

УДК 37.012:519

DOI 10.33251/2522-1477-2019-6-22-26

БОНДАР Ольга Петрівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент 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

КОВАЛЬОВА Олена Сергіївна,

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

ОБ'ЄМ ВИБІРКИ В ПЕДАГОГІЧНОМУ ДОСЛІДЖЕННІ

У статті вказано алгоритм обчислення об'єму вибірки в деяких задачах педагогічних досліджень, надано обґрунтування його застосування і приклад використання у вищій школі. Алгоритм дозволяє дослідникам отримувати достовірні та надійні результати при коректному використанні статистичного аналізу в педагогічних дослідженнях.

Ключові слова: педагогічні дослідження, вибірка, об'єм вибірки, статистична вибірка, мінімальний об'єм вибірки.

Постановка проблеми. Для проведення педагогічного дослідження, яке зазвичай має вибірковий характер, недостатньо просто визначити об'єкт дослідження. Потрібно, зокрема, обрати таку кількість учасників дослідження – вибірки, яка відповідала б меті дослідження.

Яким повинен бути об'єм вибірки, оптимальний з точки зору цієї мети? Однозначної відповіді, що визначає число учасників дослідження, яке разом з методами формування та застосування вибірки забезпечувало б досягнення мети, немає.

Це пов'язано, в першу чергу, з тим, що математичні методи статистики, які є важливим інструментом організації і експертизи результатів педагогічних досліджень, ґрунтуються на поняттях теорії ймовірностей і тому їх висновки носять, як правило, ймовірнісний характер.

З іншого боку, особливості та проблеми застосування статистичних методів в педагогічних дослідженнях є недостатньо вивченими, що спонукає науковців не тільки шукати відповіді на питання дослідження, а й звертати увагу на проблеми використання існуючих методів, вивчення яких часто потребує суттєвих витрат часу і зусиль, зокрема, від педагогів, що не є фахівцями з теорії ймовірностей. Так, наприклад, однією з проблем є те, що в педагогічних дослідженнях для обчислення об'єму вибірки іноді використовуються формули, які не мають достатнього обґрунтування для їх застосування, а іноді, і некоректні з точки зору мети дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазначені проблеми розглядаються в низці вітчизняних і зарубіжних джерел інформації. Зокрема, дослідники вказують, що суттєвими для визначення об'єму вибірки є методи її формування – статистичні або нестатистичні [3].

Статистично обґрунтована вибірка повинна складатися з елементів, які мають однакову ймовірність бути включеними у вибірку. В [1] розглянуто методи формування статистичної вибірки, як елемента педагогічних технологій навчання у вищій школі.

В [6] подано приклад формування методом систематичного відбору вибірки об'єму 4% від об'єму генеральної сукупності.

Одні дослідники вважають, що об'єм вибірки не повинен перевищувати 10% чисельності генеральної сукупності [8], інші дослідники, – що об'єм вибірки не повинен перевищувати 40% [7].

Але майже всі дослідники сходяться на тому, що чим більш однорідною є генеральна сукупність, тим меншою може бути вибірка [2; 5].

Мета статті. Визначити алгоритм обчислення об'єму вибірки в деяких задачах педагогічних досліджень, надати обґрунтування його застосування і приклад використання.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо два види стандартних задач на обчислення об'єму вибірки [4].

Задача першого виду. Знайти мінімальний об'єм вибірки, при якому з надійністю γ точність оцінки математичного сподівання α генеральної сукупності по вибірковій середній дорівнює δ , якщо відоме середнє квадратичне відхилення σ нормальню розподіленої генеральної сукупності.

Розв'язок задачі випливає з виразу інтервальної оцінки математичного сподівання генеральної сукупності. А саме, інтервальною оцінкою з надійністю γ математичного сподівання α нормально розподіленої ознаки X за вибірковою середньою \bar{x}_B при відомому середньому квадратичному відхиленні σ генеральної сукупності служить довірчий інтервал

$$\bar{x}_B - \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}} < \alpha < \bar{x}_B + \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

де $t \cdot \sigma / \sqrt{n} = \delta$ – точність оцінки, n – об'єм вибірки, t – значення аргументу функції Лапласа

$\Phi(t)$, при якому $\Phi(t) = \gamma / 2$.

Нагадаємо, що інтервальною оцінкою заданого параметру називають оцінку, яка визначається двома числами – кінцями довірчого інтервалу, тобто інтервалу, якому з заданою надійністю γ належить заданий параметр.

Звідси отримуємо відому формулу, що визначає точність оцінки математичного сподівання генеральної сукупності по вибірковій середній:

$$\delta = \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

звідки мінімальна кількість елементів вибірки:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2}. \quad (3)$$

Зауважимо, що застосування цієї формули коректне за виконання таких умов: генеральна сукупність повинна бути нормально розподіленою і середнє квадратичне відхилення має бути відомим.

Приклад. Генеральна сукупність X – бали, отримувані студентами за деякий тест. Нехай статистична вибірка містить результати тестування 25 студентів, які отримали за шкалою ECTS такі бали: 84, 96, 75, 77, 68, 88, 76, 85, 79, 91, 82, 84, 74, 86, 80, 72, 81, 93, 78, 82, 71, 81, 83, 82, 89. Потрібно знайти мінімальний об'єм вибірки, при якому з надійністю

0,95 точність оцінки математичного сподівання α генеральної сукупності по вибірковій середній дорівнює $\delta=3$.

Оскільки різних значень балів багато, то побудуємо інтервальний статистичний ряд (перший і другий стовпці таблиці 1), за яким знайдемо вибіркову середню $\bar{x}_B = 81$, дисперсію $D = 28$ і середнє квадратичне відхилення $\sigma \approx 5,29$.

За критерієм Пірсона робимо висновок про нормальну розподіл генеральної сукупності. Тоді мінімальний об'єм вибірки має бути 27, якщо задано точність $\delta = 2$ і дорівнює 12, якщо $\delta = 3$.

Таблиця 1
Приклад розрахунків вибірки

<i>Бали, інтервали</i>	<i>Кількість студентів, частота</i>	<i>Об'єднані частоти, n_i</i>	x_i	$\frac{x_i - \bar{x}_B}{\sigma}$	φ	n'_i	<i>Критерій</i>
65–70	1	-	-	-	-	-	-
70–75	4	5	73	-1,51	0,1276	3,0	1,3
75–80	6	6	78	-0,57	0,3391	8,0	0,5
80–85	8	8	83	0,38	0,3712	8,8	0,1
85–90	3	6	88	1,32	0,1669	3,9	1,1
90–95	2	-	-	-	-	-	-
95–100	1	-	-	-	-	-	-
Сума	25	25					3,0

Задача другого виду, пов'язана з об'ємом вибірки, випливає з оцінки відхилення відносної частоти від постійної ймовірності в незалежних випробуваннях. А саме, ймовірність того, що в n незалежних випробуваннях, в кожному з яких ймовірність появи події дорівнює p ($0 < p < 1$), абсолютна величина відхилення відносної частоти появи події від ймовірності появи події не перевищить додатного числа ε , приблизно дорівнює подвоєній

функції Лапласа при $t = \varepsilon \sqrt{\frac{n}{pq}}$:

$$P\left(\left|\frac{m}{n} - p\right| \leq \varepsilon\right) = 2 \cdot \Phi(t) \quad (4)$$

Звідси випливає, що мінімальне число випробувань, при якому з ймовірністю u можна очікувати, що відносна частота появи події відхиляться від її ймовірності по абсолютній величині не більше, ніж на ε , дорівнює:

$$n = \left(\frac{t}{\varepsilon}\right)^2 \cdot p \cdot q, \quad (5)$$

де $q = 1 - p$.

Зауважимо, що застосування цієї формули коректне за виконання таких умов: випробування мають бути незалежними і в кожному з них ймовірність появи події однакова.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Визначений алгоритм обчислення об'єму вибірки в розглянутих задачах, обґрунтування його застосування і приклад використання дозволять дослідникам отримувати достовірні та надійні результати при використанні статистичного аналізу в педагогічних дослідженнях. В подальшому

планується продовжити дослідження в напрямку розробки інтелектуальної системи підтримки рішень при оцінюванні засвоєних знань чи результатів педагогічного експерименту шляхом застосування штучних нейронних мереж.

Список використаних джерел

1. Бондар О. П., Семенюта М. Ф., Ковалев Ю. Г., Задорожна О. В., Якупіна І. Л., Ковальова О. С., Якупін Р. П. Математична статистика як елемент педагогічної технології навчання у вищій школі. Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки: збірник наукових праць. Кропивницький, 2017. № 2. С. 17–23.
2. Борисик С. О., Конончук А. І., Яковець Н. І., Щербина Ю. М. Методологія і методи соціально-педагогічних досліджень: Навчальний посібник. Ніжин: НДПУ ім. М. Гоголя, 2002. 287 с.
3. Гласс Д., Стенли Д. Статистические методы в педагогике и психологии. Москва: Прогресс, 1976. 495 с.
4. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1979. 400 с.
5. Границина О. А. Статистические методы психолого-педагогических исследований: Учебное пособие. Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2002. 48 с.
6. Зверев Е. МСА 530 «Аудиторская выборка»: способы отбора элементов совокупности. URL: https://www.iaa-ru.ru/inner_auditor/publications/articles/member_articles/msa-530-auditorskaya-vyborka-sposoby-otbora-elemen (дата звернення: 01.08.2019).
7. Орлов А. И. Эконометрика: Учебник. Москва: Экзамен, 2002. 340 с.
8. Соколенко П. Определение объема выборки. URL: <https://www.web-mashina.com/web-blog/opredelenie-razmera-vyborki-v-marketingovykh-issledovaniyakh-b2c> (дата звернення: 10.08.2019).

References

1. Bondar, O.P., Semenyuta, M.F., Kovalov, Yu.H., Zadorozhna, O.V., Yakunina, I.L., & Kovalova, O.S., et al. (2017). Matematichna statystyka yak elementa pedahohichnoyi tekhnolohiyi navchannya u vyshchiy shkoli [Mathematical statistics as an element of pedagogical technology of teaching in high school]. Naukovyy visnyk Lotnoyi akademiyi. Seriya: Pedahohichni nauky: zbirnyk naukovykh prats - Scientific Bulletin of the Flight Academy. Series: Pedagogical Sciences: a collection of scientific works, 2, 17-23 [in Ukrainian].
2. Borysyk, S.O., Kononchuk, A.I., Yakovets, N.I., & Shcherbina, Yu.M. (2002). Metodolohiya ta metody sotsialno-pedahohichnykh doslidznen [Methodology and methods of social and pedagogical research]. Nizhyn: NDPU im. M. Hoholya [in Ukrainian].
3. Hlass, D., & Stenli, D. (1976). Statystichni metody v pedahohitsi ta psykholohiyi [Statistical methods in pedagogy and psychology]. Moskva: Prohress [in Russian].
4. Hmurman, V.E. (1979). Rukovodstvo dlya vyrishennya zadach z teoretychnykh prav i matematichnoyi statystyky [Guide to problem solving in probability theory and mathematical statistics]. Moskva: Vyshchaya shkola [in Russian].
5. Hranichyna, O.A. (2002). Statystichni metody psykholoho-pedahohichnykh doslidzhen [Statistical methods of psychological and pedagogical research]. Sankt-Peterburh: RHPU im. A.I. Hertsena [in Russian].
6. MSA 530 "Audytors'ka vyborka": sposoby vidboru elementiv sovokupnosti. [ISA 530 "Audit Sampling!": Methods for Selection of the Elements of the Set]. www.iaa-ru.ru. Retrieved from https://www.iaa-ru.ru/inner_auditor/publications/articles/_member_articles/_msa-530-auditorskaya-vyborka-sposoby-otbora-elemen [in Russian].
7. Orlov, A.I. (2002). Ekonometryka [Econometrics]. Moskva: Ekzamen [in Russian].

8. Opredelenye obema vyborky [Determination of sample volume]. [www.web-mashina.com](http://www.web-mashina.com/web-blog/opredelenie-razmera-vyborki-v-marketingovykh-issledovaniyakh-b2c). Retrieved from <https://www.web-mashina.com/web-blog/opredelenie-razmera-vyborki-v-marketingovykh-issledovaniyakh-b2c> [in Russian].

BONDAR Olga, The Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Physical and Mathematical Disciplines, Flight Academy of National Aviation University;

KOVALOV Yurii, The Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Physical and Mathematical Disciplines, Flight Academy of National Aviation University;

KOVALOVA Olena, Assistant Chief of the Academy of Public Relations, Flight Academy of National Aviation University.

THE SAMPLE SIZE IN PEDAGOGICAL RESEARCH

Abstract. For pedagogical research, which is usually selective, it is not enough to simply identify the object of the study. You also need to select the number of study participants that is appropriate for the purpose of the study. There is no one-to-one answer that determines the number of study participants, who would achieve the goal together with the methods of sampling and application of the sample. This is due in the first place to the fact that mathematical methods of statistics are based on the concepts of probability theory, which are an important tool for organizing and examining the results of pedagogical research. Therefore, their conclusions are usually probabilistic in nature.

On the other hand, the peculiarities and problems of the application of statistical methods in pedagogical studies are not well understood. This encourages scientists not only to look for answers to research questions, but also to pay attention to the problems of using existing methods. For example, one of the problems in pedagogical research is that formulas are sometimes used to calculate the sample size, which do not have sufficient justification for their application, and sometimes are incorrect in terms of the purpose of the study. The paper deals with two types of standard sample volume calculation tasks.

The problem of the first kind. Find the minimum sample size at which, with reliability γ , the accuracy of estimating the mathematical expectation α of the sample population over the sample mean is δ , if the mean squared deviation σ of the normally distributed population is known. The solution of the problem that follows from the expression of the interval estimation of the mathematical expectation of the general set is given.

The second type problem associated with the sample volume follows from the estimation of the relative frequency deviation from the constant probability in independent trials. An algorithm for solving this problem was obtained.

The algorithm for calculating the sample volume in the tasks under consideration, the justification of its application and the example of use will allow researchers to obtain reliable and reliable results when using statistical analysis in pedagogical research.

Key words: pedagogical research, sample, sample size, statistical sample, minimum sample size.

Одержано редакцією: 12.09.2019 р.
Прийнято до публікації: 17.09.2019 р.