками «1»÷«5» не зможе скласти ЗНО для вступу у ВНЗ, що централізовано організовується МОН України у спеціальних центрах шляхом об'єктивного тестового контролю. Тому зазначений недолік стосується організації використання та методичного забезпечення 12-бальної шкали, а не притаманних їй навчальних властивостей [5; 37].

Формування терм-множин будь-якої лінгвістичної змінної має здійснюватися, застосовуючи логіку та досвід та визначеними правилами [5; 10; 29; 30; 39; 41; 45–48]. Отже, порушується питання оптимізації процесу якісної класифікації-характеристики кількісного вимірюваного рівня навчальних досягнень студента.

Виходячи із зазначеного, оціночні шкали були ранжовані за критерієм лінгвістичної оцінки тих, хто навчається (табл. 1).

Таким чином, узагальнюючи наукові результати для застосування системно-інформаційного підходу та розповсюджених шкал вимірювань до аналізу бальних шкал кваліметрії рівня навчальних досягнень, виділимо такі більш істотні положення.

1. Проаналізовано сутність поняття «вимірювання в дидактиці», його характерні риси та ознаки. Розглянуто можливості та сфери застосування шкал вимірювань, показано їх специфічні особливості. Проведено порівняльний аналіз ефективності комплексу різноманітних систем оцінювання знань. Визначено, що ефективною для проведення порівняння студентів за рівнем навчальних досягнень, ранжуванням їх за цим же критерієм, а також визначенням обсягу знань є 100-бальна шкала, якій притаманні властивості абсолютної шкали.

2. Запропоновано додати до традиційних напрямів кваліметрію знань за допомогою лінгвістичної змінної, що сприятиме появі змішаної якісно-кількісної оцінки та відкриватиме перспективи для якісної оцінки-характеристики рівня навчальних досягнень студента, використовуючи сукупність точок континууму знань при визначеному ступені належності кожного знання до цієї характеристики. Використання



Шкала сили вітру за Бофортом

| Сила вітру (бал) | Характеристика вітру | Дія вітру |
|------------------|----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 0 | Штиль | Повна відсутність вітру. Дим піднімається прямовисно. |
| 1 | Тихий | Дим піднімається не зовсім прямовисно. |
| 2 | Легкий | Рух повітря відчувається обличчям. Шелестить листя. |
| 3 | Слабкий | Тріпоче листя, хитаються дрібні гілки. Майорять прапори. |
| 4 | Помірний | Хитаються тонкі гілки дерев. Вітер здимає пил і клапті паперу. |
| 5 | Свіжий | Хитаються великі гілки. На воді з'являються хвилі. |
| 6 | Сильний | Хитаються великі гілки. |
| 7 | Міцний | Хитаються невеликі стовбури дерев. На морі здимаються хвилі, що піняться. |
| 8 | Дуже міцний | Ламаються гілки дерев. Важко йти проти вітру. |
| 9 | Шторм | Невеликі руйнування. Зриває черепицю, руйнує димарі. |
| 10 | Сильний шторм | Значні руйнування. Дереву вириваються з корінням. |
| 11 | Жорстокий шторм | Великі руйнування. |
| 12 | Ураган | Призводить до спустошень. |

такої оцінки додатково мотивуватиме та спрямовуватиме студента на опанування знаннями.

3. Встановлено, що всебічне вимірювання та оцінювання знань учнів, студентів повинно мати таку природу (не ранжуючи):

- просте формальне розрізнення тих, хто навчається за рівнем навчальних досягнень за допомогою визначених позначок, прийнятих на конкретній шкалі;
- ранжирування тих, хто навчається, за рівнем навчальних досягнень;
- якісна характеристика рівнів навчальних досягнень, орієнтована на нечіткі оцінки певного обсягу знань;
- кількісне вимірювання обсягу знань тих, хто навчається.

Застосування лінгвістичної змінної рівня навчальних досягнень дозволяє здійснити перші з трьох перелічених напрямів вимірювань та оцінювань знань.

4. Проведено порівняльний аналіз якісних характеристик класифікацій 5-бальної, 7-бальної («полегшеної» європейської), 9-бальної, 10-бальної та 12-бальної шкал оцінювання знань, використовуючи чинні рекомендації. Ці характеристики є зрозумілими та логічними, проте формувалися, виходячи з психолого-педагогічного досвіду їх розробників і не мають наукового підґрунтя, тому не є досконалими. Усунено недоліки кваліметрії знань, що спостерігаються при використанні 12-бальної шкали оцінювання знань.

5. Подальші дослідження з розвитку системно-інформаційної методології досліджень у дидактиці необхідно проводити за такими напрямками:

- побудова нечітких моделей кваліметрії та порівняння рівня навчальних досягнень тих, хто навчається, для усіх бальних шкал, що застосовуються у ВНЗ та школах;
- розробка та адаптація методів системного аналізу для визначення основної домінанти діяльності учасників НВП у показниках навчання.

Використані літературні джерела

1. Системы высшего образования стран Запада. – М.: УДН, 1991. – 353 с.
2. The Encyclopedia of Higher Education, v/ 1, Pergamon Press, 1992
3. France: Summary sheets one education systems in Europe. EURYDICE database (http: / www.erydice.org).
4. Организация, уровни и квалификация образования в зарубежных странах: справ.-метод. пособ. / под ред. В.М. Филиппова. – М.: Центр сравнительной образовательной политики, 2004. – 416 с.
5. *Камишин В. В.* Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу: монографія / В.В. Камишин, О.М. Рева. – К.: Інформаційні системи, 2012. – 270 с.
6. *Журавський В. С.* Болонський процес: головні принципи входження в Європейський простір вищої освіти / В. С. Журавський, М. З. Згуровський. – К.: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2003. – 200 с.
7. Модернізація вищої освіти України і Болонський процес / Уклад. М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, К. М. Лівківський, Ю. В. Сухарніков; відп. ред. М. Ф. Степко. – К.: Освіта України, 2004. – 60 с.
8. *Розенберг Н. М.* Проблеми измерений в дидактике / Н. М. Розенберг; под ред. Д. А. Сметанина. – К.: Вища школа, 1979. – 175 с.
9. *Супес П.* Основы теории измерений / П. Супес, Р. Зинес // Психологические измерения. – М.: Мир, 1967. – С.9–110.
10. *Анфилов В. С.* Системный анализ в управлении: учеб. пособ. / В. С. Анфилов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
11. *Субетто А. И.* Введение в кваліметрию высшей школы / А.И. Субетто // Общие основания кваліметрии высшей школы. – М.: Исследоват. центр проблем качества подготовки специалистов, 1991. – Кн.1. – 84 с.



12. *Некос В.* Рейтинговая система оценки знаний студентов: учеб. пособ / В. Некос, А. Дамасевич, Д. Петрова. – Х.: ХГУ, 1993. – 75 с.
13. *Одерій Л. П.* Кваліметрія вищої освіти: методологія та інструментарій: монографія / Л. П. Одерій. – К.: МКА. УЗМН, 1996. – 264 с.
14. *Циба В. Т.* Основи теорії кваліметрії: навч. посібн. / В.Т. Циба. – К.: ІЗМН, 1997. – 160 с.
15. *Євтух М. Б.* Математичне моделювання в психологічних та соціологічних дослідженнях: підручн. / М. Б. Євтух, М. С. Кулік, Е. В. Лузік, Т. В. Ільїна. – К.: Інформаційні системи, 2012. – 428 с.
16. *Сохор А. М.* О методах количественной оценки эффективности учебных обобщений / А. М. Сохор // Советская педагогика, 1977. – № 2. – С.28–32.
17. *Гласс Дж.* Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли; Общ. ред. Ю. П. Адлера; Пер. с англ. Л. И. Харусовой. – М.: Прогресс, 1976. – 496 с.
18. *Анастаси А.* Психологическое тестирование: пер. з англ. В 2-х кн. / А. Анастаси; Под ред. К. М. Гуревича, В. И. Лубовского. – М.: Педагогика, 1982. – Кн. 1. – 320 с.; Кн. 2. – 336 с.
19. *Гуревич К. М.* Статистическая норма или психологический норматив / К. М. Гуревич, М. К. Акимова, В. Т. Козлова // Психол. ж. – 1986. – Т. 7. – № 3. – С. 136–142.
20. *Готлиб А. Е.* Построение психофизиологической шкалы / А. Е. Готлиб // Новые исследования в психологии. – 1987. – № 1. – С. 17–22.
21. *Лучков В. В.* Понятие нормы в психологии / В. В. Лучков // Вестник МГУ. – 1987. – № 2. – С. 46–59. – (Сер. 14. Психология).
22. *Бурлачук Л. Ф.* Словарь-справочник по психодиагностике / Л. Ф. Бурлачук, С. М. Морозов. – К.: Наукова думка, 1989. – 200 с.
23. *Лупандин В. И.* Психофизическое шкалирование / В. И. Лупандин. – Свердловск: СГУ, 1989. – 238 с.
24. *Михеев В. И.* Моделирование и методы теории измерений в педагогике / В. И. Михеев. – М.: Высшая школа, 1987. – 200 с.
25. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
26. *Толстова Ю. Н.* Математико-статистические модели в социологии / Ю. Н. Толстова. – М.: Изд-во: ГУ ВШЭ, 2008. – 244 с.
27. *Черчмен У.* Введение в исследование операций: Пер. с англ. / У. Черчмен, Р. Акофф, Л. Арноф. – М.: Наука, 1968. – 486 с.
28. *Пфанцгаль И.* Теория измерений / И. Пфанцгаль. – М.: Мир, 1976. – 248 с.
29. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. / Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова // Эффективность технических систем. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 3. – 328 с.
30. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ: Учеб. пособ. / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
31. *Miller G.* The magical number seven, plus or minus two: some limits on or capacity for processing information / G. Miller // Psychological Review. – 1956. – N 63. – P. 81–97.
32. *Козелецкий Ю.* Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий; Под ред. Б. В. Бирюкова; Пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
33. *Герасимов Б. М.* Организационная эргономика: методы та алгоритми досліджень і проектування: Монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – К.: Інфосистем, 2009. – 212 с.
34. Психология труда: Пер. со словац. / П. Крбятя, Й. Мюллнери др.; Общ. ред. и предисл. К. К. Платонова. – М.: Профиздат, 1979. – 216 с.
35. *Трофімов Ю. Л.* Психологія: Підручн. / Ю. Л. Трофімов, В. В. Рибалка, П. А. Гончарук та ін.; За ред. члена-кореспондента АПН України Ю. Л. Трофімова. – К.: Либідь, 2005. – 560 с.
36. *Рева О. М.* Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста: методичні вказівки з курсу «Основи теорії прийняття рішень» / О. М. Рева. – Кіровоград: ДЛАУ, 1996. – 18 с.
37. *Рева О. М.* 12 балів: український компроміс європейської «полегшеної шкали оцінювання» / О. М. Рева, О. Ф. Штанько, І. А. Добрянський // Вища школа: наук.-практ. видання. – К., 2005. – № 4. – С. 40–55.
38. *Рева О. М.* Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування: Монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай; За ред. О. М. Реви. – Рівне: Овід, 2010. – 106 с.
39. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского; Пер. с англ. Н. И. Ринго. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
40. Критерії оцінювання навчальних досягнень у системі загальної середньої освіти (проект) // Освіта, 23–30 серпня 2000 р., № 37.
41. *Шапиро Д. И.* Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д. И. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
42. *Петровский А. В.* Основы педагогики и психологии высшей школы / А. В. Петровский, В. М. Ковалева, А. А. Крашенинкови др.; под ред. А. В. Петровского. – М.: МГУ, 1986. – 304 с.
43. *Некос В.* Рейтинговая система оценки знаний студентов: учеб. пособ / В. Некос, А. Дамасевич, Д. Петрова. – Х.: ХГУ, 1993. – 75 с.
44. *Бондаренко Н. И.* Методология системного подхода к решению проблем: история, теория, практика / Н.И. Бондаренко. – СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 1997. – 388 с.
45. *Орловский С. А.* Проблемы принятия решений при нечеткой информации / С.А. Орловский. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
46. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств: пер. с франц. В.Б. Кузьмина / А. Кофман; под ред. С.И. Травкина. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
47. *Борисов А. Н.* Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига, Зинатне, 1990. – 184 с.
48. *Зайченко Ю. П.* Исследование операций: Нечеткая оптимизация / Ю.П. Зайченко. – К.: Вища школа, 1991. – 191 с.