
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ У НАУКОВОМУ ДОСЛІДЖЕННІ ГАЛУЗІ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ

Василь Сутула

Резюме. Проанализированы особенности использования стандартных статистических показателей в статьях, опубликованных в ведущих научных журналах Украины и России. Показано, что разные авторы используют разные символы для отображения одних и тех же статистических показателей. Подтверждено, что для характеристики интервала вариативности исследуемого признака необходимо использовать соотношение, в котором статистические показатели обозначаются " $\bar{X} \pm \sigma$ ". Показано, что для более глубокого анализа экспериментального материала необходимо использовать выборочный метод, позволяющий по выборочным характеристикам оценить показатели генеральной совокупности.

Ключевые слова: статистика, стандартные показатели, выборочная совокупность, генеральная совокупность, вариация, интервал вариативности, выборочный метод.

Summary. The paper analyses the peculiarities of the use of standard statistical indices in the articles published in leading scientific journals of Ukraine and Russia. It is shown that different authors use different symbols for the same statistical indices. It is proved that to characterize the variability interval of studied parameter the ratio should be used where statistical indicators are marked as follows " $\bar{X} \pm \sigma$ ". It is shown that for a deeper analysis of experimental data is necessary to use the sampling method that allows to estimate the characteristics of population from a sampling population.

Key words: statistics, standard indices, sampling population, a population, variation, variability interval, the sampling method.

Постановка проблеми. Високий рівень наукових досліджень залежить від багатьох факторів: від наукової значущості обраної теми, від вибору методів дослідження, від об'єктивності та повноти зібраного фактичного матеріалу, від правильності проведеного аналізу та певної форми подання його результатів. Серед названих факторів важливу роль відіграє коректність у виборі та застосуванні методів математичної статистики, які допомагають досліднику об'єктивно вирішувати поставлені завдання. У наукових дослідженнях, які проводяться у сфері фізичної культури і мають експериментальний характер, на першому етапі обробки отриманих даних, як правило, використовується описова статистика. Аналіз статей, опублікованих останніми роками у провідних наукових журналах України і Росії, через призму використання авторами описової статистики, свідчить про наступне. Так, в науково-методичному журналі Російського державного університету фізичної культури, спорту, молоді і туризму «Физическая культура: воспитание, образование, тренировка» (№ 2, 2013 р.) у статті А. Лхагвасурен «Физическое развитие и физическая подготовка детей школьного возраста Монголии (на примере г. Улан-Батора)» (С. 30–32) для ха-

рактеристики варіативності отриманих результатів використовується наступне співвідношення « $M \pm m$ ». У цьому ж номері у статті Д. Н. Черногорова, Ю. Л. Тушера «Особенности развития силовых способностей школьников в возрасте 15–17 лет на занятиях с использованием отягощений» (С. 43–45) у таблиці, яка називається «Динамика показателей специальной физической подготовленности в группах после эксперимента», використовуються уже зовсім інші символи, а саме « $x \pm \delta$ ».

У науково-теоретичному журналі Національного університету фізичного виховання і спорту України «Теорія і методика фізичного виховання і спорту» (№1, 2013) у статті Б. Дикого «Застосування вправ хатха-йоги та елементів аутогенного тренування у фізичній реабілітації школярів із хронічними бронхітами» (С. 45–49) для характеристики варіативності досліджуваної ознаки у таблицях 1–4 використовується співвідношення « $M \pm m$ ». У цьому ж номері у статті Ю. Стельмах «Вплив тренувальних навантажень на функціональні показники спортсменок-борців високої кваліфікації у різні фази менструального циклу» (С. 100–103) у таблиці 2 використовуються зовсім інші «показники», а саме « $X \pm m$ ».

У науково-теоретичному журналі Дніпропетровського державного інституту фізичної культури і спорту «Спортивний вісник Придніпров'я» (№1, 2012) у статті А. Малікова «Динаміка психофізіологічного стану робітниць промислового підприємства 36–40 років під впливом комплексної програми фізичної реабілітації» (С. 80–83) для характеристики інтервалу варіативності в таблиці 1 використовується співвідношення « $X \pm m$ », а в таблиці 2 цієї ж статті аналогічне співвідношення представлено як « $M \pm m$ ». У цьому ж номері у статті С. Овчаренко, В. Матіш, А. Яковенко «Планування тренувального процесу футболістів у підготовчому періоді» (С. 166–169) в таблиці 2 статистичні показники, що характеризують діапазон варіативності досліджуваної ознаки, позначаються зовсім по-іншому, а саме « $x \pm m$ ».

У збірнику наукових праць Львівського державного університету фізичної культури «Молода спортивна Україна» (вип. 17, Т. 2, 2013 р.) у статті Я. Вітоса «Зміни показників психофізіологічної підготовленості дітей старшого дошкільного віку в умовах авторської програми фізичного виховання з пріоритетним застосуванням карате» (С. 28–33) для позначення інтервалу варіативності у таблицях 1, 2 використовується наступне співвідношення « $X \pm \sigma$ ». У цьому ж номері у статті О. Головченко «Стан психофізичного розвитку підлітків 11–15 років у процесі фізичного виховання» (С. 42–48) для характеристики інтервалу варіативності досліджуваної ознаки у таблицях 1–3 використовуються інші символи – « $\bar{X} \pm m$ ». Такі ж символи використовуються й у статті Н. Криворучко, І. Масляк «Динаміка показників розвитку координаційних здібностей студентів ВНЗ під впливом вправ черліденгу» (С. 87–91). Зовсім по-іншому, а саме $M \pm m$, відображають стандартні статистичні показники В. Пасічник у статті «Вплив експериментальної методики використання інтегрально-розвивальних м'ячів на показники фізичної підготовленості дітей старшого шкільного віку» (С. 146–152) та Ю. Петришин, П. Дацків, Д. Степанюк у статті «Рівень розвитку фізичної підготовленості дітей спеціальних навчальних закладів» (С. 153–157).

У науково-теоретичному журналі Харківської державної академії фізичної культури «Слобожанський науково-спортивний вісник» (№ 1, 2013) зустрічаються такі ж розбіжності. Так, у статтях Д. І. Цися «Спортивна спрямованість занять з фізичного виховання – один із чинників підвищення фізичної підготовленості студентської молоді» (С. 5–7), В. А. Хорьякова «Вегетативные и нервные механизмы адаптации организма юных борцов к специфическим нагрузкам» (С. 64–66), О. М. Мятиги та Н. В. Гончарук «Комплексна програма фізичної реабілітації підлітків при ор-

топедичній деформації стоп з урахуванням змін опорно-рухового апарату» (С. 69–73) для характеристики інтервалу варіативності досліджуваних ознак використовується співвідношення « $X \pm m$ ». Однак у цьому ж номері у статті В. Л. Богуша, С. В. Гетманцева, А. С. Яцунського, О. В. Сокола, О. І. Резніченко, О. В. Кувалдина «Определение функционального состояния спортсменов-фехтовальщиков» (С. 24–28), цей же показник позначається інакше – « $M \pm m$ ».

Аналогічні розбіжності зустрічаються і в статтях, які опубліковані в інших авторитетних журналах. Так, наприклад, у науково-теоретичному журналі «Теория и практика физической культуры» (№ 1, 2013) у статті А. Г. Железнякова «Влияние дыхательной гимнастики на уровень функциональной и двигательной подготовленности студентов основной медицинской группы» (С. 15–18) для характеристики інтервалу варіативності використовується співвідношення « $M \pm m$ ». У такій же формі воно використовується і в статті Н. Г. Головки, О. А. Плужнікова, В. Д. Богачева «Динамика частоты сердечного ритма под влиянием тренировок» (С. 19–21). Однак у цьому ж номері у статтях Ф. Л. Доленко «Морфофункциональная основа типологии суставов» (С. 53–56) та Аль Халили Моханед «Влияние покрытия теннисного корта на физиологические и технические аспекты игры молодых теннисистов» (С. 57–59) для характеристики інтервалу варіації використовується теж саме співвідношення, але статистичні показники, які в нього входять позначаються зовсім по-іншому, відповідно, « $x \pm \sigma$ » та «среднее значение $\pm SD$ ».

У журналі «Наука в олимпийском спорте» (№ 1–2, 2011) зустрічаються такі розбіжності. Наприклад, у статті М. Безмилова, О. Шинкарук «Оценка соревновательной деятельности баскетболистов высокой квалификации в игровом сезоне» (С. 45–52) для характеристики інтервалу варіативності використовується співвідношення, у якому статистичні показники позначаються так « $M \pm SD$ ». У цьому ж номері у статтях Л. Гуїної «Обоснование применения диетической добавки «янтарин-спорт» в практике подготовки спортсменов высокой квалификации» (С. 60–65) та Є. Аракеляна, В. Тюка, О. Михайлової, О. Мнухіної «Биомеханика утомления в беге» (С. 69–75) спостерігаємо співвідношення « $M \pm m$ » та « $x \pm \sigma$ » відповідно.

Охарактеризовані вище розбіжності щодо використання символів стандартних статистичних показників зустрічаються і в інших номерах названих вище журналів. Отже, вони мають загальний характер: майже у всіх публікаціях аналіз завершується, як правило, характеристикою лише середнього арифметичного значення вибірко-

вої сукупності, а показники ж варіативності досліджуваної ознаки практично не аналізуються. У відображенні результатів експериментальних досліджень вони мають своєрідний «фоновий» характер. Більше того, зроблені оцінки репрезентують лише конкретну вибірку сукупності. Завдання ж щодо оцінки показників генеральної сукупності у переважній більшості досліджень практично не ставляться. Хоча очевидно, що саме вони є визначальними з точки зору формування об'єктивних і всебічних уявлень про досліджуване явище.

Мета дослідження – розкрити один із напрямів застосування описової статистики та вибіркового методу для більш глибокого аналізу емпіричного матеріалу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань був проведений аналіз статей, опублікованих у провідних науково-теоретичних журналах України та Росії: «Теорія і методика фізичного виховання і спорту» та «Наука в олімпійському спорті» (м. Київ); «Спортивний вісник Придніпров'я» (м. Дніпропетровськ); «Молода спортивна Україна» (м. Львів); «Слобожанський науково-спортивний вісник» (м. Харків); «Физическая культура: воспитание, образование, тренировка» і «Теория и практика физической культуры» (м. Москва). Підбірка для аналізу номерів названих журналів мала випадковий характер. Зауважимо також, що в презентованих вище статтях, які опубліковані в цих журналах, не ставиться під сумнів сама постановка досліджуваної проблеми, якість зібраного фактичного матеріалу та його аналізу, зроблені авторами висновки. Основна мета наведення цих прикладів полягає в ілюстрації того, що суперечності та неточності, про які буде йти мова нижче, мають загальний характер.

Результати дослідження та їх обговорення. Наведені вище приклади свідчать про те, що для характеристики вибіркової сукупності науковці використовують середнє значення і показник варіативності. Перший із них характеризує рівень розвитку досліджуваної ознаки і відображає вплив на неї найбільш значущих, тобто основних факторів. Середнє арифметичне позначається у різних наукових статтях символами « M », « x », « X », « \bar{X} », останній із них ужито більш коректно [2–4, 6, 8]. Слід зауважити, що в біометрії символом « M » позначаються степеневі середні, хоча раніше в посібниках цим символом позначались і середні величини [3, 38],

Більш складна ситуація склалася з використанням показника варіативності, який характеризує варіацію досліджуваної ознаки навколо середнього арифметичного і є мірою впливу на досліджувану ознаку випадкових факторів. У названих вище

статтях показник варіативності подано символами « m », « SD », « δ », « σ ». Зауважимо, що у сучасних спеціальних посібниках стандартне відхилення (середнє квадратичне відхилення), як правило, позначається символом « σ » [1, 4, 5, 7, 8], хоча у цитованій вище праці Г. Ф. Лакіна [3] він позначається як « s », а в іншому джерелі [6] – « S ». Цей показник найкращим чином характеризує не тільки величину, а й специфіку варіації досліджуваної ознаки.

У зв'язку з вищевикладеним, звернемо увагу на деякі особливості використання цих показників. Якщо у наукових дослідженнях середнє арифметичне значення і показник варіативності використовуються незалежно, то символи, якими вони позначаються, не мають такого «принципового» значення, адже вони не впливають на кінцевий результат аналізу, хоча очевидно, що вони повинні бути уніфікованими і позначатися загальноприйнятими символами « \bar{X} » та « σ ». Це обумовлено тим, що статистичні показники, як літери в абетці, дають можливість науковцям правильно «читати» експериментальний матеріал, а отже, об'єктивно сприймати результати дослідження. Зовсім інша ситуація виникає у випадку, коли аналізується співвідношення між середнім значенням і показником варіативності ($\bar{X} \pm$ – показник варіативності). У цьому разі має принципове значення, який саме показник варіативності використовується, адже між « σ » і « m » існує сутнісна відмінність. Символом « m » в описовій (прикладній) статистиці позначається показник, який має назву «помилка репрезентативності» (або статистична помилка). Він характеризує, наскільки експериментальна вибірка представляє (репрезентує) генеральну сукупність. Тобто помилка репрезентативності характеризує відхилення вибіркового показника від його генерального параметра [3, 101]. Помилки репрезентативності притаманні тільки вибіркоким спостереженням. Вони виникають у результаті того, що вибірка сукупності не повністю відтворює генеральну. У найбільш загальному випадку цей показник визначається як відношення величини стандартного відхилення до кореня квадратного з показника об'єму вибірки ($m = \sigma / \sqrt{N}$). Очевидно, що зі збільшенням об'єму вибіркової сукупності цей показник зменшується. Якщо ж об'єм вибірки збільшується до величини об'єму генеральної сукупності, тоді помилка репрезентативності зменшується до нуля. Саме ця особливість є специфічною ознакою даного показника (m) і саме вона обумовлює його використання у процесі оцінки показників генеральної сукупності. Використання ж цього показника у співвідношенні, яке характеризує вибірку сукупність без спеціальних пояснень, некоректне. Для ілюстрації справедливості даного твердження наведемо приклад.

Припустимо, що середнє значення умовної вибірки дорівнює п'ять ($\bar{X}=5$), її об'єм дорівнює тридцять шість ($N=36$), а показник варіативності дорівнює одиниці ($\sigma=1$). У цьому випадку інтервал варіативності умовної ознаки, якщо використовується стандартне відхилення (σ), буде $\bar{X}-1 \leq x_i \leq \bar{X}+1$, тобто $4 \leq x_i \leq 6$. Якщо ж для цього взяти показник репрезентативності (m), який визначається при N більше 30 наступним чином $m=\sigma/\sqrt{N}$ (у нашому прикладі він дорівнює $1/6$), тоді інтервал варіативності буде іншим, а саме $5 - 1/6 \leq x_i \leq 5+1/6$, тобто $4,8 \leq x_i \leq 5,2$. Наведений приклад свідчить про те, що використання помилки репрезентативності (m) замість стандартного відхилення (σ) у співвідношенні, яке характеризує вибірку сукупність, суттєво спотворює кінцевий результат, а отже, є недопустимим без додаткових пояснень. Зауважимо, що у співвідношенні " $\bar{X} \pm m$ ", яке достатньо часто зустрічається у наукових статтях, величина m показує, яка помилка у середньому допускається, якщо замість генерального середнього використовується його вибірка оцінка [6].

Помилка репрезентативності використовується як один із базових параметрів у процесі застосування вибіркового методу, сутність якого полягає в оцінці статистичних параметрів генеральної сукупності через показники вибіркової сукупності. Саме ця проблема, як було відмічено вище, усе ще не постає предметом дослідження більшості науковців. Очевидно, що абсолютно точно визначити значення параметрів генеральної сукупності неможливо. Однак можна із заданою точністю (вірогідністю) встановити межі, в яких вони знаходяться. Така операція називається встановленням меж довірчого інтервалу [3, 5, 7, 8]. Для середньої арифметичної генеральної сукупності межі довірчого інтервалу задаються такою нерівністю:

$$\bar{X}_{\text{виб}} - t m \leq \bar{X}_{\text{ген}} \leq \bar{X}_{\text{виб}} + t m,$$

де $\bar{X}_{\text{виб}}$ – середнє арифметичне вибіркової сукупності; m – помилка репрезентативності; t – величина нормованого відхилення визначується рівнем довірчої вірогідності (P)¹. Це означає, що з заданою вірогідністю P значення середньої генеральної лежить в межах від $\bar{X}_{\text{виб}} - t m$ до $\bar{X}_{\text{виб}} + t m$. Значення t вибирається за спеціальною таблицею залежно від обраного рівня довірчої вірогідності (P) [3, 6 (додатки, табл. 1)]. Наприклад, при 95 % вірогідності $t = 1,96$. Слід звернути увагу на те, що «вибір того чи іншого порогу довірчого інтервалу дослідник виконує, виходя-

чи з практичних уявлень тієї відповідальності, з якою робляться висновки щодо генеральних параметрів» [3, 107].

Показник варіативності генеральної сукупності оцінюється наступним чином:

$$\sigma_{\text{виб}}^2 - t\sigma_{\text{виб}}^2(2/n)^{1/2} \leq \sigma_{\text{ген}}^2 \leq \sigma_{\text{виб}}^2 + t\sigma_{\text{виб}}^2(2/n)^{1/2},$$

де $\sigma_{\text{ген}}^2$ – дисперсія генеральної сукупності, $\sigma_{\text{виб}}^2$ – дисперсія вибіркової сукупності, n – об'єм вибіркової сукупності, t – табличне значення, яке залежить від об'єму вибірки та рівня довірчої ймовірності.

Завершуючи аналіз звернемо увагу ще на один статистичний показник, який достатньо часто використовується в наукових дослідженнях, а саме на коефіцієнт варіації – Cv , що є відносною мірою варіативності досліджуваної ознаки ($Cv = \sigma/\bar{X} \cdot 100$). У відносних одиницях (%) він характеризує варіацію величини ознаки навколо середнього значення. У статистиці прийнято, якщо значення коефіцієнта варіації менше 10 %, то вибірка сукупність вважається однорідною, якщо більше – неоднорідною [6]. Цей показник може використовуватись не тільки для оцінки варіативності досліджуваної ознаки, що найбільш часто зустрічається у науковій практиці, а й для порівняння варіативності різномірних ознак, що дуже важливо при дослідженні складних явищ.

Висновки:

1. Аналіз особливостей використання стандартних статистичних показників у статтях, опублікованих у провідних наукових журналах України та Росії, показав, що автори використовують різні символи для відображення одних і тих же статистичних показників.

2. Для характеристики інтервалу варіативності вибіркової сукупності необхідно використовувати співвідношення, у якому статистичні показники повинні позначатися $\bar{X} \pm \sigma$. У цьому співвідношенні заміна σ на m недопустима без належних пояснень.

3. Співвідношення $\bar{X} \pm m$ може використовуватись в наукових дослідженнях, однак може бути прочитано наступним чином. Різниця між вибірковою і генеральною середніми не перевищує величини однієї (адже $t = 1$) середньої помилки m з вірогідністю $P = 0,683$ (68,3 %). Звертаємо увагу на те, що в задачах, які вирішуються в сфері фізичної культури, загальноприйнятий рівень довірчої вірогідності інший – $P = 0,95$ (95 %). При такому рівні довірчої вірогідності $t = 1,96$. Це означає, що коректна форма запису співвідношення $\bar{X} \pm m$ повинна бути такою $\bar{X} \pm 1,96 m$.

4. Для більш глибокого аналізу експериментальних результатів, отриманих у процесі вивчення різноманітних аспектів практичної діяльності

¹ Довірча вірогідність (P) виражена у долях одиниці (або відсотках) – число випадків, коли твердження, яке доводиться (гіпотеза), заслуговує довіри. Величина, яка доповнює вірогідність до одиниці (або до 100%), називається рівнем значимості (q). Отже, $P+q = 1$.

людей у сфері фізичної культури, необхідно використовувати не тільки стандартні статистичні показники, які виступають характеристиками лише конкретної вибіркової сукупності, а ще й вибірко-вий метод, який дозволяє оцінити показники генеральної сукупності. Саме такий підхід є кінцевою метою експериментальних досліджень. Без та-

кої оцінки наші уявлення про досліджуване явище будуть мати не узагальнюючий, а лише конкретно-прикладний характер.

Перспективи подальших досліджень. Планується продовження аналізу особливостей використання в наукових дослідженнях описової статистики.

Література

1. *Ашанин В. С.* Основы теории вероятностей: учеб. пособие / В. С. Ашанин. – Х.: ХаГИФК, 2001. – 118 с.
2. *Коренберг В. Б.* Спортивная метрология: учебник / В. Б. Коренберг. – М.: Физ. культура, 2008. – 368 с.
3. *Лакин Г. Ф.* Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. *Начинская С. В.* Основы спортивной статистики / С. В. Начинская. – К.: Вищ. шк., 1987. – 189 с.
5. *Начинская С. В.* Спортивная метрология: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / С. В. Начинская. – М.: Изд. центр «Академия», 2011. – 3-е изд., испр. – 240 с.
6. *Основы математической статистики: учеб. пособие для ин-тов физ. культуры / под ред. В. С.Иванова.* – М.: Физкультура и спорт, 1990. – 176 с.
7. *Спортивная метрология: учеб. для ин-тов физ. культуры / под ред. В. М. Зацюрского.* – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.
8. *Сутула В. А.* Лабораторный практикум по спортивной метрологии / В. А. Сутула. – Х.: ХаГИФК, 1994. – 68 с.

References

1. *Ashanin V. S.* Principles of the probability theory: study guide / V. S. Ashanin. – Kharkov: KhSIPhC, 2001. – 118 p.
2. *Korenberg V. B.* Sports metrology: textbook / V. B. Korenberg. – Moscow: Fizkultura, 2008. – 368 p.
3. *Lakin G. F.* Biometrics: textbook / G. F. Lakin. – 4th ed., rev. and add. – Moscow: Vysshiaia shkola, 1990. – 352 p.
4. *Nachinskaya S. V.* Basics of sports statistics / S. V. Nachinskaya. – Kiev: Vishcha shkola, 1987. – 189 p.
5. *Nachinskaya S. V.* Sport metrology: textbook / S. V. Nachinskaya. – Moscow: Publ.Center "Academy", 2011. – 3rd ed., rev. – 240 p.
6. *Fundamentals of mathematical statistics: textbook / ed. by V. S. Ivanov.* – Moscow: Fizkultura i sport, 1990. – 176 p.
7. *Sport metrology: textbook / ed. by V. M. Zatsiorsky.* – Moscow: Fizkultura i sport, 1982. – 256 p.
8. *Sutula V. A.* Laboratory practicum on sports metrology / V. A. Sutula. – Kharkov: KhSIPhC, 1994. – 68 p.

Харківська державна академія фізичної культури, Харків
vasilijstutula@mail.ru

Надійшла 15.08.2013