

УДК 37.012:519

БОНДАР Ольга Петрівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедрою фізико-математичних дисциплін,
Льотна академія Національного авіаційного
університету

СЕМЕНЮТА Марина Фролівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
професор кафедри фізико-математичних дисциплін,
Льотна академія Національного авіаційного
університету

КОВАЛЬОВ Юрій Григорович,

кандидат технічних наук, доцент кафедри фізико-
математичних дисциплін, Льотна академія
Національного авіаційного університету

ЗАДОРЖНА Оксана Володимирівна,

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізико-
математичних дисциплін, Льотна академія
Національного авіаційного університету

ЯКУНІНА Ірина Леонідівна,

кандидат технічних наук, завідувач лабораторії
кафедри фізико-математичних дисциплін, Льотна
академія Національного авіаційного університету

КОВАЛЬОВА Олена Сергіївна,

помічник начальника академії з громадських зв'язків,
Льотна академія Національного авіаційного
університету

ЯКУНІН Роман Петрович,

інженер відділу АСУВ, Льотна академія
Національного авіаційного університету

ШКАЛИ ВИМІРІВ В ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

У статті дано означення шкали досліджуваної властивості; показано його зв'язок зі шкалою Стівенса; обґрунтовано необхідність і розглянуто можливості застосування означення в науково-педагогічних дослідженнях; сформульовано алгоритм пошуку шкали, що відповідає запланованому педагогічному експерименту, наведено приклади застосування основних видів шкал у педагогічних дослідженнях.

Ключові слова: шкала вимірів, педагогічне дослідження, класифікації шкал, номінальна шкала, шкала рангів, шкала інтервалів, шкала відношень.

Постановка проблеми. В [1] нами було обґрунтовано необхідність застосування математичної статистики в науково-педагогічних дослідженнях і, зокрема, в педагогічних технологіях навчання у вищій школі, а також розглянуто сутність вибіркового методу і організації вибіркового дослідження, як початкового етапу науково-педагогічних досліджень.

Нагадаємо, що вибірка $B = \{e_j, v(\{вч\}, \{зч\})\} \subset \Gamma$, де $j = 1, \dots, s$, $s \leq k$, береться як підмножина генеральної сукупності $\Gamma = \{e_i, v(\{вч\}, \{зч\})\}$, $i = 1, \dots, k$, скінченного або нескінченного числа об'єктів e_i педагогічного експерименту, які досліджуються за властивостями $v(\{вч\}, \{зч\})$, що можуть змінюватись завдяки множині внутрішніх $\{вч\}$ і зовнішніх $\{зч\}$ відносно взаємодії елементів e_i чинників. При цьому властивості $v(\{вч\}, \{зч\})$ елементів e_j можуть бути якісними і кількісними. Визначення виду оцінки, що адекватно відображав би ці властивості, є важливою складовою організацією педагогічного експерименту, який призначається, наприклад, для впровадження нової методики навчання у вищому навчальному закладі.

За визначеним видом оцінки характеристик студентів контрольна і експериментальна групи порівнюються і робиться висновок щодо ефективності нової методики і доцільності її впровадження в навчальний процес. Звідси впливає наступний після формування репрезентативної вибірки етап – так описати властивості елементів генеральної сукупності, щоб вони якнайточніше відповідали меті дослідження. Це значить, що, враховуючи мету педагогічного дослідження, необхідно вибрати таку шкалу вимірів властивостей, яка враховувала б найбільш повно наявність і характер інформації про досліджувані об'єкти.

Наразі існують різні види шкал для характеристики (вимірювання) різних властивостей реальних об'єктів, в тому числі, і в педагогічних дослідженнях. Який з видів обрати для конкретного педагогічного дослідження, і чи можна вважати його шкалою вимірювання в класичному сенсі, є проблемою, розв'язанню якої присвячено дану працю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з відомих наразі класифікацій вимірювальних шкал (не тільки в педагогічних дослідженнях) є класифікація (типологія) американського психолога С. С. Стівенса (1946 р.) [2], який запропонував 4 їх типи: шкала найменувань або номінальна, шкала порядку або рангова, інтервальна шкала і шкала відношень.

Така класифікація піддається критиці різними науковцями [3]. Так, на думку деяких з них, номінальну шкалу не можна називати вимірювальною, тому що в ній нема вимірів в класичному сенсі, в ній нема відношень «більше-менше», нема операцій «додавання-віднімання» і «множення-ділення», якщо навіть елементами шкали є числа.

Натомість, замість класифікації Стівенса пропонуються інші класифікації шкал. Наприклад, розглядаються [4] 6 видів: шкала найменувань і порядкова в якості основних шкал якісного аналізу та шкали інтервалів, відношень, різностей і абсолютна для кількісного аналізу. Мостелер (Mosteller) і Тьюки (Tukey) [4] запропонували свій поділ на 6 шкал: імена; оціночні судження; оцінки від 0 до 1; шкали, що відповідають додатнім цілим числам; шкали, що відповідають додатнім дійсним числам та збалансовані шкали – ті, що відповідають будь-яким дійсним числам.

З аналізу різних типів вимірювальних шкал, які використовуються в техніці, економіці, соціології, педагогіці та інших галузях людської діяльності, впливає всеохоплююча, на перший погляд, класифікація [3] за формальним означенням: шкала – це трійка (R, f, S) , де R – реальний об'єкт, f – його відображення в деяку формальну (знакову) систему S [3]. Але таке відображення, взагалі кажучи, не є відображенням в математичному сенсі, оскільки одному й тому ж реальному об'єкту можуть ставитись у відповідність різні елементи шкали, що втрачає сенс її застосування.

Мета статті. Дати по можливості вичерпне означення шкал, що застосовуються в різних галузях людської діяльності, і, зокрема, в педагогічних дослідженнях; показати, впершу чергу, педагогам-гуманітаріям види класифікації і приклади застосування різних типів шкал в педагогічних технологіях навчання у вищій школі.

Виклад основного матеріалу. Аналіз підходів різних авторів до визначення шкал вимірів і їх класифікацій показав протиріччя, яких треба уникати при визначенні.

По-перше, щоб уникнути ситуації, коли одному об'єкту ставляться у відповідність різні шкали або різні елементи однієї шкали, в якості реальних об'єктів треба розглядати

чітко визначену властивість реальних об'єктів, яка повинна відображатися в назві шкали.

Наприклад, якщо студент групи оцінює власні можливості до навчання і їх може оцінювати викладач за тією ж самою числовою множиною, то таку шкалу не раціонально називати шкалою оцінки можливостей студента до навчання. В першому випадку шкалу доцільно називати шкалою самооцінки, в другому – шкалою зовнішньої оцінки можливостей студента до навчання.

По-друге, види (значення) досліджуваної властивості повинні визначатися (виокремлюватися) дослідником завдяки його досвіду, відчуттям, приладам тощо. І тільки після цього значенням або видам властивості потрібно ставити у взаємну відповідність їх формалізований образ – дискретну множину з заданими операціями або числову пряму. Про інші, менш розповсюджені образи, тут мова не йтиме. Відтак, можна сформулювати наступне означення.

Шкала досліджуваної властивості (показника, ознаки) – формалізований образ видів (значень) цієї властивості, які визначені дослідником. Шкали різних властивостей, об'єднані за способом формалізації, можуть визначати їх класифікацію. Так, якщо образ властивості є множиною, що має міру в математичному сенсі, то таку шкалу є сенс називати шкалою вимірів. В іншому випадку її можна називати, наприклад, шкалою приналежності видам.

З указаного означення шкали випливає *алгоритм пошуку шкали*, необхідної для конкретного педагогічного дослідження:

- виділити з реальних об'єктів властивість, яку треба оцінити за допомогою шкали;
- виокремити значення (види) властивості, які визначаються дослідником;
- поставити їм у взаємно однозначну відповідність таку систему символів, в якій дії з символами адекватно відображали б дії з видами властивості.

При цьому кожен з пунктів алгоритму повинен відповідати меті дослідження, за необхідності корегуючи її.

Відтак, визначену подібним чином шкалу досліджуваних властивостей, об'єднаних в один вид за способом формалізації – множиною можливих математичних операцій – можна вважати шкалою Стівенса. Схематичне зображення класифікації Стівенса, яка є досить розповсюдженою в різних галузях людської діяльності і, зокрема, в педагогічних дослідженнях, подано на рисунках 1 і 2.

Розглянемо сутність цих шкал і приклади їх застосування в педагогічних дослідженнях з точки зору даного означення шкали.

Шкала найменувань (номінальна шкала) ставить у відповідність досліджуваним об'єктам їх символи (назви; числа, що слугують тільки ярликами об'єкта, тощо). При цьому досліджувані об'єкти «виміру» розпадаються на множину класів (категорій, видів, значень), що не перетинаються. З об'єктами, що «вимірюються» за шкалою найменувань, можна виконувати тільки операцію порівняння – чи співпадають вони, чи ні. За результатами такої перевірки можна обраховувати наповненість (частоту, ймовірності) для різних класів, яка може використовуватись для застосування різних методів статистичного аналізу (критерії Пірсона і Крамера узгодженості якісних ознак та ін.).

Приклади використання шкали найменувань в педагогічних дослідженнях. Очевидний приклад шкали найменувань – шкала ознаки студента вишу навчатися на одному з факультетів, наприклад: {Факультет льотної експлуатації, Факультет менеджменту, Факультет ОПП}. Якщо студент вишу має можливість навчатися на кількох факультетах одночасно, то до шкали треба включити ще поєднання факультетів.

В наступному прикладі досліджується група студентів, яка закінчила вивчення даної дисципліни. Треба охарактеризувати кожного студента за ознакою: наявність у нього знань, умінь та навичок, задекларованих в програмі дисципліни. Припустимо, що кожна з ознак визначається тільки за двома критеріями – має чи не має її студент. Тоді одним із прикладів шкали характеристики може бути упорядкована множина трьох символів, перший з яких свідчить про наявність (З) або відсутність (–) знань, другий – про наявність (У) або

відсутність (–) умінь, третій – про наявність (Н) або відсутність (–) навичок:

{ЗУН, ЗУ–, З–Н, –УН, З––, –У–, ––Н, –––}.

Це також шкала найменувань. За нею можна поділити студентів на 8 груп, в кожній з яких студенти мають однакове значення досліджуваного комплексу ознак. Природно, не кожну пару цих груп студентів можна порівняти одна з одною за успішністю вивчення даної дисципліни. Але так, як і в першому прикладі, можна порівняти студентів за приналежністю до конкретної групи і порахувати кількість студентів в кожній з груп. Якщо, наприклад, після педагогічного експерименту кількість студентів першої групи значно збільшиться, то можна зробити висновок про успішність експерименту. В цьому випадку використання шкали найменувань є доцільним. Але у випадку незначної різниці між кількістю студентів першої групи до і після експерименту така шкала не буде достатньо інформативною.

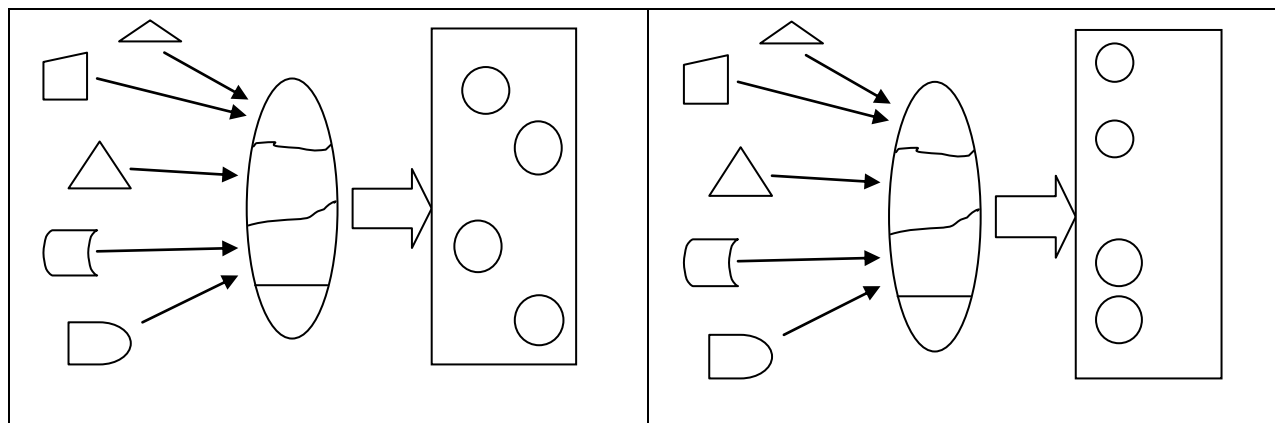


Рис. 1 Схематичне зображення шкали найменувань (зліва) і шкали рангів.

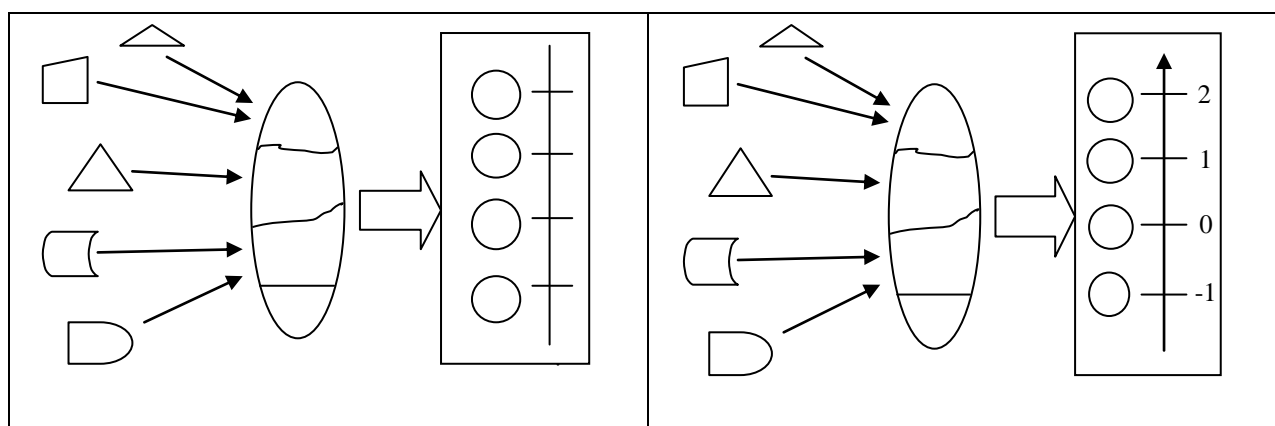


Рис. 2 Схематичне зображення шкали інтервалів (зліва) і шкали відношень.

Порядкова шкала (шкала рангів) містить упорядковані відображення видів досліджуваної властивості. Порядок може описуватися розташуванням в множині видів (вищого рівня, найбільш виражено, більш привабливо тощо) або рангами, якими нумерують місця видів. В ранговій шкалі разом з можливостями номінальної шкали є також можливість порівняння видів, тобто їх рангів.

Приклади використання порядкової шкали. Оцінки експертів часто виражаються саме в порядковій шкалі, оскільки експерт з меншими труднощами відповідає на запитання такого виду, як, наприклад, «Який викладач більш доброзичливий?», ніж оцінює викладача якимось числом.

В наступному прикладі досліджується властивість групи студентів – проявлені ним лідерські якості. Результатом опитування чи іншого способу визначення лідерських якостей може бути рейтинговий список студентів, складений у порядку зменшення

вираженості цих якостей. Шкалою тут буде множина всіх перестановок прізвищ студентів. Наприклад, якщо складається рейтинговий список 20 студентів, то шкала буде містити $P_{20}=20!$ списків.

Від порядкової шкали можна перейти до шкали найменувань, виділивши за рейтинговим списком групу лідерів, що допоможе, наприклад, вибрати серед студентів вищу голову студентського самоврядування, або серед студентів однієї академічної групи старосту і його заступника.

Очевидно, що з елементами розглянутої шкали рангів можна виконувати ті ж операції математичної логіки, що і з елементами номінальної шкали, а саме, визначення належності студента тій чи іншій рейтинговій групі та визначення кількості студентів в групі. Але розглянута шкала рангів має також і властивість порівняння всіх видів груп: студент (група), що має більш виражені лідерські якості, має вищий рейтинг. Зрозуміло, що елементи рейтингової шкали, виражені списком, не можна порівняти за ознакою «на скільки більший».

В наступному прикладі за допомогою комп'ютерного тестування досліджується властивість студента правильно виконати завдання. Номінальна шкала {виконано правильно, виконано неправильно} може бути замінена більш гнучкою, наприклад: {(правильно вибрано і пов'язано факти), (неправильно вибрано, але правильно пов'язано факти, або правильно вибрано, але неправильно пов'язано факти), (неправильно вибрано і неправильно пов'язано факти)}. Три значення цієї порядкової шкали природньо розташовані за рангами – вищому рангу відповідає уміння студента повністю правильно виконати завдання. Яскравим прикладом шкали рангів є оцінювання успішності студентів за множиною {відмінно, добре, задовільно, незадовільно} або за шкалою ECTS {A, B, C, ...}.

Шкала інтервалів разом з властивостями попередніх видів шкал дає можливість оцінки видів досліджуваної властивості за рівними інтервалами і, відповідно, – можливість кількісно оцінити різницю видів. Тут застосовуються майже всі статистичні методи, за винятком тих, в яких «нульова точка» однозначно відповідає відсутності даної властивості. Шкала інтервалів дозволяє суб'єктивним враженням ставити у відповідність числа зі значною частиною їх властивостей.

Приклади шкали інтервалів. Досліджується зацікавленість студента в освоєнні нової навчальної дисципліни. Шкала, що визначається дослідником, може мати такі значення (види, градації): «дуже цікаво», «цікаво», «в деякій мірі цікаво», «майже не цікаво», «не цікаво», «зовсім не цікаво». Відстань між сусідніми градаціями вважається однаковою.

Досліджується степінь згоди студента з поставленою йому оцінкою. В якості шкали дослідником обрано множину послідовних цілих чисел на числовій прямій, меншому з чисел якої ставиться у відповідність ознака «категорично не згоден», більшому – «повністю згоден».

На думку окремих соціологів випускники шкіл користуються інтервальною шкалою для оцінки привабливості професій, хоча деякі соціологи [5] привабливість професій виміряють в порядковій шкалі. Це додатково підтверджує правильність даного нами означення шкали, в якому поділ на види залежить від дослідника.

Шкала відношень вважається найбільш розповсюдженою в науці і практиці. Вона має всі властивості шкали інтервалів, до яких долучається ще наявність початку відліку – нульової точки, що дозволяє порівнювати значення видів досліджуваної властивості, використовуючи їх відношення або пропорції. Завдяки цьому шкала відношень не накладає ніяких обмежень на математичний апарат, що використовується для обробки результатів досліджень.

Приклади застосування шкали відношень. При дослідженні часу виконання студентом завдання в якості шкали природньо розглядати відрізок $[0, t_{\max}]$, де t_{\max} – час, виділений на виконання завдання. 100-бальну шкалу ECTS (без використання A, B, C, ...) можна також вважати шкалою відношень. Використовуючи її, порівняння навчальних досягнень студентів може бути, наприклад, таким: «Один студент набрав балів у стільки-то разів більше, ніж інший».

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, нами розглянуто основні види шкал, що використовуються в різних галузях людської діяльності; дано означення шкали досліджуваної властивості; вказано алгоритм пошуку шкали, необхідної для конкретного педагогічного дослідження; наведено приклади застосування різних видів шкал. Це повинно спонукати викладачів вищої школи до отримання необхідних знань і понять щодо вимірів в педагогічних дослідженнях, отримання вмінь застосовувати їх, дозволить педагогам з максимальною точністю і достовірністю аналізувати інформацію, ефективно та результативно застосовувати набуті знання та вміння в організації освітнього процесу у вищих навчальних закладах.

Список використаних джерел

1. Бондар О. П. Математична статистика як елемент педагогічної технології навчання у вищій школі / О. П. Бондар, М. Ф. Семенюта, Ю. Г. Ковальов та ін. // Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки: Зб.наук.пр. – Кропивницький: КЛА НАУ, 2017. – Вип.2. – С. 202–212
2. Стивенс С. О шкалах измерения. // Сб. «Экспериментальная психология». Пер. с англ. Изд. иностр. лит. М. 1961. – 32 с.
3. Орлов А. И. Прикладная статистика. М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
4. Голубков Е. П. Измерения в маркетинговых исследованиях. Маркетинг в России и за рубежом, 2000, – №6. – С. 15–28.
5. Баррет Дж. Проверь себя. Тесты. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 256 с.

References

1. Bondar, O.P., Semenyuta, M.F., Kovalov, Y.G. (2017). Matematychna statystyka yak element pedahohichnoi tekhnolohii navchannya u vyshchii shkoli [*Mathematical statistic sasanelement of teaching technology in higher education*]. Naukovyi visnyk Lotnoi akademii. Seriya: Pedahohichni nauky: Zbirnik naukovih prats [Scientific Bulletin of Flight Academy. Series: Pedagogical Sciences: Collection of scientific works]. Kropyvnytskyi, Issueno.2, pp. 202–212 [*in Ukrainian*].
2. Styvens, S. (1961). O shkalakh yzmerenyya [*About scales of measurement*]. Moscow, 32 p. [*in Russian*].
3. Orlov, A.Y. (2004). Prykladnaia statystika [*Applied of statistics*]. Moscow, 656 p. [*in Russian*].
4. Holubkov, E.P. (2004). Yzmiereniia v marketynhovykh issliedovaniiah [*Measures in research of marketing. Marketing in Russia and abroad*]. Marketynh v Rossiii za rubezhom. Moscow, issueno. 6 pp.15–28 [*in Russian*].
5. Barret Dzh. (2007). Provier siebia. Testy [*Check yourself. Tests*]. Saint Petersburg, 256 p. [*in Russian*].

BONDAR Olha, Ph. D. (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Kirovograd Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

SEMENYUTA Maryna, Ph. D. (Physics and Mathematics), Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

KOVALOV Yuriy, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

ZADOROZHNA Oksana, Ph. D. (Pedagogica), Associate Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

YAKUNINA Iryna, Ph. D. (Engineering), Head of the laboratory, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

KOVALOVA Olena, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

YAKUNIN Roman, Programmer-engineer, Department of Automated Control Systems, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research.

THE SCALES OF MEASUREMENTS IN PEDAGOGICAL RESEARCH

***Abstract/** The purpose of the article is the formation of an exhaustive definition of the scales used in various spheres of human activity, and, in particular, in pedagogical research. Also, the purpose of the article is determining the types of classification and examples demonstration of the application of scales different types of teaching technology in higher education.*

In previous publications, we substantiated the need for the mathematical statistics using in scientific and pedagogical research and, in particular, in teaching technology in higher education. We considered essences of the sampling method and method of the organization of selective research on the initial stage of scientific and pedagogical research. The analysis of the approaches of different authors to the definition of the scale of measurements and their classifications pointed contradictions that should be avoided when determining scales.

First, in avoiding a situation where different scales or different elements of the same scale are matched to one and the same object, it needs to discuss a clearly defined property of real objects, which should be revealed in the scales name. Secondly, the types of analyzed properties should be determined by the researcher due to his experience, sensation, devices, etc. And only after that value or types of properties need to be placed in the mutual correspondence of their formalized image, a.g. the discrete set with definite operations or numeric axis.

The scale of the investigated property (indicator, attributes) is a formalized image of the types (values) of this property, which are determined by the researcher.

The article describes the algorithm for finding the scale required for a particular pedagogical study. Such a scale of properties, united in one kind in this way of formalization as a set of possible mathematical operations, can be recognized a Stevens scale.

Authors considered the main types of scales are used in various fields of human activity and authors given examples of their application. This should encourage higher education teachers to acquire the knowledge and understanding of measurements in pedagogical research, to obtain skills to apply it, will allow teachers with the accuracy and reliability to analyze information, effectively apply acquired knowledge and skills in educational process in higher education.

Key words: *Measurement scale, pedagogical research, classification of scales, nominal scale, grading scale, interval scale, relationship scale.*

*Одержано редакцією: 18.01.2018 р.
Прийнято до публікації: 29.01.2018 р.*